

Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Psicologia

Área de especialização | Psicologia Clínica

Dissertação

Consequências funcionais da percepção de matizes com comprimentos de onda curtos e médios processados pelo mesmo e por diferentes canais percetivos em jovens-adultos

Filipe Santos Silva

Orientador(es) | António Moreira Diniz

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Psicologia

Área de especialização | Psicologia Clínica

Dissertação

Consequências funcionais da perceção de matizes com comprimentos de onda curtos e médios processados pelo mesmo e por diferentes canais percetivos em jovens-adultos

Filipe Santos Silva

Orientador(es) | António Moreira Diniz

Évora 2024





A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências Sociais:

Presidente | João Nuno Ribeiro Viseu (Universidade de Évora)

Vogais | António Moreira Diniz (Universidade de Évora) (Orientador)
Armando Luís Dinis Mónica Oliveira (Universidade de Coimbra) (Arguente)

“One night I went for a walk by the sea along the empty shore ... In the blue depth the stars were sparkling, greenish, yellow ... brighter, flashing ... like jewels ...”

van Gogh, Vincent

Agradecimentos

Agradeço ao Doutor António Diniz por me apresentar ao grande e fascinante mundo da Perceção da Cor e pela recorrente disponibilidade, apoio, humor, compreensão, rigor, conhecimento e experiência sem os quais este trabalho não teria sido o mesmo.

À minha mãe, sem a qual nada disto teria sido possível, agradeço todos os sacrifícios e desabafos realizados para me ajudar a chegar até este momento. E à minha querida avó Fatinha, agradeço por todo o suporte e amor que trouxe à minha vida e espero que, onde estiver, se sinta orgulhosa do feito que ajudou a alcançar.

Ao meu pai e avós, agradeço por todo o esforço, preocupação e conversas que me ajudaram até hoje.

Ao Miguel, à Miriam, à Margarida, à Jéssica, e à Tatiana, agradeço por todos os minutos e palavras que me ajudaram a ultrapassar alguns dos momentos mais desafiantes ao longo deste processo. O vosso apoio ajudou-me a combater dúvidas tenebrosas nas horas em que necessitei de uma luz. Por isto, estarei eternamente grato.

Ao Kevin Feige, agradeço pelos filmes que produz, que me ajudaram a “escapar” momentaneamente da realidade, para recuperar forças para continuar a investir neste objetivo.

A todas as pessoas que participaram no meu estudo, agradeço a vossa valiosa colaboração e disponibilidade, tal como o vosso altruísmo.

Ao Prof. Doutor Rui Campos, agradeço pelo aconselhamento sobre o instrumento de avaliação psicológica utilizado.

Ao Centro de Investigação em Educação e Psicologia (CIEP) da Universidade de Évora, agradeço pelo generoso e essencial financiamento deste projeto.

Consequências funcionais da percepção de matizes com comprimentos de onda curtos e médios processados pelo mesmo e por diferentes canais perceptivos em jovens-adultos

Resumo

Considerando simultaneamente as Teorias Tricromática, do Processo Oponente e da Fóvea Dividida, recorreu-se ao paradigma da busca visual de disjunções para explorar diferenças de dificuldade e eficiência, através dos tempos de reação, em jovens-adultos (N = 36) em três pares de matizes com comprimentos de onda (CO) curto (azul) e médios (verde e amarelo). Um par é processado pelo mesmo canal perceptivo oponente, o azul-amarelo, os outros dois são processados por canais diferentes, mas com maior proximidade de CO do que o azul-amarelo. Num primeiro estudo analisou-se *nuances* da capacidade perceptiva cromática dos participantes, realizando também comparações entre os sexos. No segundo estudo, explorou-se assimetrias hemisféricas globais na percepção destes pares. Através da ANOVA mista observaram-se dificuldades no par verde-amarelo com os CO mais próximos no espectro, maior eficiência no azul-amarelo, e uma vantagem no processamento visual cromático alocada no hemisfério direito. Não se observaram diferenças entre os sexos.

Palavras-chave: percepção cromática, busca visual, campos visuais, jovens-adultos; diferenças de sexo

Functional consequences of the perception of hues with short and medium wavelengths processed by the same and different perceptive channels in young-adults

Abstract

Simultaneously considering the Trichromatic, Opponent Process and Split Fovea Theories, the visual disjunction search paradigm was used to explore differences in difficulty and efficiency, through reaction times, in young adults (N = 36) in three pairs of hues with short (blue) and medium (green and yellow) wavelengths. One pair is processed by the same opposing perceptual channel, blue-yellow, while the other two are processed by different channels, but with closer wavelengths than blue-yellow. The first study analyzed the nuances of the participants' chromatic perceptual ability and also made comparisons between the sexes. The second study explored global hemispheric asymmetries in the perception of these pairs. The mixed ANOVA showed that there were difficulties in the green-yellow pair with the closest wavelengths in the spectrum, greater efficiency in blue-yellow, and an advantage in chromatic visual processing allocated to the right hemisphere. No differences were observed between the sexes.

Keywords: chromatic perception, visual search, visual fields, young-adults; sex differences

Índice

1. Introdução e Enquadramento Teórico.....	1
1.1. A Génese do Estudo Científico da Cor	3
1.1.1. <i>Os Pensadores da Antiguidade</i>	3
1.1.2. <i>O Início do Estudo Moderno da Cor</i>	5
1.2. Progressos no Campo da Visão Cromática até à Atualidade	8
1.2.1. <i>Teoria Tricromática vs. Teoria do Processo Oponente</i>	8
1.2.2. <i>Da Retina ao Núcleo Geniculado Lateral</i>	11
1.2.3. <i>A Visão Cromática no Córtex</i>	14
1.3. A Perceção da Cor.....	16
1.3.1. <i>O Desenvolvimento da Perceção da Cor ao Longo da Vida</i>	22
1.3.2. <i>Diferenças de Perceção da Cor entre os Sexos</i>	26
2. Formulação do Problema de Investigação.....	28
2.1. A Fundamentação.....	28
2.2. Os Objetivos e sua Prossecução.....	30
3. Método.....	32
3.1. Participantes.....	32
3.1.1. <i>Caracterização da Amostra</i>	32
3.2. Materiais	32
3.2.1. <i>Teste de Cores de Ishihara (2003)</i>	32
3.2.2. <i>Questionário Sociodemográfico</i>	34
3.2.3. <i>Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)</i>	34
3.2.4. <i>Cenários Visuais Digitais de Pares de Matizes</i>	36
3.3. Procedimento	40
3.3.1. <i>Ambiente experimental</i>	40
3.3.2. <i>Seleção dos Participantes</i>	41
3.3.3. <i>Administração dos Materiais de Rastreo</i>	41
3.3.4. <i>Tarefa Experimental</i>	43
3.3.5. <i>Estudo Piloto</i>	44
3.3.6. <i>Análise de Dados</i>	45
4. Resultados.....	46
4.1. Estudo 1: Tempos de Reação na Perceção de Presença/Ausência de Alvo	46
4.2. Estudo 2: Tempos de Reação na Perceção de Alvo em Diferentes Localizações	48

5. Discussão	52
6. Conclusão	58
Referências	60

Índice de Figuras

Figura 1. Cronologia de Figuras Marcantes até ao Nascimento da Ciência Moderna da Cor	3
Figura 2. Os Três Elementos Necessários para Analisar Matematicamente a Impressão das Cores	9
Figura 3. Médias de TR: Pares e Número de Elementos (NE).....	48
Figura 4. Médias de TR: Localização.....	50
Figura 5. Médias de TR: Pares e Número de Elementos.....	50
Figura 6. Médias de TR: Pares x Número de Elementos.....	51

Índice de Tabelas

Tabela 1. Quatro Estudos Exemplares de Busca Visual da Característica Básica Cor: Tempos de Reação	23
Tabela 2. Tempos de Reação (TR): Resultados da ANOVA Mista do Estudo 1.....	47
Tabela 3. TR: Tempos de Reação (TR): Resultados da ANOVA Mista do Estudo 2	49

1. Introdução e Enquadramento Teórico

“Nature ... humanly speaking, is ... very fond of color.... She paints ... in apparently superfluous hues, as if to show the dullest eye how she loves colour.”

Hunt, Leigh

A cor não é um fenómeno meramente físico ou subjetivo, mas sim uma experiência percetiva de alguma complexidade, integrada em função das particularidades do estímulo físico, do sujeito e do contexto (Elliot et al., 2016). Olhe para onde se quiser, o mundo é colorido e a perceção deste atributo pode interagir com as nossas escolhas e ações (Clydesdale, 1993; Kim et al., 2018), humor (Eisend, 2009), atenção e aprendizagens (Pett & Wilson, 1996), e até nos acompanha nos nossos sonhos (Rechtschaffen & Buchignani, 1992). Por este motivo, desde os primeiros relatos, na Grécia antiga (Crone, 1999; Shamey & Kirchner, 2020), e do nascimento do seu estudo moderno, pelas mãos de Newton (Mollon, 2003), a cor tem sido estudada em vários domínios das ciências físicas e sociais (Elliot et al., 2016; Witzel & Gegenfurtner, 2018), onde se realizaram incomensuráveis progressos.

É relativamente universal (Judd, 1949; Müller, 1930; Shamey et al., 2023; Witzel & Gegenfurtner, 2018) aceitar que o processamento da cor segue três fases. Numa primeira fase, de acordo com a Teoria Tricromática (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802), dar-se-ia a absorção e transdução da cor em três tipos de fotorreceptores na retina, sensíveis a comprimentos de onda (CO) específicos. Na segunda fase, de acordo com a Teoria do Processo Oponente (Hering, 1878), a informação resultante seria comparada nas células ganglionares desde a retina até ao Núcleo Geniculado Lateral (NGL), formando canais percetivos de células oponentes, que dificultam a distinção das cores que processam (azul-amarelo; verde-vermelho). Na terceira fase ocorreria a atividade das estruturas corticais (Shepard et al., 2017), de integração da informação pré-atentiva. Para explicar o próximo passo, de integração e perceção efetiva da cor, pode recorrer-se à Psicologia, em particular à abordagem “funcionalista” (Diniz, 2004) assente em proposições computacionais (e.g., Marr, 1980) integráveis numa perspetiva modular da mente (Fodor, 1983), evidenciável através das hipóteses da Teoria da Integração de Características (*FIT*; *Feature Integration Theory*; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 2006).

Não obstante, a literatura também indica a prevalência de alterações na capacidade de perceção das cores (i.e., matizes), ao longo da vida. A evolução deste tipo de alterações,

umentando na infância/puberdade, estabilizando nos jovens-adultos e depois diminuindo, parece ser geralmente aceite (e.g., Crognale, 2002; Maule et al., 2023; Shamey, 2023). Contudo, ainda existem algumas *nuances* contraditórias ou aprofundáveis, em matizes de CO curtos e médios (e.g., azul-verde), próximos no espectro luminoso e processados por canais oponentes distintos (Boyton & Smallman, 1990; Duncan, 1989; Hering, 1878; Mendes, 2015; Treisman & Gormican, 1980; Treisman, 1999a) e matizes com CO de maior ou menor proximidade no espectro, processados pelo mesmo e por diferentes canais, entre os sexos (Abramov et al., 2012a; Jaint et al., 2010; Mendes, 2015), tal como assimetrias hemisféricas (Poynter & Roberts, 2012). Isto ocorre, mesmo na faixa etária de jovens-adultos, considerada a mais estável em termos de alterações perceptivas cromáticas, após o ápice desta funcionalidade (e.g., Crognale, 2002; Elliot et al., 2016).

A presente investigação dedicou-se a contribuir para o desenvolvimento da literatura da percepção da cor em jovens-adultos, analisando consequências funcionais no processo pré-atentivo de percepção da cor (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Souther, 1985; Treisman, 1993, 2006; Wolfe, 2001) nesta faixa etária. Com esta finalidade em mente, consideraram-se três objetivos específicos: (1) estudar *nuances* na percepção cromática entre CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no espectro de luz visível; (2) analisar *nuances* entre os sexos na percepção de matizes com CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no espectro de luz visível; (3) explorar assimetrias hemisféricas, considerando diferenças entre os sexos na percepção de matizes.

Neste sentido, para considerar simultaneamente a distância dos CO no espectro, contingências de processamento de canais oponentes e os dois campos visuais (correspondentes aos hemisférios direito e esquerdo, segundo a Teoria da Fóvea Dividida; Martin et al., 2007), recorreu-se ao paradigma da busca visual de disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001). Tornou-se assim possível estudar o efeito de três pares de matizes e da sua localização na capacidade perceptiva dos participantes, tomando os seus níveis de dificuldade e eficiência perceptivos na tarefa, avaliados através de tempos de reação. O objetivo foi detetar, a Presença/Ausência de quadrados correspondentes ao matiz alvo, de Localização variável entre os quatro quadrantes do cenário (campo visual esquerdo/CVE, e direito/CVD), no meio de distratores caracterizados por outro matiz, em situações com número de elementos variável (4, 8 e 12 entre cenários). Os dados

resultantes foram recolhidos através do programa de gestão experimental de estímulos *PsychoPy* (2023.1.3; Peirce et al., 2019) e analisados através de uma ANOVA mista.

Referindo brevemente a estrutura do trabalho, a revisão de literatura (secções 1.1. a 1.3.) foi organizada de forma a sintetizar: os primeiros pressupostos documentados sobre o estudo da cor; contraposições e concílios das teorias Tricromática e do Processo Oponente; a compreensão atual sobre atividade ao nível cortical e pré-cortical; pressupostos psicológicos (para explicar a integração e percepção da cor e um paradigma utilizado para as estudar); a evolução da percepção da cor ao longo da vida e diferenças entre homens e mulheres nesta funcionalidade. No capítulo 2., coloca-se o problema de investigação e os objetivos a cumprir para o resolver. No capítulo 3., é descrito o método adotado, incluindo detalhes sobre a amostra, materiais e procedimento experimental. Os capítulos 4. e 5., destinaram-se aos resultados obtidos e à sua discussão, à luz da literatura revista, além da indicação de possíveis limitações deste estudo e sugestões para futuras investigações. Por fim, no capítulo 6., colocam-se considerações finais e possíveis implicações teóricas e práticas dos resultados. Uma última anotação diz respeito às citações *in exergum* [coletadas por Gaither (2012), excepto a da secção 1.2. coletada por Bynum et al., (2005)] que inauguram alguns dos capítulos e secções deste estudo com o objetivo de guiar o leitor pelos temas desenvolvidos no desenrolar do documento.

1.1. A Génese do Estudo Científico da Cor

“... of all God’s gifts to the sight of man, color is the holiest ... the most solemn.”

Ruskin, John

“The world is not made up to the eye of figures, that is, only half; it is also made of color. How that element washes the universe with its enchanting waves! ...”

Emerson, Ralph

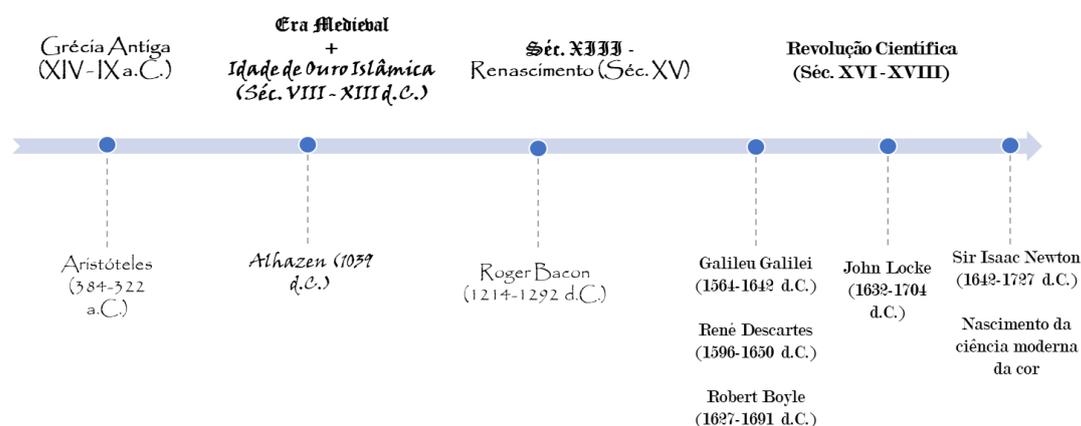
Na seguinte subsecção, são elaborados os contributos de alguns dos autores mais importantes até ao investigador que é considerado o responsável pelo início da ciência moderna da cor, organizados cronologicamente na Figura 1.

1.1.1. Os Pensadores da Antiguidade

As primeiras evidências do estudo da cor remetem-nos para a Grécia antiga, na qual o assunto captou o interesse de alguns filósofos clássicos, por englobar conceitos da realidade física e do funcionamento da mente (Crone, 1999; Shamey & Kirchner, 2020).

Figura 1

Cronologia de Figuras Marcantes até ao Nascimento da Ciência Moderna da Cor



Uma figura de destaque nesta época foi Aristóteles (384-322 a.C.), que introduziu alguns conceitos fundamentais para o progresso da ciência da cor. Entre os contributos da sua Teoria das Cores, englobada numa teoria mais geral da perceção (Gage, 1984; Kalderon, 2015; MacLean, 1965; Shamey & Kirchner, 2020), destacam-se: (1) a ideia de que não percebemos a matéria, mas sim a forma (ou estrutura) dos objetos, que se pode separar da matéria para alcançar e afetar os olhos; (2) a proposta de que receber a impressão das “qualidades” do mundo exterior seria algo passivo, enquanto as alterações do potencial do órgão sensorial representariam o lado ativo do processo da perceção; (3) e, apesar de considerar somente fusões entre branco e preto, também observou que algumas cores podem ser obtidas com a mistura de outras. Apesar de ter atribuído os processos associativos à dádiva dos deuses conhecida por “*sensus communis*” (um órgão comum a todos os sentidos, localizado no coração, onde ficaria a alma), as ideias mais concretas deste autor ajudaram a construir algumas bases para os descobrimentos futuros (Crone, 1999; Guellaï et al., 2019; Kalderon, 2015).

Avançando até à época que ficou conhecida por Idade de Ouro Islâmica (Séc. VIII-XIII d.C.), Ibn Al-Haytham ou Alhazen (1039 d.C.), destacou-se por ter sido o pioneiro a fornecer uma resposta mais detalhada de como os objetos coloridos chegam até ao sujeito, tornando-se o primeiro praticante de ótica fisiológica. Defendeu que o mundo exterior é irradiado e representado no cristalino, e que, posteriormente, seguiria para o *sensorium*. Este foi um passo considerável pois deu início à exploração da fisiologia interior do olho e apresentou o primeiro conceito de “imagem” do exterior (Lindberg, 1976).

Mais tarde, entre o século XIII e o Renascimento (séc. XV), viveu Roger Bacon (1214-1292), cuja Teoria da Visão tentou combinar as ideias de cor (como forma) e luz (sem matéria) de Aristóteles, e de que estas irradiam de todos os pontos do mundo, de

acordo com Alhazen. Assim, defendeu que o Sol é responsável por atualizar o potencial luminoso (i.e., por analogia, a luz “armazenada” /absorvida) dos objetos, que então transmitem a sua “espécie” (as cores que os representam) para o meio adjacente, e esse processo continua de forma sucessiva (*multiplicatio specierum*; Shamey & Kirchner, 2020). No passo seguinte, a “espécie” entraria no olho e multiplicar-se-ia nos nervos óticos, sem que a sua disposição seja perturbada, até chegar ao *sensorium*, onde se forma uma imagem do mundo (Lindberg, 1983). Este foi um avanço significativo para a compreensão da cor, pois inclui o nervo visual no processo de percepção visual, antes da formulação de uma “imagem ou representação do mundo” na cabeça do sujeito (i.e., uma cognição; Crone, 1999).

Por volta dos séculos XVI a XVII, durante a Revolução Científica, grandes nomes como Galileu, Descartes e Boyle, desenvolveram a ideia baconiana que retrata a cor como um fenómeno mecânico, captado pelos olhos humanos e processado por ligações fisiológicas até produzir a sensação mental que reconhecemos como “cor” (Crone, 1999). No entanto, realce-se que foi John Locke (1632-1704) o responsável pelo passo de distinguir formalmente qualidades primárias de secundárias. A sua definição de qualidades primárias identificava-as como as características que os objetos realmente possuem, como o formato, movimento e resiliência. Em contraste, as qualidades secundárias seriam aquelas a que temos acesso, quando recorremos aos nossos sentidos, como as cores (Locke, 1979), não correspondendo à realidade objetiva. Esta distinção veio reforçar o carácter mecânico e subjetivo da experiência da sensação de cor, e da sua variabilidade intraespecífica.

1.1.2. O Início do Estudo Moderno da Cor

Quando pensamos na famosa maçã de Newton, a grande tendência seria ponderar sobre as leis da gravidade que causaram a sua queda e não sobre as propriedades do fruto, de entre as quais a sua cor. No entanto, a verdade é que Isaac Newton (1642-1727), através das suas experiências com prismas, também deu início ao estudo e compreensão modernos da luz e cor. Entre 1671/72, ao deixar a luz passar através de um pequeno orifício sobre um prisma numa sala escura, Newton conseguiu observar um longo feixe colorido formado por sete cores: vermelho e violeta, em extremos opostos; índigo, azul, verde, amarelo e laranja, no meio. Nesta sequência, ao adicionar um segundo prisma, constatou que as propriedades das componentes do espectro não se alteravam quando tentava separar o feixe, ou fazê-lo incidir em vários objetos (*experimentum crucis*; Crone, 1999; Mollon, 2003; Newton, 2014; Shamey & Kirchner, 2020).

Newton, também percebeu que ao adicionar uma nova lente e prisma, numa posição específica, é possível voltar a combinar as cores do espectro, obtendo a luz branca inicial. Assim, elaborou a hipótese de que a luz branca se trata de uma mistura heterogênea de cores espectrais, e que consiste numa “qualidade primária” da própria luz, sendo que os objetos só seriam coloridos por refletirem uma das suas componentes, face às restantes. Esta interação do objeto com a luz, que cria a cor e as propriedades da sua refração, tornaram-se nas bases da Teoria da Cor de Newton (Crone, 1999; Mollon, 2003; Newton, 2014). Posteriormente (ano de ≈ 1704), no domínio da física, desenvolveu a sua Teoria Corpuscular da luz, que a descreve como sendo constituída por partículas/corpúsculos minúsculos, cuja aceleração para um meio mais denso causaria a refração, aos quais nos referimos hoje como fótons (Shamey & Kirchner, 2020).

No campo da psicofísica, tal como John Locke (Locke, 1979), também Newton descreveu que as cores se tratam de qualidades secundárias: introduzindo a ideia da relação entre os estímulos físicos da cor (qualidades primárias) e as sensações mentais que o ser humano experiencia (qualidades secundárias), onde se podem verificar algumas “misturas”. Neste seguimento, introduziu um novo sistema de organização cromática, alternativo ao vigente (viz., organização linear e natural, entre branco e preto, de Aristóteles), sob a forma de um círculo, utilizado para demonstrar as sete cores espectrais, o branco (no centro) e as suas possíveis misturas e complementaridade (viz., misturas que resultam em branco, cinzento ou preto; Crone, 1999).

Após a sua morte, o debate das ideias newtonianas prevaleceu. Tome-se o exemplo de George Palmer (1746-1826), o pioneiro a propor que existem três mecanismos diferentes localizados no olho humano, responsáveis pela visão cromática. Palmer acreditava que a retina era composta por partículas de três tipos distintos, sensíveis aos três tipos de feixe de luz (vermelho, amarelo e azul), cada uma dedicada ao seu próprio feixe (Palmer, 1777). Com o avanço dos séculos, estas observações provaram-se verdadeiras no que toca ao número de tipos diferentes de fototransdutores (cones) no olho humano (Shamey & Kirchner, 2020). Outra ideia importante suscitada por si relacionou-se ao daltonismo, e como este podia resultar da perda ou inatividade de certos elementos/moléculas sensíveis à cor na retina (Palmer, 1786).

As ideias de Newton foram criticadas por von Goethe (1840), que propôs uma abordagem derivada da perspectiva de Aristóteles de que a cor surge da interação entre a luz e a escuridão (Müller, 2017; von Goethe, 2015/1840; Shamey & Kirchner, 2020). Ele caracterizou as cores em dois grupos principais, azul (preto clareado) e amarelo (branco

mais escuro), e que todas as restantes cores deveriam ser agrupadas entre estas cores opostas. O seu método não seguiu uma análise científica da cor, mas sim de fatores psicológicos, morais e espirituais da sua perceção (von Goethe, 2015/1840). Dito isto, pode ser argumentado que as suas ideias sobre pares de cores opostas, particularmente a oposição do azul e do amarelo, podem ter influenciado certas teorias modernas de perceção cromática, como a Teoria do Processo Oponente (Hering 1834-1918), também baseada em interações de pares de recetores de cor (Müller, 2017; Sepper, 2003).

Entretanto, John Dalton (1766-1844) deixou a sua marca histórica pela sua famosa “*Teoria Atómica*” e estudos em indivíduos com deficiência cromática, como a condição que passou a ser conhecida por daltonismo (Shamey & Kirchner, 2020). Estes estudos partiram da curiosidade de Dalton, suscitada pela sua própria condição, de só conseguir distinguir azul e amarelo no espectro prismático. Não tardou a desenvolver o primeiro método experimental para examinar a deficiência de cores: a comparação de respostas sobre a cor de um conjunto de sedas. Ao realizar estas experiências na comunidade e na sua família, Dalton apercebeu-se que se tratava de uma anomalia mais comum entre os homens e que se tratava de algo hereditário, factos aceites até hoje (Crone, 1999; Shamey & Kirchner, 2020).

Em conformidade com as ideias de Palmer (1786) sobre a origem do daltonismo, em 1801, Thomas Young (1773-1829) apresentou um impulso notável para a ciência da cor diante da *Royal Society*, a sua “*Teoria Tricromática da Visão*” (Crone, 1999; Young, 1801). Para o efeito, introduziu a “*Teoria Ondulatória*” da luz, baseada em duas hipóteses: (1) O Comprimento de Onda (viz., do inglês “*wavelength*”, adotando adiante a sigla CO) trata-se da componente física básica e contínua do processo; (2) o passo de correspondência tricromática de cores é atribuído e restringido pela fisiologia do sistema visual humano, mais especificamente aos três tipos de transdutores (cones) da retina.

Young acreditava que cada transdutor apresentava um pico de sensibilidade numa parte do espectro com um CO específico (i.e., 3 cores primárias - vermelho, amarelo e azul), mas não deixaria de estar sintonizado com o restante espectro e respetivos CO (Crone, 1999; Kremers et al., 2016; Mollon, 2003). O autor defendeu continuamente, recorrendo a experiências (e.g., franjas originadas por difração) e analogias às propriedades físicas do som, a natureza ondulatória da luz, mas encontrou rivalidades severas principalmente com a teoria de partículas de Newton (Oliveira et al., 2018; Young, 1804). Mais tarde, Augustin Jean Fresnel (1788-1827) conseguiu refutar o argumento newtoniano de que a natureza ondulatória era incompatível com a propagação

retilínea da luz, ao demonstrar matematicamente que as ondas secundárias e propagadas em todas as direções, acabam por se anular entre si, sobrando apenas a propagação retilínea e a difração (Crone, 1999). Este foi o passo decisivo para que Young e Fresnel pudessem assegurar a defesa da sua “Teoria Ondulatória” e indicar que a cor pode efetivamente resultar da captação do CO, proveniente e propagada pelo mundo físico/exterior, pelo olho humano (Shamey & Kirchner, 2020).

1.2. Progressos no Campo da Visão Cromática até à Atualidade

“When we find facts within our knowledge exhibited by some new method ... they receive a peculiar charm of novelty and wear a fresh air”.

von Goethe, Johann

1.2.1. Teoria Tricromática vs. Teoria do Processo Oponente

Os contributos de Gustav Theodor Fechner (1801-1887) partiram do princípio filosófico do “paralelismo psicofísico” - os sentidos podem ser explicados pelos domínios científicos da psicologia “a partir do interior” ou da física “a partir do exterior”. Neste sentido, com a assistência do seu colega Ernst Heinrich Weber (1795-1878), procurou provar que questões psicológicas podem ser tratadas através de métodos quantitativos, tal como aquelas abordadas pela física (Crone, 1999). Este investimento estabeleceu as bases necessárias para a atual psicofísica (Shamey & Kirchner, 2020).

Por volta desta época, Hermann Ludwig von Helmholtz (1821-1894) foi o primeiro a explicar e demonstrar experimentalmente que as misturas entre pigmentos ou corantes (misturas subtrativas) e entre luzes coloridas (misturas aditivas) não obedecem às mesmas leis (Helmholtz, 1852; Lang, 1983). De acordo com as suas observações, defendeu que as misturas subtrativas ocorrem porque os objetos possuem diferentes miríades de camadas semitransparentes de partículas (conhecidas por pigmentos), capazes de absorver certos CO e refletir determinados outros. Ou seja, como certas ondas seriam absorvidas e não refletidas, não chegariam ao olho e não poderiam ser percebidas. Por outro lado, segundo Helmholtz, enquanto a mistura subtrativa impossibilita que certos CO “participem na coloração” do objeto, a alternativa aditiva provém da sobreposição de CO do espectro da luz para criar uma nova qualidade (Grondin, 2016; Helmholtz, 1852). Os pressupostos destas misturas podem ser representados através de dois diagramas de Venn (e.g., convida-se o leitor a confrontar a Figura 5.4, p. 73, Grondin, 2016).

Em 1853, o seu contemporâneo Hermann Günther Grassmann (1809-1877) observou que limitar a visão cromática a apenas dois processos fundamentais, não faria

justiça à sua complexidade. Neste sentido, complementou as ideias de Helmholtz, ao sugerir quatro leis de mistura que sustentassem a sua Teoria Tricromática. A primeira lei afirmava que existem três elementos (matiz, intensidade e brilho) quantitativamente determináveis que podem ser usados para analisar a impressão de cada cor. As versões modernas destes elementos podem ser observadas na Figura 2 (Colaço et al., 2005; Grassmann, 1853; Pieters, 1979; Shamey & Kirchner, 2020).

Figura 2

Os Três Elementos Necessários para Analisar Matematicamente a Impressão das Cores



Com exceção de modificações pontuais, como as elaboradas na subsecção seguinte, esta lei permanece quase inalterada até ao presente, sendo considerada um dos alicerces da atual Teoria Tricromática da Cor (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802). As versões atuais das restantes leis podem ser consultadas em outros trabalhos (Shamey & Kirchner, 2020; Wyszecki & Stiles, 1982).

Dois anos após a introdução das primeiras leis de Grassmann, James Clerk Maxwell (1831 - 1879) elaborou progressos teóricos significativos na teoria de Young, que decidiu apresentar à *Royal Society* de Edimburgo. Na sua obra “*Experiments on colour*” Maxwell descreveu como utilizou um instrumento de mistura de discos para misturar luz vermelha, verde e azul de forma a obter a luz diurna (i.e., branca; Maxwell, 1855). Algum tempo depois, recorrendo à sua invenção (viz., um espectrómetro capaz de misturar e ajustar luzes do espectro visível), o físico e a sua esposa publicaram resultados notáveis: corroboraram que só necessitamos das três cores primárias (viz., vermelho, verde e azul) para replicar qualquer luz constituinte do espectro visível, ou até luzes compostas (Shamey & Kirchner, 2020). As contribuições de Maxwell e dos seus percussores tornaram-se nos alicerces para a atual Teoria Tricromática da Cor.

Cerca de duas décadas depois, o fisiologista alemão Karl Ewald Hering (1834-1918) acusou a teoria acima mencionada de negligência face a certos aspetos percetivos

da cor, em prol da componente física do processo. Para tal, utilizou o argumento de que é possível ver “verdes-azulados” e “amarelos-avermelhados”, mas impossível sequer conceber “verdes-avermelhados” ou “amarelos-azulados”. Este exemplo tornou-se num obstáculo que os pressupostos de mistura aditiva da Teoria Tricromática não conseguiram explicar (Hering, 1878; 1964; Jacobs, 2014). Assim, baseando-se nesta incompatibilidade básica, e nos ideais de Hervé Aubert e Ernst Mach (Shamey & Kirchner, 2020), Hering desenvolveu uma teoria rival, a Teoria do Processo Oponente (Hering, 1878).

Esta teoria postula a visão cromática como a interação entre três pares de recetores (canais percetivos) de cores na retina, segundo Ragain (2015) e, seguindo as suas palavras, “acopladas de forma mutuamente antagónica” que se misturam entre si para criar uma nova qualidade: azul + amarelo; verde + vermelho; e branco + preto (Hering, 1878; Jacobs, 2014). Com “mutuamente antagónicos” quer-se dizer que a ativação de um dos membros de cada par inibiria a atividade do segundo (i.e., misturas originarem acromático ou cinzento), justificando a inexistência dos “verdes-avermelhados” ou “amarelos-azulados” mencionados anteriormente (Jacobs, 2014; Lakowski, 1969). Além do referido, excluindo o par de Brilho (branco + preto), a teoria defende que por competirem pelos mesmos recursos (viz., mesmo canal), os pares de cores oponentes ou únicas (Shamey, 2023) são mais difíceis de perceber/distinguir entre si, no processo de visão cromática. O último pressuposto encontrou apoio em experiências de “*colored after-images*”, nas quais, após a estimulação prolongada da retina a luz vermelha, o sujeito vê uma ilusão visual verde e o mesmo para o outro par (Hering, 1878; Lee, 2008).

Atualmente os aspetos percetivos da teoria de Hering, como a existência de certos pares de cores que causam reações ou estados únicos no cérebro, provaram ser úteis para mapear a sensibilidade de resposta espectral cromática encefálica e fornecer-nos pistas de como os *inputs* recebidos dos cones são combinados em dimensões oponentes (Hurvich & Jameson, 1955; Shamey & Kirchner, 2020; Webster, 2020; Werner & Wooten, 1979). Porém, salienta-se a ironia das descobertas dos séculos XX e XXI, indicativas de que ambas as teorias (viz., Tricromática e Processo Oponente), inicialmente antagónicas, seriam necessárias para uma compreensão mais completa do processo sensorial da visão da cor (i.e., a capacidade de separar e reter CO refletidos de objetos ou superfícies, recorrendo ao seu matiz e não ao brilho e/ou saturação), que sustenta a perceção (i.e., sensação de cor) e cognição (i.e., representação mental) desta característica (Maule et al., 2023; Ragain, 2015). Esta união antagónica é abordada na subsecção seguinte.

1.2.2. Da Retina ao Núcleo Geniculado Lateral

Atualmente sabemos que os diferentes recetores sensoriais são particularmente propensos a detetar estímulos específicos, como no caso dos olhos, radiações eletromagnéticas da luz. Dependendo da teoria adotada, este estímulo pode ser conceptualizado como uma forma de energia radiada formulada por partículas (viz., fótons) ou uma onda que se propaga de forma contínua (considerada no presente estudo; Grondin, 2016).

A luz, por conveniência facilitadora, pode ser representada sob a forma de um espectro contínuo (e.g., convida-se o leitor a confrontar a Figura 1 no artigo de Grzybowski & Kupidura-Majewski, 2019; p. 2), uma esquematização que facilita a organização e explicação das descobertas empíricas atuais neste domínio. Neste sentido, apesar de reconhecermos a existência dos raios luminosos ultravioleta, abaixo de 400nm (i.e., nanómetros), e infravermelhos após os 700-800nm, as evidências empíricas apontam que o olho humano só consegue reagir a CO que se encontrem entre estes valores (Grondin, 2016; Lipovsky et al., 2010; Ragain, 2015). Entretanto, exceto em simulações experimentais, é raro encontrar um feixe de luz que possua apenas um CO (viz., luz monocromática vs policromática) e a sua composição, captada pelo olho, pode ser afetada por dois fatores físicos: os CO presentes na luz, emitida por uma certa fonte, e as propriedades da superfície, que pode refletir ou transmitir a luz (Grondin, 2016).

Relativamente aos três elementos da primeira lei de Grassmann (1853), representada na Figura 2: Os matizes, a que muitas vezes nos referimos por “cor” e que sustentam o seu carácter distintivo, são determinados pelo CO e podem ser cromáticos (e.g., verde, azul, amarelo e vermelho) ou acromáticos (e.g., cinzentos neutros, entre branco e preto; Colaço, et al., 2005). Neste seguimento, é comumente aceite que o nosso olho é capaz de notar diferenças entre os tons de cinzento, branco e preto devido à quantidade de Brilho presente (0-100/escuro e claro), em superfícies e em fontes de luz, mais ou menos intensas. Esta Intensidade, previamente considerada como o terceiro elemento da 1ª Lei do autor, foi integrada no elemento fundamental de Brilho e substituída pela Saturação, que consiste no grau de “pureza” da luz ou da quantidade de cinzento que inclui. Quando maior for a percentagem de cinzento, menor a saturação (Grondin, 2016). Todavia, sublinha-se que, alguns séculos depois, a investigação veio a apoiar que apesar de serem distintas no domínio da física, as dimensões de brilho e saturação são tratadas como indistinguíveis ao nível funcional e subjetivo (Colaço et al., 2005; Pieters, 1979).

Paralelamente, se nos colocarmos em perspectiva, para vislumbrar o passado, podemos verificar que há muito que as duas principais teorias explicativas da visão da cor, especificamente a de Young-Helmholtz-Maxwell (1852; 1855; 1802) e a de Hering (1878), se têm antagonizado. Estes sucedimentos históricos encaminham-nos para uma reação de deslumbre ao constatar a existência de evidências empíricas fisiológicas atuais que apontam a validade de ambas as abordagens (Grondin, 2016).

Começando com a primeira, se recorrermos à atual microespectrofotometria é possível calcular a proporção correspondente a um determinado CO que os fotorreceptores conseguem assimilar (Grondin, 2016). Desta forma, conseguiu-se verificar que existem de facto três classes de cones na retina humana, mais sensíveis a CO Curtos/*Short/S* (especialmente $\approx 450-500\text{nm}$: valores do matiz azul), Médios/*Medium/M* (particularmente $\approx 500-575\text{nm}$: valores do matiz verde; mas também $\approx 575-585\text{nm}$: do matiz amarelo) e Longos/*Long/L* (principalmente $\approx 620-740\text{nm}$: do matiz vermelho; Daintith & Martin, 2010; Warrant & Johnsen, 2013). Sabe-se ainda que existe outro tipo de fotorreceptores no olho humano: os bastonetes. Os cones só conseguem detetar cores a partir de um certo brilho, não funcionando a menos de $.035 \text{ cd/m}^2$ (candelas por metro quadrado). Abaixo destes valores, os bastonetes são acionados, permitindo a visão noturna/escotópica e a perceção de preto, branco e dos cinzentos intermédios (Grzybowski & Kupidura-Majewski, 2019; Kremers, 2016; Molday & Moritz, 2015).

Gunnar Svaetichin (1956) destacou-se entre os fisiologistas que tentaram comprovar a Teoria Tricromática, para a qual conseguiu contribuir nos seus estudos com elétrodos e peixes dourados. Nestes estudos, conseguiu isolar células que reagissem a certas partes do espectro da luz (i.e., com determinados CO) de forma hiperpolarizada (i.e., “ativada”) e de maneira despolarizada (i.e., “inibida”) a outras, apoiando a existência dos teorizados três cones (viz., *S, M, L*). Ironicamente, os mesmos estudos acabaram por apoiar a existência de mecanismos oponentes no processo de visão cromática (viz., células que individualmente seriam capazes de codificação de respostas mutuamente opostas/exclusivas) e por extensão a teoria de Hering (1878). Mais tarde, observou-se a sua atividade não ao nível dos cones, mas ao nível das células bipolares e ganglionares, ainda ao nível retiniano e também ao nível talâmico, no Núcleo Genuculado Lateral ou NGL (De Valois et al., 1996; Grondin, 2016; Kremers et al., 2016; Webster, 2020).

A corroboração empírica da Teoria Tricromática e da Teoria do Processo Oponente, instaurou a lacuna de um modelo elucidativo e integrativo das duas visões, para explicar a visão da cor. O preenchimento deste vazio já teria sido impulsionado no

final do século XIX, por von Kries (1882), contudo só no século XX é que Müller (1930) e Judd (1949) se depararam com as evidências empíricas referidas e formalizaram as suas Teorias de Zonas do Caminho Visual. De forma geral, este corpo teórico, de considerável consenso no século XXI (Grzybowski & Kupidura-Majewski, 2019; Witzel & Gegenfurtner, 2018), concilia as duas idealizações ao defender que a visão cromática ocorre por fases: numa primeira fase a Teoria Tricromática explicar-nos-ia os eventos ao nível dos fotorreceptores; numa segunda fase a Teoria do Processo Oponente explicaria os eventos do segmento desde a retina até ao córtex cerebral; e finalmente numa terceira dar-se-ia a atividade das estruturas corticais, desde a V1/ área 17 ou de *Brodmann*/córtex estriado, no lóbulo occipital, até à estrutura V4 no lóbulo temporal e ao córtex temporal inferior (Lee, 2008; Roe, 2012; Shepard et al. 2017; Turner, 1994).

No panorama atual, o processo da visão da cor começa com a incidência do *input* (luz) de um certo CO na retina do olho humano. Anatomicamente, a retina possui três camadas nucleares: a primeira, e mais externa, constituída pelos fotorreceptores (viz., cones *S*, *M* e *L*; e bastonetes); a segunda, designada por nuclear externa, contendo as células horizontais (função: recolher os sinais dos cones), bipolares (função: transmitir os sinais dos cones) e amácrinas (possível função: interligar células bipolares e ganglionares); e a camada plexiforme que inclui as componentes sinápticas das células da camada nuclear externa, e as células ganglionares (função: projeção de diferentes tipos de informação visual; Bear et al., 2017). Neste mecanismo ótico, o *input* começa por ser captado pelos fotorreceptores, que, em termos estruturais e funcionais, são constituídos por cinco regiões primárias, das quais se destaca: o segmento externo, no qual ocorre o processo de captação da luz (*input*) e a sua conversão em sinais nervosos/elétricos, conhecido por transdução; e a região sináptica, que transmite o neurotransmissor glutamato (*input*) para os neurónios localizados no NGL (i.e., células bipolares de classes *ON* ou *OFF*, dependendo da sua despolarização em relação ao *input*), através das vesículas sinápticas e da sinapse em formato de fita que se integram na sua constituição (para mais informações, ver Molday & Moritz, 2015).

No próximo passo, os *inputs* dos cones seguem por três vias centrais, responsáveis por integrar as informações de brilho e antagónicas, além de transmitir a informação para o NGL e, de seguida, para o córtex: (1) na via magnocelular, que se propaga desde a célula bipolar difusa e as células ganglionares do parasol, até às camadas magnocelulares do NGL, os neurónios de classe discreta *M/L* recebem a soma entre os *inputs* dos cones *M* e *L* (células não-opponentes, de natureza transitória para detetar efeitos de contraste de

claridade-escuridão [Brilho], algumas mais sensíveis a CO perto de branco, e inibidas por mais longos e escuros, outras vice-versa); (2) na via parvocelular, que se estende entre a célula bipolar anã e as células ganglionares até às camadas parvocelulares do NGL, os neurónios de classe discreta M/L detetam diferenças entre os *inputs* opostos e subtrativos provenientes dos cones M e L (verde-vermelho); por último, na via koniocelular, os neurónios de classe discreta $S/L+M$ localizados ao longo do NGL processam e transmitem os *inputs* antagónicos entre os cones S e algum tipo de combinação dos cones M e L , ou “azul-amarelo”. As relações referidas formam os caminhos conhecidos como o eixo ortogonal do brilho e os dois eixos cardinais de cor (Bear et al., 2017; Derrington et al., 1984; Kremers, 2016; Roe et al., 2012; Webster, 2020).

1.2.3. A Visão Cromática no Córtex

Prosseguindo com a sucessão de eventos neurofisiológicos associados à funcionalidade humana de perceção da cor, a informação proveniente do sistema ótico, captada por aglomerados de cones (viz., S , M e L) é distribuída por vários neurónios de segunda ordem (viz., células horizontais, bipolares e amácrinas), responsáveis por continuar o processo até às vias paralelas que abrangem as células ganglionares, sendo transmitidas para os neurónios do NGL. Posto isto, a partir do NGL, a separação minuciosa das vias provenientes dos cones e neurónios intermitentes torna-se menos “nítida”. Neste sentido, estudos que recorreram a estímulos cardinais programados para isolar áreas de mecanismos oponentes de cores (viz., M/L ; L/M ; e $S/L+M$), conhecidas por “espaço DKL” (Derrington et al., 1984), sugeriram uma distribuição neuronal distintamente cortical, mais ampla nas áreas do córtex visual primário (V1), córtex visual secundário (V2) e córtex temporal inferior (Kremers, 2016).

Começando pelo V1, conhecido por receber e processar grande parte da informação do sistema visual. Além das diferenças de organização, apesar de alguns neurónios do V1, semelhantemente aos homólogos da retina e NGL, serem “opponentes únicos” (do inglês “*single-opponent*”), mais sensíveis a grandes e uniformes áreas de cor, outros também são sensíveis a informações espacialmente opostas (orientação e frequências espaciais específicas; Johnson et al., 2001; Lennie et al., 1990; Solomon & Lennie, 2005; Thorell et al., 1984). Este tipo de células é designado por “duplamente opostas” (do inglês “*double-opponent*”). As primeiras têm preferências semelhantes às suas correspondentes no NGL, com ápices de resposta a padrões com pouca frequência espacial de verde-vermelho (viz., M/L ; L/M) e da cor em geral (viz., $S/L+M$). Contudo, ao contrário das células do caminho parvocelular, não reagem de forma correta a padrões

acromáticos com elevada frequência espacial (Conway & Livingstone, 2006; Johnson et al., 2004; Xiao et al., 2007). Por sua vez, os neurónios duplamente opostos respondem melhor a padrões de verde-vermelho e acromáticos (apesar das respostas serem fracas no caso acromático) com especificações espaciais (Johnson et al., 2001, 2004, 2008; Schluppeck & Engel, 2002).

Apesar do córtex primário desempenhar uma função de relevo para gerar a cor, não abrange uma representação correspondente à visão (i.e., percepção de matizes e constância da cor; Brouwer & Heeger, 2009). Somente no córtex visual secundário é que surgem as primeiras evidências de mapas de matizes (e.g., vermelho; amarelo; verde; azul). Os mapas referidos foram localizados nas riscas finas (*thin stripes*) da área V2 (Xiao et al., 2003; Xiao, 2014), mas ainda se desconhecem os mecanismos responsáveis por transformar os sinais provenientes dos cones em matizes, e se os neurónios na área V4 “herdam as suas preferências” em relação à cor, ou se o seu cálculo é efetuado na própria V4, antes de prosseguir para o córtex temporal inferior (Conway, 2009).

A zona intermediária V4, assume uma função importante para a constância da cor, a percepção de manutenção da cor de certos objetos em diferentes condições de luminosidade (e.g., uma maçã que continua vermelha tanto à sombra como à luz do dia; Roe et al., 2012), contudo existem estudos que desencorajam o seu papel na distinção de cores. Essencialmente, estamos a referir-nos a estudos sobre lesões da V4, nos quais se conseguiu constatar que a capacidade dos espécimes para distinção de matizes aparenta manter-se intacta, enquanto a percepção de constância cromática diminui (em símios e humanos; Heywood et al., 1992; Vaina, 1994; Walsh et al., 1993).

Por último, há que destacar o papel desempenhado pelo córtex temporal inferior, onde se acredita ocorrerem funções como a combinação de várias características dos objetos (incluindo a própria cor) para propiciar o seu reconhecimento (Roe et al., 2012). Eventualmente, o processo terminaria num dos córtices de associação, o visual, no qual a informação é finalmente integrada, traduzindo-se na percepção do objeto (Hendrikx, et al., 2022; Shipp, 2002).

Desta forma, foram explorados os componentes físicos e neurobiológicos que precedem o cérebro, e revistos mecanismos dentro do próprio encéfalo indicados por diversos estudos com elétrodos (Heywood et al., 1992; Vaina, 1994; Walsh et al., 1993), ou imagiológicos (e.g., *fMRI*; Hsu et al., 2012; Wade et al., 2008), como fulcrais na visão e percepção de cores. Todavia, sobressai-se a importância de aprofundar o que sabemos sobre o funcionamento da atividade ao nível das estruturas corticais no que diz respeito a

esta função perceptiva. Por conseguinte, para a finalidade de obter uma compreensão mais holística destes processos, recorreremos ao âmbito da Psicologia.

1.3. A Percepção da Cor

“If you want to understand function, study structure.”

Francis Crick

Não há dúvidas sobre a especialização funcional da percepção (Deroy, 2015; Gallistel, 1999), dado que o ser humano possui múltiplos órgãos e sentidos, úteis para reproduzir diversos géneros de representações. Tais atributos permitem acompanhar características dos objetos e eventuais adversidades ambientais, transformando os estímulos externos (viz., “*outputs*”) nas representações encefálicas correspondentes (viz., “*inputs*”). Neste sentido, numa tentativa de fundamentar estas operações e desenvolver a idealização computacional (i.e., a mente funcionar como um computador) vigentes na sua época (e.g., Marr, 1880), Fodor (1983) propôs duas ideias: que a mente é parcialmente constituída por módulos; e uma arquitetura mental, não em termos de estruturas físicas, mas sim de um modelo teórico de organização hierárquica constituído por três sistemas de funcionamento contínuo (Deroy, 2015; Fodor, 2001; Oliva, 2018).

Fodor postulou que ao nível primário dar-se-iam as operações dos transdutores (na visão, foto-transdutores - cones e bastonetes), mecanismos conectados aos sentidos e responsáveis por captar informação ambiental/*outputs* e iniciar o processamento dos *inputs* do exterior. Noutros termos, as operações dar-se-iam ao nível biológico (Pylyshyn, 1984) ou da implementação (Marr, 1880) dos estados mentais (EM). Num nível intermédio, teria lugar a atividade dos módulos face ao material recebido do nível anterior. Noutros termos, EM sub-intencionais, operados de forma sintática/funcional (Pylyshyn, 1984) ou algorítmica (Marr, 1980). Por fim, num nível de maior complexidade da organização mental estaria um processador central, cognitivamente inteligente onde as informações processadas estariam integradas e acessíveis à consciência. Noutros termos, este seria o nível semântico (Pylyshyn, 1984) ou computacional (Marr, 1880) dos EM.

Segundo Fodor, os módulos seriam processadores especializados caracterizados por: uma ativação de informação veloz, obrigatória e imprescindível (i.e., quase exclusivamente involuntária, como um reflexo), especificada (i.e., só responde a série de *inputs* limitada, ou seja, módulos de visão só respondem a sinais retinianos, e assim por adiante), desligada da informação processada por outros módulos e independente do plano consciente (i.e., informações encapsuladas), aquilo que Pylyshyn (1984) chamou

de “*impermeabilidade cognitiva*” (i.e., exclusão da influência de quaisquer intuítos ou juízos do organismo); número reduzido de *outputs*, superficiais (viz., não avaliados ou interpretados) e suscetíveis a posterior processamento e enriquecimento; relações com uma estrutura fixa de neurónios (e.g., apoiadas por estudos de lesões cerebrais e perdas funcionais associadas, que podem induzir mudanças do *locus* ou redes neurais alargadas correspondentes a cada especialidade; Deroy, 2015); padrões e atributos característicos de colapso (do inglês, “*breakdown*”) para contenção de anomalias (e.g, lesões cerebrais); e, desenvolvimento gradual e sequencial, numa trajetória de desenvolvimento ontogenético específica (Deroy, 2015; Fodor, 1983; Oliva, 2018). Ao agrupar estas ideias o autor propõe que os sistemas de *input* possuem uma natureza modular (Fodor, 1983, 2001; Oliva, 2018).

Nesta sequência, a Teoria Computacional (Marr, 1980), descreve a percepção visual, na qual se inclui a percepção da cor, como um sistema de processamento de informação organizado em diferentes etapas, contudo a um nível algorítmico. Marr (1980), também defendeu que este processo segue um “*Design Modular*”, afirmando que num sistema computacional, seria sábio poder dividir a computação entre partes componentes, com acesso a informações restritas (i.e., para evitar sobrecarregar ou “paralisar” o sistema; Carruthers, 2003; Deroy, 2015; Fodor, 2001), que atuem de forma rápida e o mais independente possível, de modo a permitir que este continue a funcionar caso alguma delas falhe (i.e., os atributos de *breakdown* de Marr, 1980). Estas etapas seriam: a imagem (i.e., distribuição dos valores obtidos da luz ao longo da retina); o esboço primário (i.e., transformação dos valores brutos em certas formas de informação contidas nos mesmos); o esboço 2 ½ - D (i.e., etapa onde a orientação e profundidade das superfícies visíveis se torna mais explícita), e o modelo de representação 3-D (i.e., formas e a sua orientação tornam-se explícitas como símbolos de objetos de três dimensões; Gordon, 2004; Marr, 1980). Portanto, de acordo com a literatura, a presente investigação concentra-se na percepção visual, de baixo nível (viz., funcional/algorítmico), pré-atentiva e pré-intencional (i.e., anterior ao processamento “*top-down*”), de acordo com as regras computacionais e de processamento “*bottom-up*”.

Entretanto, as Teorias de Fodor (1983), Marr (1980) e Pylyshyn (1984) podem ser conciliadas com a Teoria da Integração de Características (*FIT; Feature Integration Theory*; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 2006), uma vez que, esta também defende que o sistema perceptivo segue um processamento modular, onde as características visuais dos objetos, tais como a cor e a orientação espacial, são em primeira instância analisadas

em mapas separados, paralelamente e sem recorrer à atenção (viz., “*pop-out*”), seguindo-se a fusão da informação obtida de cada mapa numa segunda fase, que já necessita de atenção focalizada (viz., sequencial ou “*binding-together*”; Treisman, 2006). Na sua forma clássica, a *FIT* defende que um delineado estímulo, ativa mapas de características específicas (e.g., a cor, o movimento, a orientação, o tamanho, e a forma - representantes de áreas do córtex visual; Burwick, 2014; Wolfe & Horowitz, 2004; Wolfe, 2014) e num segundo momento, a atenção teria a função computacional de unir as informações limitadas do mapa de características com as de outro módulo, conhecido por mapa principal de localizações. Assim, nesta versão da teoria, a interação entre os mapas implica a presença da atenção, algo que se traduziria no processamento individualizado e sequencial de cada um dos objetos no cenário (Treisman & Gelade, 1980).

Mais tarde, a *FIT* deparou-se com um de alguns “*binding-problems*” (viz., agrupamento de desafios empíricos relativos a estruturas que podem ser responsáveis pelo *binding* de características básicas dos objetos ou outras dificuldades mentais e encefálicas relacionadas com a explicação desta conjunção), quando estudos subsequentes (e.g., mais recentemente, Grubert & Eimer, 2015) corroboraram a prevalência de *binding* ou agrupamento de características dos objetos numa fase/velocidade ainda pré-atentiva (Burwick, 2014). Face a estas evidências, como grande impulsionadora da *FIT*, Treisman foi compelida a efetuar adaptações teóricas, passando a incluir uma exceção: a ideia de que quando os mapas de características se familiarizavam (i.e., através de experiências passadas) com um dado sinal de localização incluído no mapa principal de localizações, o *binding* das duas características poderia ser realizado de forma paralela, excluindo temporariamente os restantes elementos do cenário desta fase de processamento (Treisman, 1988). Aquilo que Hochstein e Ahissar (2002) designariam de “visão de relance”, antecedente da “visão com escrutínio”, onde realmente se recorre à atenção focalizada.

A autora continuou a desenvolver que o produto desta interação, seria uma representação provisória do objeto, comparável com descrições memorizadas após experiências anteriores (i.e., processamento *Bottom-Up*, seguido de *Top-Down*; Treisman & Gormican, 1988). Note-se, ainda, que mesmo se considerarmos a existência de módulos perceptivos e encapsulados de cognições, tal como Fodor (1983) projetou, estes continuariam a depender do armazenamento de informações pré-existentes, apropriadas aos cenários em que surgem (Shea, 2015). Neste sentido, segundo Treisman (1999), podemos presumir que persiste alguma influência do processamento *Top-Down* sobre o

Bottom-Up, exclusivamente *a priori*, ao criar “expectativas incorporadas” correspondentes a um objeto familiar, distintas da informação característica e incorporada no módulo (Shea, 2015). Coloque-se o exemplo de busca por um fruto maduro. A integração das características que definem o fruto como “maduro” (e.g., cor ou forma), de acordo com o contexto em questão, assim como exposição e nível de investimento passados da pessoa em relação ao estímulo/objeto, podem passar a ser “sinais” desta condição benéfica, processados paralelamente em futuras situações.

Segundo as hipóteses colocadas pela *FIT*, o processamento da experiência perceptiva segue um design hierárquico, iniciado com a codificação de um conjunto restrito de “dimensões de características”, automática e paralelamente no decorrer do campo visual (Kristjánsson & Egeth, 2020). Enfatiza-se que a primeira representação (viz., ainda pré-atentiva) do *input* encontra a sua origem no mapa principal de localizações, que identifica onde está o objeto, mas não do que se trata (Kristjánsson & Egeth, 2020; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985), ou seja, não especifica as características do mesmo, mas sim onde se localiza espacialmente. Num momento posterior, a atenção focal integrá-lo-ia com os *inputs* das diversas dimensões de características/ “composições corretas” (Treisman, 1977), que unem características a outras características com atributos do seu “tipo” (e.g., o verde das folhas e o vermelho da parte consumível de um morango; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 1977, 1999).

Assim, características (do mesmo “tipo”, ou não) que partilhem uma dada localização e o foco atencional, seriam codificadas como análogas ao mesmo objeto. O resultado perceptual em foco, adota a nomenclatura computacional de “*ficheiros-objeto*” (Kristjánsson & Egeth, 2020; Treisman et al., 1983; Treisman, 1999b). Dito isto, a conjectura dos últimos parágrafos pode aliviar outro *binding-problem* com que a *FIT* se deparou: como se realiza a separação e seleção dos estímulos mais relevantes e pertencentes a um certo objeto, dos restantes elementos, correspondentes a outras entidades e fenómenos concorrentes, no mesmo cenário? (viz., “*Parsing problem*”; Treisman, 1999b). Destaque-se que existem teorias concorrentes para explicar os mesmos *binding problems* e que estes não se limitam aos indicados nesta revisão (Burwick, 2014), mas por motivos de síntese foram selecionados apenas dois de entre os principais ligados à perceção visual, reconhecidos pela própria Treisman (1999).

Quando se explicita a *FIT*, é imprescindível abordar o paradigma da busca visual, utilizado em contextos laboratoriais, para estudar duas etapas de processamento (viz., funcional e atento), permitindo quantificar limitações de capacidades visuais. Implica

colocar indivíduos em situações de procura de um ou mais alvos, numa disposição que inclua distratores (Wolfe, 2014), um *design* assente na ideia de ser mais fácil detetar a presença de uma característica (alvo) do que a sua ausência (Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985). A título de exemplo, um grupo de observadores pode ser testado, individualmente, numa tarefa de premir uma tecla quando um quadrado vermelho está presente ou outra no caso de só conseguir ver distratores (e.g., quadrados verdes). Neste caso, coloca-se a hipótese de medir a capacidade de perceção para características básicas dos objetos (e.g., cor) através dos tempos de reação (adiante TR, em milissegundos) dos participantes em função do número de elementos do cenário, mais exatamente a sua dificuldade (TR maiores nas situações mais desafiantes, i.e., maior número de elementos) e eficiência (traduzida na manutenção dos declives de TR em função do aumento do número de elementos) percetivas (Treisman & Souther, 1985; Wolfe, 2014).

Posto isto, é fulcral referir que o exemplo indicado recorre ao paradigma da busca visual de característica ou disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001), conceitos que serão utilizados de forma indiscriminada e se referem a uma abordagem de análise de funções visuais processadas em paralelo nas tarefas que despoletam a sinalização de uma característica básica, a saber, cor, de forma isolada de outros atributos básicos, a saber, forma (Nakayama & Martini, 2011; Tamura & Sato, 2020). Não obstante, Treisman elaborou dois outros tipos de busca visual: conjunções (i.e., distratores envolventes distinguem-se do alvo por mais uma característica básica, requerendo atenção/processamento sequencial) e conjunções ilusórias (buscas de conjunções nas quais a atenção esteve ausente, e as características são detetadas, mas nem sempre localizadas; Treisman & Schmidt, 1982; Wolfe, 2014).

Retomando o exemplo de busca de característica, para ser paralela, o TR da busca por um quadrado de uma certa cor alvo (i.e., vermelho) entre distratores de outra cor, não deveria ser muito afetado pelo aumento do número de elementos presentes (“densidade percetiva”), por sua vez representativos de um aumento da dificuldade da tarefa (Treisman & Souther, 1985). Contudo, a investigação apresenta relatos não consensuais sobre a função que segue a relação entre TR e a densidade percetiva, em buscas de disjunções (i.e., ao nível funcional). Por isso, variam entre taxas de 13 (Treisman & Gormican, 1988), 10 (Müller & Krummenacher, 2006; Treisman & Souther, 1985), 5 (Wolfe, 2001), e ≈ 60 ms (Treisman & Gelade, 1980), por cada novo item. Para os autores referidos, acima destas taxas, estaríamos a falar de busca sequencial ou sucessiva.

Entretanto a literatura (Carrasco & Frieder, 1997; Doshier et al., 2004; realizados com estudantes universitários) também apresenta exceções, através do aumento de TR em função da acentuação da densidade perceptiva dos cenários em buscas visuais de tipo paralelo, atribuídos a fatores como a excentricidade dos alvos e possíveis limitações do sistema visual, invés de mudanças relacionadas à atenção. Para mais informações sobre TR durante a busca visual da “cor” ver a Tabela 1.

Treisman também realizou uma observação peculiar: dependendo das características básicas dos objetos em questão, a busca de um alvo X entre distratores Y poderia mostrar-se mais fácil/difícil do que na situação inversa de alvo Y entre distratores X - uma verdadeira “*assimetria*”. De acordo com a autora, no caso particular da característica cor, estes resultados poderiam ser atribuídos a ser mais difícil detetar elementos do cenário de cores não prototípicas do que prototípicas (i.e., 100% brilho e saturação; Rosch, 1973; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985).

Ainda assim, a investigação menciona a persistência de assimetrias em tarefas de busca visual, especificamente entre campos visuais, associadas a diferenças interpessoais nos mecanismos de busca/neurónios distribuídos entre hemisférios cerebrais. Estas observações assentam em teorias subjacentes à projeção da informação da fóvea, como a Teoria da Fóvea Dividida (Martin et al., 2007), que sugere a divisão da informação representada à esquerda da fixação (viz., Campo Visual Esquerdo, adiante CVE), para o hemisfério oposto (i.e., direito), e vice-versa.

A respeito deste assunto, embora certos estudos (e.g., Hirnstein et al., 2018) tenham vindo a desencorajar relações entre especializações hemisféricas e tarefas visoespaciais mais complexas, outros defenderam que a “porta” ainda está aberta para a possibilidade deste tipo de distribuição poder influenciar a percepção visual da cor (ver Tabela 1; Poynter & Roberts, 2012).

Ao postular que tarefas exequíveis em simples experiências psicológicas podem permitir descobertas pertinentes sobre a organização do sistema visual (viz., diagnosticar mapas canónicos de características em termos neurológicos), a *FIT* e a busca visual providenciam um modelo e método de teste de previsões detalhadas sobre a ligação entre as funcionalidades cerebrais e a percepção (Nakayama & Martini, 2011). Por esse motivo, têm sido utilizados até hoje, inclusive, como se pode verificar na Tabela 1, em múltiplos estudos da “característica integral” (i.e., conjugada automaticamente, num módulo individual, invés de uma “característica separável”, que necessitaria de atenção para unir

inputs das suas dimensões físicas de matiz, brilho e saturação; Treisman & Gelade, 1980) abordada nesta investigação - a cor.

1.3.1. O Desenvolvimento da Perceção da Cor ao Longo da Vida

Na atualidade, os avanços científicos da psicofísica e eletrofisiologia, providenciam bases sólidas sobre a neurobiologia envolvida na visão e perceção da cor. Contudo, ainda existem dúvidas em relação ao desenvolvimento das estruturas e caminhos neuronais envolvidos nestes processos, ao longo da vida (Maule et al., 2023), justificando a necessidade de promover futuras elaborações das descobertas já realizadas.

Entre os primeiros relatos de avanços neste domínio encontram-se os estudos psicofísicos com elétrodos de Crognale (2002), que analisou Potenciais Visuais Evocados (do inglês, “*VEPs*”), ao longo da vida (participantes de 1 semana a 93 anos). Este investigador procurou possíveis alterações eletrofisiológicas nos córtices do lóbulo occipital (V1-V4) face a certos estímulos visuais - gradações cromáticas de matizes processados pelas vias neuronais percetivas de verde-vermelho (viz., *M/L*) e azul-amarelo (viz., *S/L+M*), tal como acromáticas. Os resultados indicam que a onda de sensibilidade espectral dos *VEPs* mudou drasticamente ao longo da infância e só atingiu a sua maturidade (viz., auge de sensibilidade) entre os 12-14 anos. Por volta dos 18 anos, os valores registados atingem o seu mínimo para todo o período de vida, a partir do qual a capacidade de processamento cromático, considerada no seu auge, começa a diminuir, de forma lenta, atingindo os piores resultados em idades mais avançadas. A faixa etária que se segue, jovens-adultos, é considerada como a fase de auge mais estável (e.g., 20-30 anos: Crognale, 2002; Elliot et al., 2016). No entanto, apesar da sua estabilidade, esta faixa etária continua a ser alvo de estudos com resultados interessantes.

A literatura apresenta evidências de que certas condições físicas cromáticas podem dificultar a tarefa de busca visual em jovens-adultos, apesar de se manter paralela/automática, como no caso de utilização de matizes com CO mais dificilmente distinguíveis, devido à sua proximidade no espectro (e.g., azul-verde, verde-amarelo e amarelo-vermelho: Boyton & Smallman, 1990; Duncan, 1989; Treisman & Gormican, 1988; Treisman, 1999a).

Em contraponto, destaca-se o estudo de Mendes (2015), descrito detalhadamente na Tabela 1, que utilizou o par de matizes azul-verde (*RGB* do azul: 0, 0, 255; *RGB* do verde: 0, 255, 0), com CO de relativa proximidade no espectro, e não encontrou diferenças significativas de dificuldade entre as condições.

Tabela 1*Quatro Estudos Exemplares de Busca Visual da Característica Básica Cor: Tempos de Reação*

Autor	Objetivo	Amostra	Metodologia	Resultados
Treisman & Souther (1985)	Identificar características funcionais da percepção visual (assimetrias).	n da condição de presença = 3 ♂ e 6 ♀; n na condição de ausência = 4 ♂ e 5 ♀. Todos estudantes universitários.	Busca de detecção de disjunções (presença/ausência de círculos ou triângulos com linha intercectiva; verdes, vermelhos ou pretos), de entre 4, 8 e 12 elementos, em fundo branco, com ponto de fixação, em 48 cenários presentes até à resposta. Com treino antes do procedimento.	Não houve uma interação estatisticamente significativa entre a densidade perceptiva e os tipos de alvo (verdes e não verdes), ou a sua ausência/presença. Ou seja, os TR nas restantes condições não foram afetados de forma significativa pela densidade perceptiva. Apesar de, até onde se pode apurar, a autora não ter indicado o p value destas interações.
Colaço (2005)	Avaliar o efeito do envelhecimento na modularidade de percepção da cor.	N = 15 jovens-adultos (21-26 anos) e 14 adultos mais velhos (82-90 anos). Sem défices de funções cognitivas.	Busca de detecção de disjunções (alvo Presente/Ausente) a computador, num fundo branco com 4, 8 e 12 quadrados entre cenários de dois pares de matizes processados ou não pelo mesmo canal oponente (azul-amarelo e azul-vermelho de coordenadas RGB de 0, 0, 255; 255, 255, 0; e 255, 0, 0). Cenários programados para avançar após cada resposta.	Maior dificuldade (TR) dos mais velhos na condição de alvo presente, no par com CO mais curtos (azul-amarelo) e processados pelo mesmo canal oponente ($p = .038$). Provavelmente, um efeito de declive, associado ao envelhecimento, sobre a percepção de matizes processados pelo mesmo canal oponente. Além disso, observou-se que, apesar dos efeitos do envelhecimento do sistema visual, os adultos mais velhos desta amostra continuaram a seguir um processamento modular da cor.
Poynter & Roberts (2012)	Analisar assimetrias funcionais entre hemisférios cerebrais em tarefas de busca de característica e conjunções.	Disjunções ($N = 14$ ♂ e 22 ♀) Estudantes universitários dos 18 aos 49 anos.	Busca de detecção de disjunções (linha vertical entre horizontais, todas laranjas, apresentadas durante 150ms), e conjunções (linhas na vertical e horizontal, verdes e laranjas, apresentadas até à resposta). Distribuídas (num fundo cinzento escuro) pelos quadrantes respetivos aos campos visuais, esquerdo e direito.	Interação entre campos visuais e TR ($p = .017$), favorável para o hemisfério direito (CVE) em busca de disjunções e esquerdo (CVD) em conjunções. Atribuídas a uma vantagem de processamento global do hemisfério direito. TR de busca de disjunções não foram significativamente afetados pela densidade perceptiva dos estímulos.

Autor	Objetivo	Amostra	Metodologia	Resultados
Mendes (2015)	Examinar o efeito do envelhecimento na percepção cromática em adultos.	66% ♀ e 34% ♂ N1 = 23 (19-23) anos; N2 = 26 (30-60); N3 = 15 (61-75). Sem défices cognitivos.	Busca visual de detecção de disjunções (alvo Presente/Ausente), realizada a computador, num fundo branco com 4, 8 e 12 quadrados de pares de matizes azul-amarelo e azul-verde, processados por canais oponentes diferentes. Coordenadas RGB idênticas ao estudo de Colaço (2005) e 0; 255; 0 para verde.	Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas de TR entre idades ou entre sexos, na percepção de alvo/distratores dos pares de matizes em estudo. Também se realizaram análises individuais de cada grupo etário, igualmente sem diferenças significativas de TR nas mesmas condições.

Nota. Os estudos exemplares foram organizados por ordem cronológica.

O mesmo estudo também utilizou o par azul-amarelo (*RGB*: 255; 255; 0), de CO mais afastados e processados pelo mesmo canal perceptivo (Hering, 1878), obtendo resultados igualmente negativos.

Ulteriormente, algumas investigações, tal como a de Crognale (2002), apontaram para uma acentuação da desintegração das estruturas visuais e das capacidades visuais e perceptivas cromáticas a partir dos 40 anos, que seria ainda mais acelerada após os 60 anos em participantes com tricromacia regular (Colaço, 2005; Gilbert, 1957; Haegerstrom-Portnoy et al., 1999; Paramei & Oakley, 2014; Werner et al., 1990). Neste conjunto, destaca-se a observação do estudo de Gilbert (1957), com uma amostra dos 10 aos 89 anos, de que ao longo do envelhecimento, ao nível periférico (i.e., processamento modular encapsulado e automático da informação sensorial, posterior ao nível físico da implementação [Marr, 1880] ou biológico [Pylyshyn, 1984], mas de ordem inferior ao funcional [Colaço et al., 2004; Pylyshyn, 1984] e exclusivamente nos adultos mais velhos, no qual se verificaram aumentos de dificuldade em perceber/distinguir matizes curtos e/ou mais próximos no espectro de luz visível (viz., entre verde-azul, de CO mais próximos, e amarelo-vermelho, também de CO próximos mas mais afastados do que o primeiro). Realça-se, também, a investigação de busca visual de Colaço (2005), cujos detalhes foram resumidos na Tabela 1.

Por outro lado, no que diz respeito a causalidades e áreas afetadas, têm sido realizados rastreios empíricos que indicaram alterações ao nível dos fotorreceptores e domínios mais elevados do sistema visual, por exemplo ao nível cortical (Paramei & Oakley, 2014; Werner, 1996). Ao longo do sistema visual, estas decadências associadas ao envelhecimento foram associadas principalmente ao aumento da densidade e ao amarelecimento do cristalino, cuja função seria filtrar eventuais transmissões de luz, mais exatamente de CO curtos (Nguyen-Tri et al., 2003; Okajima & Takase, 2001; Paramei & Oakley, 2014; Pokorny et al., 1987; Weale, 1988; Wuerger, 2013). Estas decadências funcionais também foram atribuídas a perdas consideráveis de eficiência dos cones para detetar e reter estímulos espectrais, sobre as quais ainda se apresentam algumas dúvidas, como, por exemplo, o ritmo da sua deterioração (Paramei e Oakley, 2014).

Além das diferenças consideráveis associadas ao envelhecimento, documentadas na literatura ao longo de décadas, foram estudadas outras variáveis inerentes à condição humana que podem influenciar a visão e a perceção dos matizes. Entre essas variáveis, destaca-se o sexo, que será explorado a seguir.

1.3.2. Diferenças de Percepção da Cor entre os Sexos

No campo de investigação da percepção das cores já se padronizou o uso de testes para rastreio de défices visuais cromáticos congénitos ou adquiridos (e.g., daltonismo), contudo nem sempre são efetuadas análises que separem as amostras por sexo, mesmo que existam evidências de que homens e mulheres experienciam a aparência das cores de formas distintas (viz., “perceptiva e cognitivamente”; Bimler et al., 2004; Marey et al., 2015). Em alinhamento com as observações anteriores, elaborou-se um levantamento sucinto de investigações que não tenham seguido esta tendência, focalizando-se em explorar diversidades de percepção visual entre os sexos biológicos (adiante, sexos) relevantes, mas não exclusivas ao campo das cores (Vanston & Strother, 2017): desde a capacidade de perceber a cor até à capacidade de percepção de movimentos e detalhes (acuidade).

Existem múltiplos relatos empíricos da superioridade feminina em tarefas de percepção cromática. A título de ilustração, recorremos ao estudo de Abramov et al., (2012a), com duas amostras de participantes com 16 a 61 anos ($N1 = 58$ [37 ♀ e 21 ♂]; e $N2 = 47$ [32 ♀ e 15 ♂]). O procedimento seguido consistiu em pedir aos participantes que indicassem a percentagem da sensação percebida de vermelho, verde, azul e amarelo (i.e., 0-100%), após a incidência ocular de uma luz monocromática. As mulheres mostraram uma maior sensibilidade a CO mais curtos. Mais exatamente, necessitaram de CO significativamente menores para perceberem o mesmo matiz para o qual os homens necessitaram de CO mais longos. Outro dado importante, consiste nos homens apresentarem uma faixa de pior distinção, ligeiramente mais ampla no centro do espectro luminoso (viz., CO médios), em relação às mulheres. Complementarmente, destaca-se ainda o estudo de percepção da cor e sensibilidade à saturação/detalhes (acuidade), realizado por Joint et al. (2010), com uma amostra de 60 participantes (17 e 22 anos), no qual se pediu que estabelecessem correspondências de cores entre 22 fitas e duas tabelas de diferentes “*shades*” ou tons de cada matiz (viz., misturas de azul, amarelo, verde e vermelho com mais e menos cinzento). Em conformidade, o tratamento de dados apresentou diferenças estatisticamente significativas no que toca às mulheres demorarem menos tempo (TR) a realizar a tarefa.

Entretanto, deve ser destacado um segundo estudo relevante de Abramov et al. (2012b), no qual procurou mensurar a sensibilidade espaço-temporal entre os sexos, desta vez com uma amostra de 52 participantes de idades entre 16 e 38 anos (36 mulheres e 16 homens). O pedido consistiu em identificar a posição (horizontal/ vertical) de uma

“grade” e os resultados foram mais favoráveis para os homens na percepção de estímulos em movimento e estáticos, e respetivos detalhes (acuidade).

Nesta sequência, podemos apontar duas explicações conciliáveis que justifiquem estas alegações, uma fisiológica, e outra evolucionista. Primeiramente, os progressos científicos sugerem que por possuírem dois cromossomas X, as mulheres recebem mais de três classes distintas de fotopigmentos retinianos, um facto resultante de mutações genéticas das opsinas (viz., proteínas sensíveis à luz localizadas na membrana dos cones e bastonetes) herdadas desta segunda cópia, ao nível molecular. Por outras palavras, existe uma maior quantidade e variabilidade (i.e., em termos de sintonização de absorção para picos de CO diversos) da substância que define a sensibilidade ao espectro dos fotopigmentos, resultando numa maior facilidade funcional de percepção cromática (Bimler et al., 2004). Evidências destes pressupostos foram encontradas em estudos como o de Jameson et al., (2001) que se focou em pedir aos participantes para dividir o espectro cromático em faixas e encontrou diferenças significativas, favoráveis para as mulheres, causadas por um grupo específico de participantes heterozigóticas (i.e., uma vez que as homozigóticas apresentaram resultados muito semelhantes aos grupos masculinos).

No que toca à perspectiva evolucionista, as observações indicadas podem ajustar-se à Teoria de Caçadores-Recolectores (Bettinger et al., 2015; Zhang et al., 2019). Esta teoria, apoiada por investigações das capacidades espaciais da visão humana (O’Gorman, 1999; Silverman & Eals, 1992), propõe que os cérebros das mulheres sejam mais especializados para tarefas associadas à recolha e preparação de alimentos (viz., recoletoras), enquanto os dos homens (viz., caçadores) privilegiariam atividades relacionadas à caça como a deteção, perseguição e ataque de presas, assim como todos os esforços físicos implicados. Existem evidências que apoiam esta ideia, como indicações de que a tricromacia e o desenvolvimento do canal oponente *M/L* seriam adaptações evolutivas facilitadoras dos primatas para separação de frutos maduros e folhagem (Franklin et al., 2010; Regan et al., 2001), fortalecendo a plausibilidade de que as mulheres se tenham adaptado para prestar mais atenção às informações cromáticas do que os homens. A teoria também poderá indicar um motivo adaptativo para os resultados de Abramov et al (2012b), uma vez que sensibilidade percetiva a detalhes de objetos móveis ou imóveis (acuidade) se trata de uma funcionalidade presente em contextos de caça (Bettinger et al., 2015; Franklin et al., 2010; Shepard, 1990).

Não obstante, apesar desta dominância feminina na percepção cromática, ao nível funcional existem resultados contraditórios, como a já referida investigação de Mendes

(2015), descrita na Tabela 1, que não obteve quaisquer resultados de diferenças entre os sexos (TR) que fossem estatisticamente significativos.

Como se pode observar, existe alguma variedade de exemplos de diferenças de sexo na percepção da cor, incluindo relatos contraditórios, que merecem a atenção e elaboração por parte de futuros estudos.

2. Formulação do Problema de Investigação

*“First ... delicious yellow; by whose side Fell the kind beams of all-refreshing green.
Then the pure blue that swells autumnal skies ...”*

Thomson, James

2.1. A Fundamentação

A cor é uma experiência perceptiva, integrada de acordo com as individualidades do objeto físico, do sujeito e das contingências do ambiente (Elliot et al., 2016), facilmente identificável em todo o mundo, e que pode interagir com as nossas escolhas e ações (Clydesdale, 1993; Kim et al., 2018), humor (i.e., Eisend, 2009), atenção e aprendizagens (e.g., Pett & Wilson, 1996).

As duas teorias clássicas dedicadas à visão e percepção da cor, previamente consideradas antagónicas, nomeadamente a Teoria Tricromática da visão da cor (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802) e a Teoria do Processo Oponente (Hering, 1878), são hoje conciliáveis, aplicando-se a níveis fisiológicos pré-corticais hierarquicamente distintos (Grzybowski & Kupidura-Majewski, 2019; Lee, 2008; Roe, 2012; Shamey, 2023; Turner, 1994). A Teoria Tricromática explica-nos que existem três classes de fotorreceptores na retina, com tipos sensibilidade especializados para CO curtos, médios e longos. Adicionalmente, defende-se que as misturas entre as três cores primárias correspondentes a esses CO (viz., azul, verde e vermelho) conseguem replicar qualquer outro matiz que constitua o espectro visível da luz. Não obstante, os pressupostos vigentes da teoria de Hering (1878), aplicar-se-iam numa zona posterior, na qual se encontram “canais” de células nervosas que recebem e processam *inputs* antagónicos dos fotorreceptores retinianos (Grondin, 2016; Kremers et al., 2016; Webster, 2020). Consequentemente, defende-se que a competição pelos mesmos recursos, dificultaria a distinção entre as cores “antagónicas” (Ragain, 2015) de dois pares cromáticos (viz., azul-amarelo e verde-vermelho).

Sabemos, ainda, que a sensibilidade e capacidade de percepção da cor sofrem alterações dramáticas ao longo da vida e atingem a maturidade no período desde a infância até à adolescência, começando a diminuir, lentamente, na faixa dos jovens-

adultos (viz., 20-30 anos: Crognale, 2002; Elliot et al., 2016). Depois, ocorre uma decadência significativamente mais acentuada nas estruturas fisiológicas associadas a estas funcionalidades a partir dos 40 e mais tarde nos 60 anos (Haegerstrom-Portnoy et al., 1999; Paramei & Oakley, 2014; Werner et al., 1990). Assim, o processo de desenvolvimento da percepção cromática, sobressalta a relevância de estudar alterações funcionais de percepção cromática na faixa dos jovens-adultos, considerando que se trata do mais estável dos três intervalos de vida estudados (infância-adolescência; jovens-adultos; e adultos mais velhos, a partir dos 40 anos).

Posto isto, na investigação de Mendes (2015), focada no processamento da cor ao nível funcional e considerando os jovens-adultos, constatou-se a ausência de diferenças estatisticamente significativas de TR, tomada como indicador de aumento ou diminuição do nível de dificuldade da tarefa, expressas através dos tempos de reação (TR) dos participantes na percepção de alvos com matizes azul-amarelo, com CO mais afastados no espectro e processados pelo mesmo canal oponente, e azul-verde, com CO consideravelmente mais próximos e processados por canais diferentes. Estes resultados não foram ao encontro dos relatados por Boyton e Smallman (1990), Duncan (1989), Treisman e Gorminac (1988), e Treisman (1999a), realizados com jovens-adultos, que constataram durante a busca visual de disjunções, que a condição física da proximidade de certos CO no espectro (e.g., nos pares azul-verde, verde-amarelo) pode dificultar a sua distinção. Os mesmos resultados também não estão de acordo com a Teoria de Hering (1878), segundo a qual o par amarelo-azul deveria ter sido mais difícil de processar e perceber, traduzindo-se na constatação de ausência de dificuldades significativas, deste tipo, na faixa etária em questão.

Adicionalmente, apesar de terem sido reportadas diferenças entre os sexos na percepção da cor, grande parte das investigações inseridas nesta área tende a não realizar comparações entre homens e mulheres no tratamento dos dados (Bimler et al., 2004; Marey et al., 2015), e quando o realizam, os resultados são inconsistentes. Por um lado, sobressalta-se uma maior sensibilidade das mulheres para percepção de CO mais curtos e um ligeiro aumento de dificuldade dos homens em CO médios (16-61 anos; Abramov et al., 2012a). Em consonância, na percepção e correspondência de matizes de todos os CO, no geral, também se verificam relatos mais favoráveis para as mulheres (17-22 anos; Joint et al., 2010). Todavia, no estudo de Mendes (2015), já referido, relata-se a inexistência de diferenças estatisticamente significativas de TR, entre os sexos, na distinção de matizes com CO curtos e médios, mais afastados no espectro e processados pelo mesmo canal

(viz., azul-amarelo) ou mais próximos e processados por diferentes canais oponentes (viz., verde-azul).

Por outro lado, foram identificados diferentes resultados quanto à dificuldade de percepção visual (TR) em função da Localização dos alvos entre os campos visuais esquerdo e direito (CVE e CVD), destacando que os do lado esquerdo seriam processados pelo hemisfério direito e vice-versa (Teoria da Fóvea Dividida; Martin et al., 2007). No domínio da característica básica cor, a literatura apontou uma vantagem de TR no CVD quando foi considerada em conjunções com a orientação, mas, quando a orientação foi isolada, em disjunções, apresentou TR menores no CVE (Poynter & Roberts, 2012). Note-se, também, que apesar da presença destas *nuances*, os autores não realizaram buscas visuais de disjunções a cor, isoladamente. Adicionalmente, até onde se consegue apurar, não efetuaram comparações por sexo, o que já foi criticado por outros autores (Bimler et al., 2004; Marey et al., 2015).

Deste modo, destaca-se a relevância do estudo, na faixa etária dos jovens-adultos, da capacidade de percepção de matizes com CO curtos e médios, mais e menos próximos no espectro da luz, processados por canais oponentes iguais ou diferentes, de forma geral e entre os sexos, também considerando os dois campos visuais.

2.2. Os Objetivos e sua Prossecução

Considerando o problema anteriormente exposto, a presente investigação experimental, de natureza exploratória, assenta-se na perspectiva “funcionalista” das operações mentais (a ideia de que qualidades psicológicas são equivalentes às fisiológicas, na medida em que requerem uma “realização física” numa dada estrutura neurológica diagnosticável; Diniz, 2004), de organização modular (Fodor, 1983), tal como nos pressupostos da *FIT* sobre a percepção visual (Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 2006). Com estes princípios presentes, para alcançar o objetivo principal de contribuir para o desenvolvimento da literatura sobre percepção da cor, através da análise de consequências funcionais na percepção cromática em jovens-adultos (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985; Treisman, 1993, 2006; Wolfe, 2001), consideraram-se três objetivos específicos:

1. Estudar *nuances* (dificuldade e eficiência, através dos TR) da capacidade perceptiva cromática entre CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no espectro de luz visível;

2. Analisar *nuances* (dificuldade e eficiência, através dos TR) entre os sexos na capacidade de percepção de matizes com CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no espectro de luz visível;

3. Explorar assimetrias hemisféricas (dificuldade e eficiência, através dos TR) globais e entre os sexos na percepção de matizes.

De forma a alcançar estes objetivos, utilizou-se o paradigma de busca visual de disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001), para possibilitar o estudo simultâneo de: (1) CO e canais oponentes, à luz das Teorias Tricromática (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802) e do Processo Oponente (Hering, 1878); (2) e de mecanismos de busca entre hemisférios cerebrais, de acordo com a Teoria da Fóvea Dividida (Martin et al., 2007).

Este método permitiu analisar três pares de matizes, um processado pelo mesmo canal (azul-amarelo), com CO mais distantes no espectro e dois por canais diferentes (verde-azul e verde-amarelo), com CO mais próximos, especialmente no caso verde-amarelo, e ao mesmo tempo, apreciar o efeito de diferentes localizações nos mesmos (CVE e CVD). A inclusão do matiz verde também permitiu incluir pelo menos um matiz utilizado no estudo em que se observaram assimetrias de campos visuais/hemisféricas de “cor” (Poynter & Roberts, 2012). Desta forma, exploraram-se os resultados dos participantes do sexo masculino e feminino numa tarefa de detecção de Presença/Ausência de um alvo, localizado em um dos quatro quadrantes (correspondentes ao CVE e CVD) do fundo cinzento neutro (acromático; Rosenholtz et al., 2004), entre distratores, mais ou menos numerosos (4, 8 e 12 elementos entre cenários) e caracterizados pelos pares de matizes estudados.

Para atender aos objetivos, foram efetuados dois estudos dedicados à compreensão da dificuldade e eficiência (TR) na capacidade de percepção da cor de jovens-adultos. Note-se, ainda, que apesar de não existir consenso sobre taxas de aumento de TR em função da numerosidade de elementos presentes no cenário (densidade perceptiva; Müller & Krummenacher, 2006; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985; Wolfe, 2001), considera-se que o aumento nesta condição dificulta gradativamente a tarefa de detecção de matizes. De acordo, admite-se, para interpretação, que TR aumentem em cenários de pares de matizes mais difíceis de perceberem (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Souther, 1985).

No Estudo 1 procedeu-se à análise dos TR, de forma a obter estimativas da dificuldade e eficiência (TR) dos participantes na realização da tarefa, recorrendo a medições repetidas do tempo que demoraram a realizar a deteção de Presença/Ausência de alvo com um certo matiz, em vários cenários, mais ou menos desafiantes (i.e., de acordo com o número de elementos presente). No Estudo 2, partiu-se dos resultados na mesma situação experimental, mas com uma diferença. Procurou-se avaliar a dificuldade e eficiência percetivas cromáticas dos participantes, através dos seus TR, em cenários com alvos localizados em diferentes quadrantes: (1) dois para o campo visual esquerdo (CVE); (2) dois para o campo visual direito (CVD).

3. Método

“To understand the phenomena of colour nothing is required but unbiased observation and a sound head, but these are scarcer than folks imagine”

von Goethe, Johann

3.1. Participantes

3.1.1. Caracterização da Amostra

Recorrendo a técnicas de amostragem não probabilísticas de conveniência e técnica tipo bola de neve, a amostra inicial foi constituída por 39 participantes. No entanto, após a aplicação dos instrumentos, três participantes foram excluídos, resultando numa amostra final de 36 participantes voluntários e não remunerados, com idades compreendidas entre os 20 e os 28 anos ($Mdn = 23$), de sexo feminino e masculino, residentes em zonas urbanas nos distritos de Évora e Beja. Visto a finalidade de possibilitar comparações entre os sexos, priorizou-se a sua paridade, ou seja, garantir que cada subgrupo fosse dividido de forma igualitária entre os sexos. No que diz respeito à dominância manual, dois participantes eram canhotos e os restantes trinta e quatro eram destros e a maioria ($n = 23$) relatou diminuição da acuidade visual, resolvida através do uso de lentes de contacto ou óculos. Por sua vez, em termos de habilitações literárias, registou-se que a maior parte dos participantes adquiriu pelo menos o grau académico de “licenciado” ($n = 26$).

3.2. Materiais

3.2.1. Teste de Cores de Ishihara (2003)

Concebido por Ishihara em 1917, o Teste de Cores de Ishihara é ainda hoje a escolha clínica padronizada para detetar de forma relativamente precisa e rápida, as deficiências visuais de origem congénita mais comuns como o daltonismo ou défice de

sinalização da cor na região retiniana dos fotorreceptores sensíveis a vermelho/verde (viz., *L* e *M*), e a acromatopsia (Bansal et al., 2021; Ishihara, 2003; Utama, et al., 2016).

A condição de daltonismo é a mais prevalente de todos os défices de visão cromática conhecidos em humanos (El Moussawi et al., 2021; Hunt et al., 1995), chegando a atingir percentagens de 8% dos homens e .4% das mulheres caucasianos em países ocidentais (Birch, 2012), e está associada a mutações associadas aos genes da opsina *L* e *M*, ligados ao cromossoma X. A sua maior frequência em homens atribui-se a erros de codificação consequentes da sua hemizigosidade (ver El Moussawi et al., 2021; Nathans et al., 1986; Neitz & Neitz, 2000; Patterson et al., 2016;). Por sua vez, a acromatopsia completa/incompleta refere-se à ausência total ou redução de visão cromática devido à falta de funcionalidade dos fotorreceptores. A sua causalidade foi atribuída a mutações em diversos genes (Aligianis et al., 2002; Brunetti-Pierri, 2021; Thiadens et al., 2009) e as estimativas mundiais atribuem esta condição a um em cada 30 a 50.000 indivíduos (Kohl & Hamel, 2013; Sharpe et al., 1999).

O teste em questão segue a seguinte lógica: os seus 24 cartões são definidos por imagens formadas por vários pontos coloridos, concebidos para que o seu agrupamento cromático resulte num algarismo ou caminho que só pode ser reconhecido por pessoas com visão cromática regular. Adicionalmente, o mesmo se aplica para padrões que só podem ser detetados por pessoas com défices “verde-vermelho”. As pessoas com acromatopsia não conseguem reconhecer nenhum dos algarismos ou caminhos (Bansal et al., 2021; Ishihara, 2003; Utama, et al., 2016).

Aplicam-se vinte e quatro cartões com padrões de elementos redondos, de diversas cores e tamanhos, organizados de forma a constituir um formato também redondo. Apesar deste número total de cartões do teste, para distinguir os participantes com défices de visão da cor, daqueles com visão regular, basta utilizar os primeiros quinze. O pedido realizado consiste em solicitar ao participante para indicar os algarismos que vê em cada uma das imagens, existindo também a possibilidade de não conseguir observar nenhum algarismo. Todas as respostas são então apontadas numa folha de cotação (Ishihara, 2003).

O ponto de corte deste teste é de nove valores e o participante só pode demorar três segundos a indicar aquilo que está a ver. Se houver discrepâncias, todos os vinte e quatro cartões devem ser aplicados e no caso de o participante pontuar nove ou abaixo, a visão da cor é dada como deficiente. No caso em questão os participantes devem ser avaliados utilizando os cartões 16 e 17, para classificar o tipo de défice constatado, se

deuteranópico (défice de transdutores mais sensíveis a verde) ou protanópico (défice de transdutores mais sensíveis a vermelho; Kremers, 2016; Salih et al., 2020). Por outro lado, caso o participante não acerte nenhuma vez, a não ser no primeiro cartão (o algarismo doze, que todos os participantes devem conseguir ver, independentemente da presença de défices), então apontam-se resultados correspondentes à condição de acromatopsia total (Ishihara, 2003).

Portanto, uma vez que permite avaliar a presença de desvios da visão cromática em relação à norma, o teste elucidado foi utilizado para fins de rastreio e exclusão de participantes, com o objetivo de conseguir controlar possíveis enviesamentos nos resultados apresentados nesta investigação.

3.2.2. *Questionário Sociodemográfico*

Um questionário sociodemográfico é um instrumento importante em qualquer campo científico que lide com variáveis de natureza social (Bell et al., 2022), uma vez que permite obter informações sociodemográficas importantes para a caracterização da amostra e para o processo de análise, não recolhidas durante o procedimento experimental. Este instrumento incluiu questões para recolha de informações relativas à idade, sexo biológico, estado civil, habilitações literárias e dominância manual.

Foram também elaboradas duas perguntas para rastreio e exclusão de participantes: (1) Sobre a presença de alguma condição que diminua a acuidade visual e se utilizam óculos ou lentes de contacto para a corrigir; (2) Sobre se se dedicam a eventuais ocupações profissionais ou prática diária de atividades de lazer ligadas à utilização da cor (i.e., pintura e escultura). O primeiro cuidado visa evitar enviesamentos empíricos derivados de défices visuais não corrigidos, e o último pretende evitar a inclusão de participantes que sejam expostos de forma muito frequente a diferentes cores, considerando que experiência neste domínio pode afetar a capacidade de distinção desta característica básica (Shea, 2015).

As questões foram construídas e organizadas de acordo com as recomendações de Lietz (2010). Neste sentido, foram formuladas de forma clara e simples, e procurou-se que mantivessem um carácter relevante para os objetivos do estudo. Também se teve o cuidado de colocar as questões mais gerais primeiro, seguidas das mais específicas e de deixar as relativas a variáveis demográficas no final do questionário.

3.2.3. *Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)*

Note-se, entretanto, que existem certos fatores que interferem nas capacidades funcionais normativas, como no caso de relatos acerca da velocidade cognitiva e

psicomotora (viz., tempo de reação, fala e atividade psicomotora) ser mais reduzida em indivíduos com depressão (Marazziti, et al., 2010). Estes efeitos são mais evidentes nos adultos mais velhos com depressão (Caligiuri & Ellwanger, 2000; Porter et al., 2003; Sabbe et al., 1999; Tsourtos et al., 2002) que, concomitantemente sofrem de maiores dificuldades de memória, planeamento, sequenciação, organização e abstração (Pisljar et al., 2008). Não obstante, também a literatura aponta que os jovens-adultos com quadros depressivos apresentam défices acentuados de atenção, memória a curto prazo, memória de trabalho e de capacidades psicomotoras (Castaneda et al., 2008; Mormont, 1984; Rubinow et al., 1984; Savard et al., 1980), justificando a necessidade de controlar esta variável.

Para este efeito, recorreremos à *CES-D* (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale [CES-D]; Radloff, 1977). A escala em questão foi criada com o objetivo de avaliar a presença de sintomas afetivos e somáticos de perturbações depressivas, não idealmente em contextos clínicos, mas sim de população adulta geral. Por este motivo, é mais indicada para fins de investigação científica, em populações semelhantes às do presente estudo, como os estudos de Lin et al. (2020), com 628 estudantes universitários chineses ($M = 20.17$; $DP = 1.87$), e Wildey et al. (2022), por sua vez numa amostra de 734 participantes americanos, também do meio académico e com idades entre 18 e 58 anos ($M = 27.2$ e $DP = 7.2$). Este instrumento também demonstrou ter fiabilidades parcial e de teste-reteste moderadas e uma elevada consistência interna em várias populações e traduções (Jiang et al., 2019; Knight, et al., 1997; Masten et al., 1986; Miller-Graff et al., 2023).

No que diz respeito à adaptação portuguesa (Gonçalves & Fagulha, 2004), realçamos que, de forma a tornar a escala mais acessível a populações envelhecidas (características de Portugal), algumas questões foram reformuladas. Apesar deste facto, as alterações não aparentam ter prejudicado a consistência interna ou validade convergente da versão portuguesa da *CES-D*, uma vez que apresenta boas características psicométricas: valores de α de Cronbach desde .87 a .92, entre amostras (Campos & Gonçalves, 2011; Gonçalves & Fagulha, 2004). Estes resultados encorajadores, justificam a sua utilização em estudos posteriores (Batista & Pereira, 2020; Campos & Gonçalves, 2011; Campos et al., 2014, 2019).

Dito isto, a versão portuguesa da *CES-D* (Gonçalves & Fagulha, 2004; Radloff, 1977) consiste num questionário de 20 itens, cujas respostas são dadas segundo uma escala de quatro pontos relativos à frequência de sintomas depressivos durante a última

semana, antes do preenchimento (“Nunca ou muito raramente”, menos de um dia; “Ocasionalmente”, um ou dois dias; “Com alguma frequência”, três ou quatro dias; “Com muita frequência ou sempre”, cinco ou sete dias). Quatro destes itens avaliam afetos positivos, de forma a controlar enviesamentos derivados de tendências de resposta e a pontuação varia de 0 a 60, onde valores mais elevados indicam uma maior frequência de sintomatologia depressiva. No nosso caso, para despistar a presença de perturbações depressivas, foi utilizado o ponto de corte de 20, em amostras não clínicas, de forma a evitar “falsos positivos” e “falsos negativos” (Gonçalves & Fagulha, 2004; Radloff, 1977).

3.2.4. Cenários Visuais Digitais de Pares de Matizes

Recorrendo ao programa *Paint* (v. 11.2310.42.0), os cenários digitais foram construídos de forma a atender aos princípios da *FIT* (Treisman, 1986) e ao paradigma da busca visual de disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001), para analisar funções visuais de tipo paralelo durante a sinalização da cor como uma característica básica (viz., cor), de forma isolada de outros atributos básicos (viz., forma) (Nakayama & Martini, 2011; Tamura & Sato, 2020).

No software em questão, tomou-se como base uma página branca (9.6 cm x 6.9 cm), na qual foram criados quadrados coloridos (1.7 cm x 1.7 cm): azuis; amarelos; verdes; laranjas; e vermelhos. A escolha de utilização de quadrados deve-se à natureza dos *pixels* (i.e., eles próprios, quadrados) que constituem as imagens digitais, um método bastante comum e de fácil implementação, para permitir uma boa definição de imagem (Foley et al., 1996; Singh & Oberoi, 2015).

O passo seguinte diz respeito à conceção de cada matiz. Neste sentido, apesar destas condições serem tratadas como uma só em termos funcionais e subjetivos (Colaço et al., 2005; Pieters, 1979), cada matiz foi criado com 100% de brilho e de saturação, um processo que permitiu obter aquilo que Rosch (1973) nomeou de cores prototípicas. Sendo produzidos segundo o sistema *RGB*, os matizes seguiram as seguintes coordenadas (Pascale, 2006): azul (0, 0, 255), amarelo (255, 255, 0) e verde (0, 255, 0), para os estímulos da componente principal; vermelho (255, 0, 0) e laranja (255, 165, 0), para os estímulos da componente de treino; cinzento (200, 202, 202), para o fundo; e, preto (0, 0, 0), para uma tela preta e ponto de fixação.

Realça-se que o fundo branco original foi removido, no programa *Adobe Photoshop*®, para que pudesse ser substituído por uma alternativa mais adequada, que se apresentou na forma de um fundo cinzento em *RGB* considerado neutro, acromático, uma

vez que facilita a busca visual de assimetrias (Rosenholtz et al., 2004) onde as respostas espectrais se mantêm constantes para todos os comprimentos de onda do espectro visível (Chang & Reid, 1996). Para este efeito, as coordenadas foram codificadas no programa responsável por apresentar os cenários e instruções (*PsychoPy*, 2023.1.3; Peirce et al., 2019), para que o fundo neutro se mantivesse constante durante todo o procedimento.

Por sua vez o matiz preto corresponde à tela preta, apresentada durante 500 ms entre as disjunções, com a finalidade de considerar o impacto da dinâmica espaço-temporal subjacente ao processo desde a percepção do estímulo até à reação motora de resposta (Menon & Uddin, 2010; Rudebeck et al. 2008; Vogt et al., 2009). Mais detalhadamente, foi considerado o tempo de processamento atento subsequente ao perceptivo: desde a deteção do estímulo desviante/novo (viz., 150ms após o estímulo); a transição do sinal *bottom-up* para a insula anterior (viz., que filtra os eventos mais salientes) antes do córtex cingulado anterior, responsável por gerar um sinal *top-down* de controlo que segue para os córtices de associação e sensorial primário, e para a rede central executiva (200-300ms após o estímulo); até à resposta de mudança de atenção nas regiões neo-corticais (viz., áreas corticais pré-motora e temporoparietal) e a seleção da resposta motora que se segue. Este último processo demora, em média, cerca de 300-400ms após o estímulo (Menon & Uddin, 2010; Rudebeck et al. 2008; Vogt et al., 2009).

Complementarmente, apesar de nas artes visuais o branco e o preto serem considerados como cores individuais, no campo da física estes não têm comprimentos de onda específicos, não sendo definidos como cores. Neste sentido, enquanto o branco é considerado como a fusão de todas as cores possíveis, o preto é definido como a ausência de luz e por isso de qualquer cor (Caivano, 2022).

Desta forma, também para evitar *carryover effects* derivados de aprendizagem da tarefa e memorização de cenários visuais, justifica-se que os participantes sejam expostos durante um pouco acima de 400ms (viz., 500ms de repouso) a uma tela preta, ausente de qualquer luz ou matizes, antes de prosseguirem para o próximo cenário.

Neste fundo neutro, para a tarefa principal, foram implementadas 48 imagens para cada uma das seis possíveis combinações de azul, amarelo e verde onde um assume a função de “alvo” e outro de “distrator”. Mais especificamente, 16 com quatro, 16 com oito e 16 com doze quadrados coloridos. Adicione-se que, de acordo com as recomendações de Treisman e Gelade (1980), metade destas 16 imagens/cenários continha alvo e nas restantes oito este esteve ausente (totalizando 24 cenários sem alvo).

A Localização dos estímulos quadrados (subtendendo um ângulo visual de $\approx 1.84^\circ$) centrou-se num ponto médio de fixação visual, situado na interceção entre as duas curvas dos quadrantes da tela de base. Neste seguimento, nos cenários com alvo, este seguiu oito possíveis localizações, definidas de acordo com a bissetriz dos quadrantes do cenário em questão (90° ; 180° ; 270° ; 360°), seguindo uma elipse ($0 < \textit{excentricidade} < 1$: Di et al., 2017; Khairiree, 2006) ao redor do centro do ecrã (subtendendo um ângulo visual de $\approx 4.5^\circ \times 2.5^\circ$) e alternando-se entre espaços proximais (em direção ao ponto de fixação/central) e distais (mais afastados do ponto de fixação/central). No que respeita à orientação, os estímulos foram colocados na vertical, de forma paralela aos eixos dos quadrantes.

De forma mais detalhada, nos casos com quatro quadrados a posição do alvo foi repetida duas vezes em cada quadrante. Por outro lado, nos cenários com oito e doze quadrados, o alvo ocupou quatro posições proximais e distais, tendo sido as segundas posições selecionadas de forma aleatória, mas sempre divididas igualmente entre quadrantes. Assim, garantiu-se uma divisão igualitária entre os dois quadrantes esquerdos e direitos, correspondentes aos respetivos campos visuais (Poynter & Roberts, 2012). Note-se, ainda, que o alvo, quando na posição mais distal, se encontra a uma distância de $\approx 0.0314^\circ$ do ponto de fixação.

Todos os cálculos, em radianos, foram realizados utilizando a fórmula de Ângulo Visual (Kosslyn, 1978):

$$\hat{\textit{Angulo Visual}} = 2 \cdot \textit{atan}\left(\frac{\frac{\textit{Tamanho do Objeto}}{2}}{\textit{Distância do Objeto}}\right)$$

Em suma, no Estudo 1 estes 48 cenários implementam todas as combinações dos níveis dos três fatores de destaque para cada um dos seis pares de matizes: elementos (4, 8, 12 = 3 níveis) x repetições (4 quadrantes x 2 = 8 níveis) x presença/ausência de alvo (2 níveis), apresentados duas vezes (para possibilitar a recolha de médias de TR e erros), perfazendo um total de 96 cenários.

Em contrapartida, para o Estudo 2 foram considerados metade dos cenários do Estudo 1, excluindo-se todos aqueles respeitantes a ausência do alvo.

No que diz respeito à componente de treino, foram criadas 15 imagens, ou cenários: cinco com quatro, cinco com oito e cinco com doze quadrados, todos organizados de acordo com as mesmas definições já descritas. De forma a não

comprometer a execução dos participantes aquando da recolha de dados, recorreu-se a dois matizes não utilizados nas componentes das tarefas experimentais em si, com proximidade no espectro da luz visível semelhante aos matizes em estudo (viz., azul, amarelo e verde), especificamente o vermelho e o laranja.

Após a devida codificação, de acordo com as definições já indicadas, e para possibilitar o registo dos TR e erros dos participantes face ao pedido de premir a tecla esquerda do rato na presença de um quadrado com uma certa cor alvo ou a tecla direita caso o alvo estivesse ausente, os cenários foram importados para o programa *PsychoPy* (2023.1.3; Peirce e tal., 2019), instalado num computador portátil *HUAWEI Matebook D15 BohrD-WFE9A* com um processador *Intel Core i7-1165G7 Tiger Lake* com velocidade de 2.8 GHz (Turbo: 4.7 GHz), memória *RAM* de 16 GB, placa gráfica *Intel Iris Xe Graphics*, monitor com diagonal de 15.6 polegadas, ecrã *FHD* com resolução de 1920 x 1080 *pixels*, equipado com um *Basic Optimal Mouse* da *Microsoft*TM ergonómico com conector *USB* e “*scroll wheel*”.

A escolha deste programa baseou-se: (1) no facto de ser vastamente utilizado em investigações relativas ao processamento visual, ter um “*script*” fácil de ler e escrever; (2) possibilitar a retenção de um controlo considerável sobre os estímulos e o ambiente envolvente por parte do usuário; (3) e por permitir manter uma precisão de estímulos visuais considerável em sistemas de computador pessoais/convencionais (Meyerhoff & Papenmeier, 2020; Peirce, 2007, 2009).

Para efeitos de ordem, foram contrabalançados os três pares de matizes utilizados (A= Azul e Amarelo + Amarelo e Azul; B = Verde e Azul + Azul e Verde; C = Amarelo e Verde + Verde e Amarelo). Desta forma, sendo o número de ordens possíveis dado pelo fatorial de seis ($6! = 12$), utilizou-se doze ordens contrabalançadas através dos participantes, cada uma com três pares e os seus inversos: ABC1 e 2/ACB1 e 2/BAC1 e 2/BCA1 e 2/CAB1 e 2/e CBA1 e 2. Por exemplo ABC1 foi programada para começar com alvo Amarelo e a ordem ABC2 com alvo Azul.

No programa referido, foram então criados os ficheiros experimentais. De forma sucinta, estes foram programados para que cada participante pudesse: (1) ler as instruções do pedido e avançar com a tecla de “Espaço”; (2) observar uma tela preta, durante 500 ms, entre as diferentes instruções e entre cenários; (3) percecionar um ponto de fixação, codificado para permanecer no centro do ecrã cinzento, sob a forma de uma cruz preta, durante 250ms (Burigo & Knoeferle, 2014), após cada tela preta e antes de cada novo cenário; (4) e realizar a tarefa de busca visual premindo a tecla esquerda ou direita do

rato, para avançar entre disjunções, em dois grupos de 48 cenários (para ambas as versões de um certo par de matizes), apresentados aleatoriamente e repetidos duas vezes cada um (i.e., para registo de médias de TR).

A escolha do rato, em detrimento do teclado, tem em consideração meramente o conforto que este providencia, uma vez que clicar num botão deste dispositivo envolve um tempo semelhante ao de pressionar uma tecla (i.e., .2 segundos: Medin & Smith, 1981; Omanson et al., 2010). Aponta-se ainda que apesar de se incentivar a maior velocidade de resposta possível e o evitamento de erros, foi também pedido aos participantes que prosseguissem com a tarefa apesar de os terem cometido.

Por outro lado, para a componente de treino, foi criado no *PsychoPy* (2023.1.3; Peirce et al., 2019) apenas um ficheiro, seguindo as mesmas regras, mas com apenas 15 cenários visuais digitais com quadrados de matizes laranja e vermelho. Ao contrário dos ficheiros acima descritos, estes 15 cenários estão programados para não se repetirem. Nos casos em que o participante sentiu necessidade de repetir o treino, o mesmo ficheiro terá sido reiniciado.

Para mais detalhes sobre os modos de implementação utilizados nesta experiência, no programa indicado (incluindo a construção de rotinas, blocos e *loops*), passo a passo, poderá consultar o Tutorial disponível no *website* de Silva (2024).

3.3. Procedimento

3.3.1. Ambiente experimental

Os procedimentos foram realizados no Colégio Pedro da Fonseca da Universidade de Évora, onde se procurou ter um ambiente controlado, numa sala reservada para esta finalidade. Aquilo que se procura dizer com “ambiente controlado”, seria aquele que: (1) possuísse boa luminosidade, mesas e cadeiras; (2) estivesse livre de distrações e/ou ruídos e a uma temperatura adequada, que não afetassem a performance dos participantes; (3) incluísse um espaço fechado e completamente escuro, com tomadas e espaço suficiente para duas pessoas.

De forma a satisfazer estes princípios, foi escolhido um laboratório bem iluminado, com uma mesa para a realização dos procedimentos *a priori*, equipado com uma cabine escura e insonorizada *DemSox*TM onde foram realizados o teste de *Ishihara* (2003), as experiências de busca visual e os respetivos treinos. A cabine em questão continha uma janela (previamente tapada com cartolinas pretas), tomadas e uma mesa: onde foi colocado um candeeiro que simulasse as condições da luz do dia (lâmpada em

LED, de 51 *Watts* e 6000 *Kelvin*; Petrinska et al., 2019), colocado a 90 cm, na vertical, tal como o computador e o rato com o seu tapete.

Neste sentido, procurou-se que as experiências fossem realizadas entre as 08h da manhã e as 17h da tarde. Esta decisão terá sido tomada em virtude da ausência de controlo sobre as condições a que os participantes se encontram submetidos fora do laboratório. Afinal, a literatura aponta que a perceção visual humana tende a ter uma saturação mais baixa e perder alguma acuidade durante a noite, comparativamente com condições de luz diurna (Zhou et al., 2009), justificando, paralelamente, a simulação destas condições luminosas durante o procedimento.

3.3.2. Seleção dos Participantes

Para o Estudo 1, procedeu-se, ao cálculo da dimensão mínima da amostra, *a priori*, que revelou ser de 14, para realizar uma ANOVA mista com dois grupos e 48 medições, recorrendo ao *G*Power* (v.3.1), considerando uma probabilidade de erro de tipo I de .044, de tipo II de .80 e uma magnitude de efeito de .25, calculada como no *SPSS*. Para o Estudo 2, o cálculo, *a priori*, da dimensão mínima da amostra com os mesmos parâmetros, resultou num $N = 20$. Como já foi referido, participaram no estudo 36 jovens-adultos, quase o dobro da dimensão mínima da amostra calculada no *G*Power* para o Estudo 1 e quase duplicando a calculada para o Estudo 2.

Após a preparação do contexto, deu-se início ao contacto dos participantes por via telefónica ou presencial, para explicar resumidamente a finalidade e carácter não remunerado do estudo, assim como o local e a duração (aproximadamente 30 minutos) das tarefas necessárias e, por fim realizar o pedido de colaboração.

Recebida a devida confirmação verbal, foi agendada uma hora (entre as 08h e as 17h) e data de conveniência para a realização da experiência.

Na hora agendada, em primeira instância procedeu-se à apresentação e assinatura de um consentimento informado aprovado pela Comissão de Ética da Universidade de Évora, através do qual, o participante tomou conhecimento sobre o tipo, tempo de preservação e garantia de confidencialidade dos dados pessoais recolhidos, do carácter voluntário e não remunerado desta investigação, assim como do seu objetivo geral e pouco elaborado, de forma a atender a enviesamentos de características de exigência/pedido (Corneille & Lush, 2023).

3.3.3. Administração dos Materiais de Rastreio

Apenas o Teste de Cores de Ishihara (2003) foi heteroadministrado. A decisão em questão fundamentou-se na função crucial que o investigador desempenha como

administrador, para evitar enviesamentos derivados, por exemplo de aprendizagens externas ao procedimento, ao pedir aos participantes que indiquem/confirmem com o dedo indicador a localização dos números em cada cartão. Foram aplicados os 15 primeiros cartões do Teste de Cores de Ishihara (2003) para rastreio e exclusão de participantes com os dois défices mais comuns na identificação de certas cores (i.e., daltonismo e acromatopsia). Os cartões foram apresentados em formato digital, via apresentação *Microsoft 365 Powerpoint*, no mesmo sistema eletrónico computadorizado já descrito na subsecção 3.2.4.. A decisão de administrar o teste em formato digital, fundamentou-se em investigações passadas, nas quais versões eletrónicas deste instrumento, provaram ser tão válidas para rastreio de deficiências de visão cromática quanto a versão original (Marey et al., 2015; Van Staden et al., 2018).

Procurou-se simular condições ambientais que evitassem alterações de tonalidades e favorecessem a perceção visual. Neste sentido, os cartões foram aplicados dentro da cabine insonorizada *DemSox™* descrita em 3.3.1., preparada com condições de iluminação próximas à luz do dia (Zhou et al., 2009). Adicionalmente, tal como em investigações anteriores (Van Staden et al., 2018), as recomendações do autor para utilização dos cartões em papel, foram adaptadas a um monitor eletrónico. Nesta lógica, o monitor foi ligeiramente inclinado e colocado a 75 cm da linha de visão do participante, algo que permitiu manter um ângulo de 90° entre os cartões de teste e os olhos do participante, para evitar eventuais reflexos luminosos (Ishihara, 2003; Van Staden et al., 2018).

Cada participante teve cerca de três segundos para identificar os algarismos presentes em cada um dos primeiros 15 cartões, apontando a sua localização com o dedo indicador. As respostas foram concomitantemente anotadas pelo investigador na folha de registo. Nos casos onde os participantes pontuassem abaixo de nove, o investigador encontrou-se preparado para proceder à distinção do seu tipo défice visual, deuteranópico ou protanópico, através dos cartões de diagnóstico para esta finalidade (Ishihara, 2003). Caso houvesse resultados indicativos de défices, os participantes não integrariam a amostra final, algo que efetivamente não se verificou.

Procedeu-se, depois deste rastreio, à aplicação de um questionário sociodemográfico (ver 3.2.2.) de autorrelato, contemplando questões sobre informações sociodemográficas importantes e para rastreio e exclusão de participantes. Para evitar quaisquer ambiguidades sobre o objetivo das questões, o investigador realçou a sua disponibilidade para o esclarecimento de quaisquer dúvidas. Foi excluído apenas um

participante, por possuir uma condição de déficit visual e não estar a utilizar óculos ou lentes de contacto para a corrigir durante a tarefa.

Por fim, os participantes responderam ao questionário à versão portuguesa da *Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)*: Gonçalves & Fagulha, 2004; Radloff, 1977). Dois participantes foram excluídos devido a este critério e encaminhados para avaliação posterior, mais aprofundada.

Posteriormente à comunicação dos resultados e consequente exclusão dos três potenciais participantes, foi dada a possibilidade de participar no estudo, ainda que não fossem considerados os seus resultados, entretanto declinada por dois deles.

3.3.4. Tarefa Experimental

Dentro da cabine insonorizada, antes de se iniciarem as experiências de busca em cenários visuais verificou-se sempre se a lâmpada do candeeiro se encontrava a 90 cm, na vertical, da mesa. Neste seguimento, de forma a possibilitar uma linha direta de visão entre o ecrã e o campo visual do participante, e evitar simultaneamente, reflexos luminosos da luz da lâmpada localizada acima do computador, assim como movimentos não oculares que possam enviesar os resultados: os materiais estimulares foram apresentados num ecrã vertical, com dimensões de 36cm x 20cm (Cavanagh et al., 1990; Ishihara, 2003; Marey et al., 2015; Van Staden, 2018), com a linha de visão do participante centrada na interseção dos meridianos horizontal e vertical do ecrã, e a localização da cabeça foi fixada à distância de 53 cm por meio de um suporte de queixo e testa (*Chinrest*), capaz de restringir alguns movimentos indesejados.

Além de promover o conforto, este último cuidado também pretendeu auxiliar o participante a voltar a centralizar o foco do ângulo visual no ponto de fixação (cruz preta), que surge no centro do ecrã cinzento durante 250 ms, entre os cenários (Burigo & Knoeferle, 2014).

Nesta sequência, o pedido de pressionar a tecla esquerda ou direita do rato com o respetivo dedo indicador, dependendo da condição de Presença/Ausência de alvo, apesar da sua relativa simplicidade, não deixa de ser uma tarefa motora, de carácter repetitivo. Neste sentido, em conformidade com a exigência da tarefa, destaca-se a necessidade de começar por praticá-la. Assim, os participantes começaram por treinar a tarefa em 15 cenários, apresentados no programa *PsychoPy* (2023.1.3; Peirce et al., 2019), onde se esperava que procurassem um quadrado alvo de matiz laranja entre distratores vermelhos. Este treino foi repetido tantas vezes quanto o participante considerasse necessárias para

executar a tarefa de forma eficiente e precisa, cabendo ao investigador ler as instruções e esclarecer possíveis dúvidas.

Terminada a componente de treino, a administração das tarefas experimentais seguiu uma lista de ficheiros que implementaram as 12 possíveis disposições. Assim, cada participante iniciou a tarefa experimental principal com um certo par de cores “alvo/distrator”, que combinasse dois dos matizes em estudo (azul, verde e amarelo), seguido do seu par inverso (A1 ou A2). Posto isto, após um intervalo de três a cinco minutos (ou mais se o participante necessitar), prosseguiu para as duas versões do par seguinte (B1 ou B2), e o mesmo para o último (C1 ou C2). Assim, em cada experiência (envolvendo apenas um par de matizes), 12 participantes ($n =$ seis homens e seis mulheres) seguiram a ordem primária (ABC1... ACB1...), outros 12 (igualmente divididos por sexo) realizaram a ordem secundária (ABC2...ACB2...) e a última dúzia prosseguiu com ordens seleccionadas aleatoriamente.

Destacamos que, em contraste com a componente de treino, as instruções foram fornecidas exclusivamente na tela de computador, não existindo assistência ou esclarecimento de dúvidas. Além disto, as tarefas experimentais estão programadas para serem realizadas duas vezes para cada par e o seu inverso. Adicionalmente, atendendo aos lapsos cometidos (apesar de serem desencorajados), foi considerada uma taxa de erros de 50% para controlar a integração/exclusão de participantes com resultados suficientemente válidos na amostra final.

3.3.5. Estudo Piloto

Foi realizado um estudo piloto, com onze participantes (três rapazes e oito raparigas), voluntários e seleccionados por métodos não probabilísticos de conveniência e técnica de bola de neve. No seu decorrer, foram realizadas perguntas de autorrelato sobre o processo, com o objetivo de testar os instrumentos e condições do contexto da recolha de dados, de forma a tentar garantir a viabilidade do ambiente e maximizar o conforto dos participantes durante as tarefas experimentais. Este estudo inicial, procurou ainda aperfeiçoar a familiarização do investigador com o procedimento e com o processo de conversão dos ficheiros do *PsychoPy* em formato *Excel* para posterior análise. O pedido foi por este motivo idêntico ao dos restantes participantes.

Foram então apontadas algumas observações: (1) Nove dos onze participantes indicaram uma maior dificuldade de distinção do par verde-amarelo; (2) alguns participantes necessitaram de repetição do treino; (3) durante o procedimento, o investigador reparou na falta de uniformidade de postura entre participantes e

consequentes alterações de distância/ângulo visual dos estímulos; (4) a aplicação das provas e da experiência em si foram cronometradas - durando cinco e vinte minutos, respetivamente.

De acordo com as constatações recebidas, o procedimento sofreu alguns ajustes tais como a adição de um novo equipamento (viz., uma mentoneira, para restrição de movimentos da cabeça), a mudança de inclinação do ecrã (de 120° para 90°, para evitar reflexos luminosos), que permitissem recolher dados mais precisos. Adicionalmente, destaca-se o acrescento de um ponto de fixação (cruz preta), que surge no centro do ecrã cinzento durante 250 ms, entre os cenários, no fundo uma oportunidade de recentralização entre as dijunções, para alinhar a metodologia da presente investigação com os parâmetros de estudos semelhantes atuais (Burigo & Knoeferle, 2014). Por fim, entre momentos, foi acrescentado um novo item ao questionário sociodemográfico [Possui alguma condição que possa diminuir a sua acuidade visual (e.g., resolvida ou não através da utilizam óculos ou lentes de contacto)?], para se conseguir contabilizar esse parâmetro.

Como últimas observações, sublinha-se que: (1) o tempo médio de preenchimento da instrumentação e da realização da experiência manteve-se semelhante (cinco a seis e 19 a 20 minutos, especificamente); (2) devido à importância de controlar mudanças de humor mais ou menos depressivo, do primeiro para o segundo momento, três meses depois, o *CES-D* (Gonçalves & Fagulha, 2004) voltou a ser aplicado aos participantes da amostra final, que integraram a amostra do estudo piloto.

3.3.6. Análise de Dados

Ulteriormente a cada procedimento experimental, o próprio programa *PsychoPy* (2023.1.3; Peirce et al., 2019) registou e disponibilizou os resultados de erros e TR relativos, em ms, através de um ficheiro em *Microsoft Excel 2019 MSO™* (versão 2406 Build 16. 0. 17726. 20078) *64-bit*. Para o Estudo 1, tendo em conta os fatores “Número de elementos” (viz., os três níveis de 4, 8 e 12 quadrados coloridos), “alvo Presente/Ausente” (viz., 2 níveis) e “Par de matizes” (viz., azul, verde e amarelo, como alvos e distratores = 6), foram respetivamente calculadas as médias dos TR. Por outro lado, no ficheiro considerado no Estudo 2, foram eliminados os resultados alusivos a cenários sem alvo e o fator de dois níveis “alvo Presente/Ausente” foi substituído por “Localização”, também este de dois níveis (viz., CVE e CVD).

Efetuosos o registo das informações recolhidas pelos materiais de rastreio e a organização apropriada das colunas de dados, realizou-se a sua exportação para o *IBM*

*SPSS Statistics*TM para *Windows 11* (versão 28.0), dando início aos tratamentos estatísticos.

No *SPSS*, procedeu-se ao Estudo 1 (TR médios em ms), no qual se realizou uma ANOVA fatorial mista para três fatores intra-grupo [“Pares” (seis níveis/condições = combinações de pares dos três matizes) x “Número de elementos” (três níveis/condições = 4, 8 e 12) x “alvo Presente/Ausente” (dois níveis/condições)] e um fator entre-grupos [“Sexo” (masculino e feminino)]. No Estudo 2 o fator “alvo Presente/Ausente” foi substituído pelo fator “Localização” (dois níveis/condições), mantendo o tipo de análise estatística.

Complementarmente, considerando a robustez das ANOVAs mistas para o pressuposto estatístico de normalidade quando a esfericidade é garantida (Blanca et al., 2023b), procedeu-se em todos os estudos, somente à verificação dos pressupostos de homogeneidade de variâncias do erro da matriz de covariâncias (viz., teste de Levene) e da sua esfericidade (viz., teste de esfericidade de *Mauchly*). Sempre que a esfericidade não fosse garantida, recorreu-se à correção de *Greenhouse-Geisser*, indicada para controlo de erro de tipo I, inclusive em amostras pequenas (Akobeng, 2016; Blanca et al., 2023a). Apreciou-se ainda a significância estatística (p), considerando o valor de probabilidade de erro de tipo I de .05 e, complementarmente, as respetivas magnitudes de efeito (Cohen, 1988). Também se procedeu à análise de contrastes polinomiais na ANOVA. Adicionalmente, efetuou-se a comparação de médias aparadas a 5% com as médias simples, para verificar o impacto de possíveis *outliers*.

4. Resultados

“I shall mix together results which may prove to be of scientific importance ... even though we cannot see that it has any ultimate importance in nature.”

Eddington, Arthur

4.1. Estudo 1: Tempos de Reação na Perceção de Presença/Ausência de Alvo

A análise de dados decorreu de uma ANOVA mista efetuada com dados de TR brutos. Posto isto, calcularam-se as médias aparadas (viz., do inglês “*trimmed*”) em 5% para todas as condições, facultando a constatação da sua proximidade às médias simples, indicando um impacto ténue de potenciais *outliers*. Foi também observada a homogeneidade das variâncias do erro dos TR para todas as condições (F_{Levene} entre 9.15×10^{-6} -4.13; $p \geq .050$). Por outro lado, a respeito da esfericidade, o teste de *Mauchly* demonstrou que este pressuposto foi violado nas condições Pares (W de *Mauchly* = .19, $\chi^2(14) = 53.55$; $p < .001$), Pares x alvo Presente/Ausente (W de *Mauchly* = .47, $\chi^2(14) =$

24.04; $p = .046$), Pares x Número de Elementos (W de Mauchly = 9.173×10^{-4} , $\chi^2(54) = 213.10$; $p < .001$) e Pares x alvo Presente/Ausente x Número de Elementos (W de Mauchly = $.01$, $\chi^2(54) = 131.70$; $p < .001$), pelo que se recorreu nestes casos à correção de *Greenhouse-Geisser*.

Quanto aos resultados da ANOVA mista realizada, como se pode constatar na Tabela 2, não se observaram quaisquer interações de primeira ordem estatisticamente significativas, contudo são reportados dois efeitos principais que o foram: Pares, com uma magnitude de efeito elevada, e Número de Elementos (NE), com uma magnitude de efeito moderada. Entretanto, também as interações de segunda ordem não foram estatisticamente significativas, não sendo apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2

Tempos de Reação (TR): Resultados da ANOVA Mista do Estudo 1

Condições	$gl_{(Efeito)}$	$gl_{(Erro)}$	MQ	F	P	η^2_p	d
Pares	2.96	100.78	.19	8.88	< .001	.21	1.03
Presente/Ausente	1.00	34.00	.01	.62	.436	.02	.29
NE	1.87	63.59	.01	3.59	.036	.10	.67
Sexo	1.00	34.00	.70	2.71	.109	.07	.55
Pares x Presente/Ausente	3.80	129.25	.01	2.08	.090	.06	.51
Pares x NE	3.41	115.92	.02	1.79	.147	.05	.46
Pares x Sexo	2.96	100.78	.004	.18	.909	.01	.20
Presente/Ausente x NE	1.83	62.19	.01	1.84	.171	.05	.46
Presente/Ausente x Sexo	1.00	34.00	.01	1.74	.197	.05	.46
NE x Sexo	1.87	63.59	.001	.81	.440	.02	.29

Nota. MQ = média dos quadrados; η^2_p = magnitude de efeito parcial; NE = Número de Elementos.

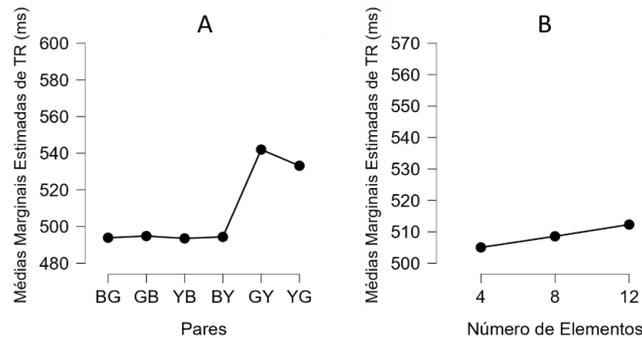
Os valores do “ d ” de Cohen foram calculados no *website* https://psychometrica.de/effect_size.html a partir do η^2_p .

No Painel A da Figura 3 pode observar-se que não houve qualquer alteração impressiva quanto aos TR de BG a BY, uma vez que o traçado é paralelo ao eixo das abcissas, aumentando o TR entre o BY e o GY e mantendo-se elevado no YG. Presume-

se, assim, que o resultado do fator Pares na Tabela 2 ficou a dever-se a esse aumento. No Painel B, observa-se que o resultado do fator NE na Tabela 2 ficou a dever-se a um aumento progressivo do TR em função do aumento do número de elementos presentes nos cenários.

Figura 3

Médias de TR: Pares e Número de Elementos (NE)



Nota. BG = distratores azuis com alvo verde; GB = distratores verdes com alvo azul; YB = distratores amarelos com alvo azul; BY = distratores azuis com alvo amarelo; GY = distratores verdes com alvo amarelo; YG = distratores amarelos com alvo verde.

Acresce a existência de um contraste quadrático [$F(1, 34) = 5.56, p = .024, \eta^2_p = .14, d = 0.81$] no fator Pares, que denota uma tendência de subida de TR a partir do par BY, corroborando as constatações da inspeção visual (Figura 3, Painel A).

Já no fator Número de Elementos pode observar-se um contraste linear o estatisticamente significativo [$F(1, 34) = 9.05, p = .005, \eta^2_p = .21, d = 1.03$] que denota uma tendência de subida dos TR através do número de elementos, corroborando as constatações da inspeção visual (Figura 3, Painel B).

4.2. Estudo 2: Tempos de Reação na Percepção de Alvo em Diferentes Localizações

No presente estudo efetuou-se uma *ANOVA* mista com dados brutos de TR correspondentes a metade dos cenários da tarefa experimental (*viz.*, correspondentes aos cenários com alvo). Voltaram a calcularam-se as médias aparadas em 5% para cada uma das condições, para observar a sua proximidade às médias simples, voltando a indicar um fraco impacto de potenciais *outliers*. Constatou-se a homogeneidade das variâncias do erro dos TR para todas as condições (F_{Levene} entre 8.40×10^{-5} -3.13; $p \geq .050$), exceto nas condições 11 distratores verdes com alvo azul localizado no CVD ($F_{Levene} = 6.73; p =$

.014) e 11 distratores azuis com alvo amarelo no CVE ($F_{Levene} = 5.43$; $p = .026$). O pressuposto da esfericidade, foi violado nas condições Pares (W de Mauchly = .06; $\chi^2(14) = 92.70$; $p < .001$), Pares x Número de Elementos (W de Mauchly = .02; $\chi^2(54) = 116.70$; $p < .001$), Pares x Localização (W de Mauchly = .30; $\chi^2(14) = 41.83$; $p < .001$) e Pares x Número de Elementos x Localização (W de Mauchly = .01; $\chi^2(54) = 155.90$; $p < .001$), pelo que se recorreu nestes casos à correção de *Greenhouse-Geisser*.

Dentre os resultados da ANOVA mista realizada, como se pode constatar na Tabela 3, observaram-se efeitos principais estatisticamente significativos nas condições Pares, Localização e Número de Elementos. No fator Localização, constatou-se uma magnitude de efeito elevada. Também se observou uma interação de primeira ordem no fator Pares x Número de Elementos. As interações de segunda ordem não foram estatisticamente significativas, não sendo por isso apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3

Tempos de Reação (TR): Resultados da ANOVA Mista do Estudo 2

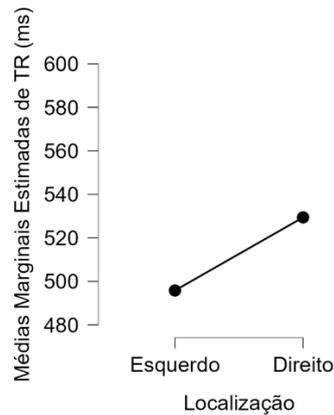
Condições	$gl_{(Efeito)}$	$gl_{(Erro)}$	MQ	F	p	η^2_p	d
Pares	2.20	74.61	.23	5.48	.005	.14	.81
Localização	1.00	34.00	.37	39.36	< .001	.54	2.17
NE	1.83	62.20	.03	5.18	.010	0.13	.77
Sexo	1.00	34.00	1.06	3.98	0.054	0.11	.70
Pares x Localização	3.37	114.53	.003	.41	.770	.01	.20
Pares x NE	5.69	193.56	.02	2.33	.037	.06	.51
Pares x Sexo	2.19	74.61	.02	.43	.673	.01	.20
Localização x NE	2.00	67.00	.001	.22	.802	.01	.20
Localização x Sexo	1.00	34.00	.02	2.50	.126	.07	.55
NE x Sexo	1.83	62.20	.01	1.02	.360	.03	.35

Nota. MQ = média dos quadrados; η^2_p = magnitude de efeito parcial; NE = Número de Elementos. Os valores do “ d ” de Cohen foram calculados no *website* https://psychometrica.de/effect_size.html a partir do η^2_p .

Na Figura 4 observa-se um aumento de TR na condição CVE face à condição alvo CVD, traduzindo o resultado encontrado neste fator (Tabela 3).

Figura 4

Médias de TR: Localização

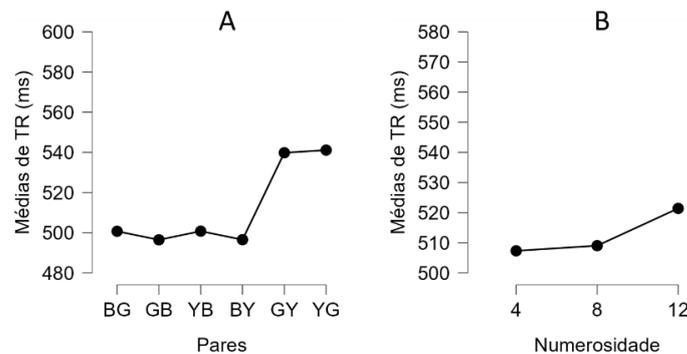


Nota. Esquerdo = campo visual esquerdo (CVE); Direito = campo visual direito (CVD).

No Painel A da Figura 5 pode observar-se que não houve qualquer alteração impressiva quanto aos TR de BG a BY, uma vez que o traçado é paralelo ao eixo das abcissas. Contudo, os TR parecem aumentar entre o BY e o GY e a manter-se elevados no YG. Presume-se assim que o resultado do fator Pares na Tabela 3 ficou a dever-se a esse aumento. No Painel B, observa-se que o resultado do fator NE na Tabela 3 ficou a dever-se a um aumento progressivo dos TR em função do aumento do número de elementos presentes nos cenários, mais acentuado na condição 12 elementos.

Figura 5

Médias de TR: Pares e Número de Elementos



Nota. BG = distratores azuis com alvo verde; GB = distratores verdes com alvo azul; YB = distratores amarelos com alvo azul; BY = distratores azuis com alvo amarelo; GY = distratores verdes com alvo amarelo; YG = distratores amarelos com alvo verde.

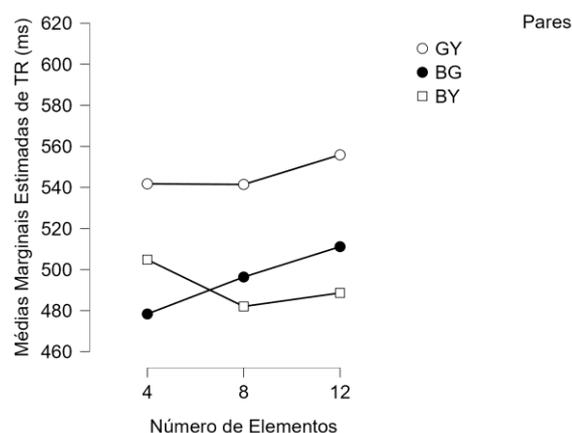
Acresce, tal como no estudo anterior, a existência de um contraste quadrático estatisticamente significativo para o fator Pares [$F(1, 34) = 9.77, p = .004, \eta^2_p = .22, d = 1.06$], que denota uma tendência de subida de TR a partir do par BY. Assim corroboram-se as observações da inspeção visual (Figura 5, Painel A).

Entretanto, acrescenta-se a existência de um contraste linear estatisticamente significativo no fator Número de Elementos [$F(1, 34) = 12.41, p = .001, \eta^2_p = .27, d = 1.22$] que denota uma tendência de subida dos TR através do número de elementos.

No que concerne à apreciação das interações entre os fatores Pares e Número de Elementos, foram calculadas duas médias consecutivas: as médias dos pares com as mesmas cores, e as médias correspondentes às diferentes localizações (CVE e CVD). Desta forma, para o cálculo da ANOVA, o fator Pares passou a apresentar três condições (vs. 6). Na Figura 6 é possível constatar que um dos três traçados, o do par GY, se encontra visivelmente mais acima no eixo Y, com maiores TR. Além disso, observa-se no comportamento dos declives um paralelismo entre os pares GY e BG, com aumento dos TR em função do aumento do número de elementos, contrastando com o par BY onde a tendência é descendente. A análise estatística corroborou a inspeção visual evidenciando um contraste linear-linear entre os fatores [$F(1, 34) = 155.21, p < .001, \eta^2_p = .82, d = 4.27$].

Figura 6

Médias de TR: Pares x Número de Elementos



Nota. GY = combinação (médias) das condições de distratores e alvos verdes e amarelos; BG = combinação (médias) das condições de distratores e alvos azuis e verdes; BY = combinação (médias) das condições de distratores e alvos azuis e amarelos.

5. Discussão

“... all our experiments ... cannot be interpreted except by theory. It is ... the use of our critical faculties in discussing and comparing our theories that make it possible for our knowledge to grow.”

Popper, Karl

Com a presente investigação procurou-se contribuir para o desenvolvimento dos estudos sobre percepção da cor em jovens-adultos, através da análise de consequências funcionais deste processo pré-atentivo nesta faixa etária (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985; Treisman, 1993, 2006; Wolfe, 2001), sabendo da existência de um processamento modular (Fodor, 1983) da cor em adultos jovens e mais velhos (Colaço, 2005), que também foi observado neste estudo.

Perseguiram-se três objetivos tomando em consideração certas *nuanças* contraditórias na literatura: (1) percepção mais desafiante e menos eficiente de matizes com CO mais próximos no espectro de luz, como o azul-verde ou verde-amarelo (Boyton & Smallman, 1990; Duncan, 1989; Treisman & Gormican, 1988; Treisman, 1999a) e processados por canais perceptivos diferentes, como azul-amarelo (Hering, 1878) vs. ausência de diferenças de TR na percepção dos mesmos matizes (Mendes, 2015); (2) maior facilidade de percepção cromática nas mulheres, no geral (Jaint et al., 2010) e para CO curtos, tal como maior dificuldade dos homens para CO médios (Abramov et al., 2012a) vs. ausência de diferenças entre os sexos (Mendes, 2015); (3) também se consideraram resultados aprofundáveis, através da realização de buscas visuais de disjunções de cores e de comparações entre os sexos em estudos de assimetrias hemisféricas da cor (Poynter & Roberts, 2012), que não consideraram este tipo de tarefa e análise.

Relembrando os objetivos: (1) estudar na percepção cromática entre CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no espectro de luz visível; (2) analisar, *nuanças* entre os sexos na capacidade de percepção de matizes com CO curtos e médios, processados por canais oponentes iguais ou por canais diferentes, com maior ou menor proximidade de CO no

espectro de luz visível; (3) explorar assimetrias hemisféricas globais e entre os sexos na percepção de matizes.

Com estes objetivos em mente, adotou-se o paradigma de busca visual de disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001) para analisar TR na tarefa de detecção da Presença/Ausência de alvos correspondentes a um certo matiz (e.g., amarelo). Esse alvo foi apresentado com uma localização variável através dos quatro quadrantes do campo visual esquerdo e direito (CVE e CVD) dos cenários visuais. Os alvos encontravam-se no meio de distratores de um outro matiz (e.g., verde), em situações de dificuldade variável consoante o aumento da sua densidade perceptiva entre cenários (Treisman & Souther, 1985), no caso presente quatro, oito e 12 elementos. A tarefa indicada foi operacionalizada no programa *PsychoPy*.

Note-se, também, que a análise dos resultados obtidos se realizou no programa *SPSS* através de uma ANOVA mista, detecção de *outliers* e inspeções de contrastes. A sua discussão organizou-se de acordo com o tipo de variáveis independentes estudadas separadamente: primeiro alvo Presente/Ausente, com todos os cenários e, depois, Localização, com somente os cenários com alvo.

A respeito dos resultados do Estudo 1, dedicado à exploração de TR na percepção de presença/ausência de alvo, observou-se no gráfico e na primeira inspeção de contrastes uma maior dificuldade em ambas as formas de apresentação dos pares de matizes amarelo e verde (tanto como alvos, como distratores). Este par de matizes processados por canais diferentes tem CO médios e mais próximos no espectro de luz visível face aos outros pares. Mais pormenorizadamente, em comparação com as duas versões do par azul-amarelo, com CO curtos e médios, mais afastados no espectro e processados pelo mesmo canal oponente, tal como ambas as formas do par azul-verde, com CO curtos e médios, mas mais próximos e processados por canais diferentes.

Conjugando as duas teorias clássicas, os resultados de TR na presente investigação, efetuados num fundo neutro, não parecem ir ao encontro dos pressupostos da Teoria do Processo Oponente (Hering, 1878), uma vez que nos jovens-adultos não se constatarem efeitos de maior dificuldade (TR mais elevados) em matizes processados pelo mesmo canal oponente (viz., azul-amarelo). Por esse motivo, corroboram a literatura que aponta para uma facilidade na faixa dos jovens-adultos quanto à percepção entre matizes processados pelo mesmo canal oponente (Mendes, 2015).

Entretanto, no que concerne aos CO (Teoria Tricromática; Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802), observou-se que uma maior proximidade no espectro, e

consequente similaridade dos matizes, poderá ter aumentado a dificuldade de percepção do verde e do amarelo, quando foram apresentados simultaneamente. Este resultado vai ao encontro da literatura, onde se verifica uma influência da dimensão física da proximidade e consequente semelhança de CO (e.g., azul-verde; amarelo-verde) em buscas visuais de disjunções, ao nível funcional (Boyton & Smallman, 1990; Duncan, 1989; Treisman & Gormican, 1988; Treisman, 1999a). O mesmo não pode ser apontado nos resultados de jovens-adultos de Gilbert (1957), quanto ao processamento ao nível periférico. No estudo em questão, o efeito de dificuldade relacionada à proximidade de CO, neste nível de registo, só surgiu nos mais velhos, particularmente entre os pares vizinhos (no espectro) azul-verde e amarelo-vermelho, onde o primeiro, mais difícil de perceber, possui CO particularmente mais próximos. Note-se, ainda, que os CO dos pares indicados se encontram mais afastados do que verde-amarelo. Esta conjectura parece sugerir um início do desenvolvimento deste efeito em idades mais jovens, ao nível funcional, de ordem superior, mas ainda pré-atentivo (Colaço et al., 2004).

Consequentemente, conjugando os pressupostos das Teorias de Fodor (1983) e de Zonas do Caminho Visual (Müller; 1930; Judd; 1949), assim como os conhecimentos advindos das aproximações fisicalistas do fenómeno perceptivo da cor (e.g., Abramov et al., 2012a; Daintith & Martin, 2010; Warrant & Johnsen, 2013), é possível que estas dificuldades perceptivas relativas à informação visual advinda da retina, responsável pela absorção e transdução dos CO (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802), encontrem a sua origem, após o seu processamento ao nível periférico. Por outras palavras, as consequências funcionais observadas poderiam ser atribuídas a um fenómeno ao nível algorítmico (Marr, 1980), de sobrecarga de informação visual proveniente do nível físico ou biológico/da implementação dos estados mentais (Marr, 1980; Pylyshyn, 1984). Neste contexto, a ispeção visual gráfica do comportamento dos declives e a constatação de um contraste quadrático estatisticamente significativo com uma magnitude de efeito elevada, no fator Pares também corroboram esta tendência discrepante de TR entre a maior dificuldade nos pares de matizes verde-amarelo face aos restantes.

Ainda no Estudo 1, no que respeita ao fator Número de Elementos, observou-se um contraste linear estatisticamente significativo, expresso através do traçado ascendente de TR que acompanha o aumento dos níveis do fator. Este resultado pode ser interpretado como indicador de uma diminuição de eficiência perceptiva nas condições em geral em função do aumento da densidade perceptiva, contrariando a tendência que se esperava

observar em buscas paralelas (Treisman & Souther, 1985). Contudo, apesar desta incongruência, a literatura não carece de relatos semelhantes aos da presente investigação. A título de exemplo, Carrasco e Frieder (1997) e Doshier et al. (2004) encontraram um aumento de TR com o número de elementos presentes no cenário durante buscas visuais de disjunções, atribuído à excentricidade dos alvos. No entanto, este fator não foi considerado no presente estudo, podendo ser controlado no desenho de investigações futuras.

No Estudo 2, focado em TR na Localização do alvo, observou-se que a amostra global foi significativamente mais rápida na percepção do matiz alvo no CVE, quando em comparação ao CVD, com uma magnitude de efeito elevada na ANOVA mista inicial. Esta assimetria hemisférica também consta na literatura de busca visual de disjunções de outras características básicas (e.g., “forma” e “orientação”; English et al., 2020; Poynter & Roberts, 2012). Os resultados apontam para uma alocação da percepção de alvos no CVE, atribuída a uma vantagem de processamento global do hemisfério direito, responsável pelo processamento da informação recebida do CVE (Teoria da Fóvea Dividida; Martin et al., 2007).

No Estudo 2 voltou-se a constatar a presença de um contraste quadrático significativo e com uma magnitude de efeito elevada, conciliável com a observação da inspeção visual de TR significativamente mais elevados nas condições que envolvem distratores ou alvos verdes e amarelos, face aos restantes. Mais uma vez, note-se que os participantes foram mais rápidos a identificar um alvo amarelo entre distratores azuis do que alvos amarelos entre distratores verdes. Nesta condição, o facto de os matizes serem processados pelo mesmo canal oponente não parece ter aumentado a dificuldade dos participantes durante a tarefa (Hering, 1878), corroborando novamente os resultados de Mendes (2015). Antes as relações de proximidade de CO, menor no caso do par azul-amarelo e maior no par verde-amarelo (Helmholtz, 1852; Maxwell, 1855; Young, 1802) parecem marcar a sua presença. Considerando estas observações, volta-se a referir a possibilidade de dificuldades perceptivas assentes na proximidade e similaridade dos CO dos matizes em estudo começar a surgir numa faixa etária mais jovem (jovens-adultos) do que se ponderava (adultos mais velhos; Gilbert, 1957), já mencionada na discussão dos resultados do Estudo 1.

Constatou-se novamente um contraste linear estatisticamente significativo e com magnitude de efeito elevada que aponta a diminuição da eficiência perceptiva cromática com o aumento do número de elementos ou densidade perceptiva. Este efeito contraria os

resultados relatados por Treisman e Souther (1985) e pode ser atribuído a fatores que se desviam dos objetivos da presente investigação (e.g., excentricidade dos elementos do cenário; Carrasco & Frieder, 1997; Doshier et al., 2004).

Na interação entre os fatores Pares e Número de Elementos voltou a observar-se uma maior dificuldade perceptiva (TR maiores) do par verde-amarelo com CO mais próximos entre si face aos restantes pares. Esta consequência funcional pode ser atribuída ao fenômeno já mencionado de sobrecarga de informação visual relacionada à proximidade de CO, ao invés de se conjecturar que dependeram do processamento pelo mesmo canal perceptivo (Hering, 1878).

Esta análise permitiu, ainda, constatar que a eficiência perceptiva cromática (i.e., observável nos declives de TR através dos diferentes níveis de NE) parece piorar com o aumento do número de elementos nas condições de pares com CO mais próximos no espectro (azul-verde e verde-amarelo) que apresentam traçados ascendentes e paralelos. Contudo, o mesmo não se verifica com o par com CO mais afastados no espectro da luz visível, o azul-amarelo, cujo traçado apresenta uma tendência descendente. Este efeito demonstra uma maior eficiência em função do aumento da densidade perceptiva, exclusivamente no par azul-amarelo, matizes processados pelo mesmo canal perceptivo. Desta forma, mais uma vez, os resultados da presente investigação contrariam os pressupostos de dificuldades derivadas de contigências de canais perceptivos defendidos por Hering (1878).

Em suma, no que toca a resultados relevantes para o primeiro objetivo, nos Estudos 1 e 2 observou-se uma maior dificuldade de percepção (TR maiores) ocorrida exclusivamente nos pares de matizes verde-amarelo. Estes matizes têm CO mais longos e próximos no espectro do que os outros considerados neste trabalho. Acresce que este par é processado por canais perceptivos diferentes, contrariamente ao par oponente azul-amarelo, com os CO mais afastados e no qual houve uma maior eficiência, relativamente aos restantes pares.

Pelo contrário, para o segundo objetivo, constatou-se a inexistência de diferenças entre sexos quanto à dificuldade e eficiência na percepção cromática, corroborando os resultados da investigação de Mendes (2015) e refutando os de Abramov et al. (2012a) e Jaint et al. (2010), algo que pode ser atribuído à diferença no tipo de processo mobilizado pelo procedimento: os primeiros *bottom-up* e os segundos *top-down*.

Quanto ao terceiro objetivo, observou-se no Estudo 2 uma maior facilidade de percepção de matizes no CVE, correspondente ao processamento no hemisfério direito,

que se traduziu em menores TR, tal como aconteceu com outras características básicas dos objetos (English et al., 2020; Poynter & Roberts, 2012). Mais ainda, neste estudo não se observaram diferenças quando à eficiência entre as duas condições (CVD e CVE).

No que toca a limitações deste trabalho, é importante realçar que, apesar de fundos cinzentos serem considerados acromáticos e conseqüentemente neutros (Rosenholtz et al., 2004), continuam a poder apresentar problemas de contraste com certos matizes. Dito isto, não serem utilizados outros fundos, desde branco a outros cinzentos ou preto, para fins comparativos, trata-se de uma limitação desta investigação dificilmente ultrapassável pela necessidade de criar um conjunto não razoável de cenários. Por outro lado, em termos de ameaças à sua validade externa, destaca-se a utilização de um método não probabilístico de seleção da amostra.

Sugere-se que estudos futuros procurem replicar o procedimento adotado nesta investigação, na mesma e em diferentes faixas etárias, tal como vários fundos e matizes. Matizes com CO mais longos como o vermelho, próximo do amarelo no espectro e processado pelo mesmo canal perceptivo que o verde. Este último par tem CO distantes no espectro, contudo mais próximos do que o par azul-amarelo. A inclusão deste matiz permitiria observar se se volta a observar uma maior dificuldade perceptiva e/ou uma menor eficiência em função de proximidade de CO, e não em função dos canais perceptivos, como parecem apontar os resultados deste trabalho. Note-se, ainda, que devido à necessidade de criar um conjunto de cenários demasiadamente extenso, os futuros investigadores devem ponderar a criação de múltiplos grupos para cada faixa etária, considerando os pares de matizes agora utilizados acrescidos do par verde-vermelho, em fundos diferentes. Acresce o benefício para o estudo do fenómeno da percepção da cor, analisar também a precisão, do inglês “*visual accuracy*”, ou seja, a proporção de acertos e de erros efetuados pelos participantes durante a tarefa de busca visual (Treisman & Souther, 1985), dados que foram tratados, mas não apresentados por razões de extensão deste texto.

Deve também ser mencionado que esta investigação beneficiaria de um estudo complementar que recorra a dispositivos de *eye tracking*, permitindo separar o tempo (em ms) de iniciação, ou seja da primeira “sacada ocular”, do tempo que se segue, conhecido por “*scanning*” ou fixação da região do alvo e, finalmente, do tempo de verificação, desde a fixação primordial até à resposta manual (Hollingworth & Bahle, 2020). Para além do mais, também poderão ser analisados alvos considerando as suas múltiplas excentricidades (algo que se afasta dos objetivos e método propostos), podendo contribuir

para a elaboração de possíveis razões para os resultados apontados no Estudo 2, permitindo o aprofundamento das evidências encontradas.

6. Conclusão

“... *there are few terms more free from ambiguity than the term equal ...*
Apparent Equality [and] Probable Equality.”

Jevons, William

O presente estudo experimental e exploratório, dedicado à análise de consequências funcionais na percepção da cor em jovens-adultos em função do nível de dificuldade e eficiência (TR) numa tarefa concebida de acordo com o paradigma de busca visual de disjunções (Treisman, 1986, 1993; Wolfe, 1998, 2001) permitiu formular algumas implicações teóricas e práticas.

Ademais, em termos da validade interna deste estudo, os resultados relativos à variável dependente de TR foram recolhidos por um programa de gestão de estímulos especializado para este efeito (*PsychoPy*, 2023.1.3; Peirce et al., 2019), numa amostra de dimensão muito superior à mínima calculada no *G*Power* para os dois Estudos. Também se mostrou o cuidado de utilizar cores prototípicas (Rosch, 1973; Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985) e um fundo cinzento neutro (acromático; Rosenholtz et al., 2004), de forma a não causar eventuais enviesamentos nos resultados originados pela tarefa.

Em relação às implicações teóricas para o desenvolvimento do estudo da percepção cromática em jovens-adultos. Quanto ao primeiro objetivo, encontraram-se evidências de maior dificuldade perceptiva cromática (TR maiores em comparação aos restantes pares) no par de matizes verde-amarelo, possivelmente atribuível a uma sobrecarga de informação relacionada à condição física de elevada proximidade de CO no espectro da luz, ao nível de processamento funcional. O fenómeno observado, associado a uma aparente/provável igualdade/semelhança dos matizes, corrobora investigações anteriores (Boyton & Smallman, 1990; Duncan, 1989; Treisman & Gormican, 1988; Treisman, 1999a). Em adição, em conformidade com o encontrado por Mendes (2015), não se corroborou a existência de uma significativa maior dificuldade perceptiva de matizes processados pelo mesmo canal oponente e com CO mais afastados no espectro, o par azul-amarelo, no qual se observou uma maior eficiência (i.e., um declive descendente de TR em função do aumento do número de elementos).

Quanto ao segundo objetivo, não se observaram diferenças entre os sexos na dificuldade ou eficiência perceptivas cromáticas, corroborando os resultados de Mendes (2015), com o mesmo paradigma do agora utilizado, mas contestando a dominância feminina observada por Joint et al. (2010), com um paradigma diverso. Também nesta investigação, não se corroborou uma maior dificuldade dos homens para perceberem CO médios ou uma maior facilidade das mulheres para perceberem CO curtos (Abramov et al., 2012a).

Quanto ao terceiro, observou-se a possibilidade de uma vantagem de processamento global de informação visual da cor no hemisfério direito, associada ao campo visual esquerdo (CVE), segundo a Teoria da Fóvea Dividida (Martin et al., 2007), já observada em estudos de busca visual de disjunções para outras características básicas (e.g., “forma” e “orientação”: English et al., 2020; Poynter & Roberts, 2012). No entanto, não se observaram diferenças entre sexos, ainda que tenha sido possível constatar que ambos apresentaram uma maior facilidade perceptiva no CVE.

Retomando o assunto da maior dificuldade (TR maiores) observada nesta investigação no caso de matizes com CO mais próximos no espectro (viz., verde-amarelo) acrescenta-se que apesar de este fenómeno não ter sido constatado na mesma faixa etária ao nível de processamento periférico, no estudo de Gilbert (1957), por se manter ao nível de processamento automático (e.g., Boyton & Smallman, 1990; Duncan; 1989), ou modular (Fodor, 1983), sugere-se que efetivamente ocorra pré-atentivamente.

Então, no domínio prático, a presente investigação poderá ser útil para clínicos que desejem realizar diagnósticos diferenciais de compromisso atencional com jovens-adultos. Os clínicos poderão utilizar (1) instrumentos de avaliação convencionais, que seguem regras técnicas psicométricas/neuropsicológicas, para avaliar processos de ordem superior (viz., compromisso cognitivo geral [e.g., *MMSE*; Folstein et al., 1975; Guerreiro et al., 1994] ou funcional específico [e.g., Parte A do *TMT*, para atenção; Tischler & Petermann, 2004]), através do estabelecimento de pontos de corte, conjuntamente com (2) procedimentos experimentais, como a tarefa realizada neste estudo. Conjugando-se os resultados dos dois procedimentos obter-se-á uma melhor precisão diagnóstica. O par verde-amarelo em fundo neutro, servirá para avaliar processos de ordem inferior, baseados num processamento modular da informação, utilizando critérios de origem teórica (*FIT*; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 2006). Com dados prévios de uma amostra normativa pode ser utilizado um procedimento estatístico de diagnóstico

individual de novos casos através do programa de equações de regressão de Crawford e Garthwaite (2006).

Por fim, a presente investigação também pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias e contextos facilitadores da aprendizagem e motivação dos estudantes universitários (Olurinola & Tayo, 2015; Wichmann, et al., 2002), evitando a utilização do par verde-amarelo em fundos neutros e incentivando a localização de elementos de destaque com matizes mais fáceis e eficientes de perceberem (i.e., azul-amarelo) no CVE em materiais utilizados em contextos académicos (Zufic & Kalpic, 2009).

Referências

- Abramov, I., Gordon, J., Feldman, O., & Chavarga, A. (2012b). Sex & vision I: Spatiotemporal resolution. *Biology of Sex Differences*, 3(20), 1-14. <https://doi.org/10.1186/2042-6410-3-20>
- Abramov, I., Gordon, J., Feldman, O., & Chavarga, A. (2012a). Sex & vision II: Color appearance of monochromatic lights. *Biology of Sex Differences*, 3(21), 1-15. <https://doi.org/doi:10.1186/2042-6410-3-21>
- Akobeng, A. K. (2016). Understanding type I and type II errors, statistical power and sample size. *Acta Paediatrica*, 105(6), 605-609. <https://doi.org/10.1111/apa.13384>
- Aligianis, I. A., Forsheu, T., Johnson, S., Michaelides, M., Johnson, C. A., Trembath, R. C., Hunt, D. M., Moore, A. T. & Maher, E. R. (2002). Mapping of a novel locus for achromatopsia (ACHM4) to 1p and identification of a germline mutation in the α subunit of cone transducin (GNAT2). *Journal of Medical Genetics*, 39(9), 656-660. <https://doi.org/10.1136/jmg.39.9.656>
- Bansal, H., Bhagat, L., Mittal, S., Tiwari, A. (2021). Image correction and identification of Ishihara test images for color blind individual. In P.K. Singh, S.T., Wierzchoń, S., Tanwar, M., Ganzha & J.J.P.C., Rodrigues (Eds.), *Proceedings of Second International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security*. (1st ed., Vol. 203, pp. 997-1005). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0733-2_70
- Batista, I. C., & Pereira, H. (2020). Mental health, resilience and HIV in older gay and bisexual men. *Educational Gerontology*, 46(9), 525-539. <https://doi.org/10.1080/03601277.2020.1785673>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: Desvendando o sistema nervoso* (C. Dalmaz, C. A. S. Gonçalves, C. Gottfried, D. M. Zancan, J.

- A. Quillfeldt, M. E. Calcagnotto, R. M. Rosat, T. M. Souza, Trans.; 4th ed.). Artmed. (Original work published 1995).
- Bell, E., Bryman, A., & Harley, B. (2022). *Business research methods* (6th ed.). Oxford University Press.
- Bettinger, R. L., Garvey, R., & Tushingham, S. (2015). *Hunter-gatherers: Archaeological and evolutionary theory* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7581-2>
- Bimler, D. L., Kirkland, J., & Jameson, K. A. (2004). Quantifying variations in personal color spaces: Are there sex differences in color vision? *Color Research & Application*, 29(2), 128-134. <https://doi.org/10.1002/col.10232>
- Birch, J. (2012). Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *Journal of the Optical Society of America A*, 29(3), 313-320. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.29.000313>
- Blanca, M. J., Arnau, J., García-Castro, F. J., Alarcón, R., & Bono, R. (2023a). Repeated measures ANOVA and adjusted F-tests when sphericity is violated: Which procedure is best? *Frontiers in Psychology*, 14(1), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1192453>
- Blanca, M. J., Arnau, J., García-Castro, F. J., Alarcón, R., & Bono, R. (2023b). Non-normal data in repeated measures ANOVA: Impact on type I error and power. *Psicothema*, 35(1), 21-29. <https://doi.org/10.7334/psicothema2022.292>
- Boyton, R., & Smallman, H. (1990). Visual search for basic vs. nonbasic chromatic targets. In M. H. Brill (Ed.), *Perceiving, measuring and using color. SPIE Proceedings* (1st ed., Vol. 1250, pp. 22-30). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.19696>
- Brouwer, G. J., & Heeger, D. J. (2009). Decoding and reconstructing color from responses in human visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 29(44), 13992-14003. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3577-09.2009>
- Brunetti-Pierri, R., Karali, M., Melillo, P., Di Iorio, V., De Benedictis, A., Iaccarino, G., Testa, F., Banfi, S., & Simonelli, F. (2021). Clinical and molecular characterization of achromatopsia patients: A longitudinal study. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijms22041681>
- Burigo, M., & Knoeferle, P. (2014). Keeping the eyes on a fixation point modulates how a symbolic cue orients covert attention. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 36(1), 278-283.

- Burwick, T. (2014). The binding problem. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 5(3), 305-315. <https://doi.org/10.1002/wcs.1279>
- Bynum, W. F., Porter, R., Messenger, S., & Overy, C. (Eds.). (2005). Oxford dictionary of scientific quotations. Oxford University Press.
- Caivano, J. L. (2022). Black, white, and grays: Are they colors, absence of color or the sum of all colors? *Color Research & Application*, 47(2), 252-270. <https://doi.org/10.1002/col.22727>
- Caligiuri, M.P., & Ellwanger, J. (2000). Motor and cognitive aspects of motor retardation in depression. *Journal of Affective Disorders*, 57(1-3), 83-93. [https://doi.org/10.1016/s0165-0327\(99\)00068-3](https://doi.org/10.1016/s0165-0327(99)00068-3)
- Campos, R. C., & Gonçalves, B. (2011). The Portuguese version of the Beck Depression Inventory-II (BDI-II). *European Journal of Psychological Assessment*, 27(4), 258-264. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000072>
- Campos, R. C., Besser, A., Abreu, H., Parreira, T., & Blatt, S. J. (2014). Personality vulnerabilities in adolescent suicidality: The mediating role of psychological distress. *Bulletin of the Menninger Clinic*, 78(2), 115-139. <https://doi.org/10.1521/bumc.2014.78.2.115>
- Campos, R. C., Simões, A., Costa, S., Pio, A. S., & Holden, R. R. (2019). Psychological pain and suicidal ideation in undergraduates: The role of pain avoidance. *Death Studies*, 6(1), 375-378. <https://doi.org/10.1080/07481187.2018.1554610>
- Carrasco, M. and Frieder, K. S. (1997). Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research*, 37(1), 63-82. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(97\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00152-1)
- Carruthers, P. (2003). *Phenomenal consciousness: A naturalistic theory*. Cambridge University Press.
- Castaneda, A. E., Tuulio-Henriksson, A., Marttunen, M., Suvisaari, J., & Lönnqvist, J. (2008). A review on cognitive impairments in depressive and anxiety disorders with a focus on young adults. *Journal of Affective Disorders*, 106(1-2), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2007.06.006>
- Cavanagh, P., Arguin, M., & Treisman, A. (1990). Effect of surface medium on visual search for orientation and size features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(3), 479-491. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.16.3.479>
- Chang, Y. C., & Reid, J. F. (1996). RGB calibration for color image analysis in machine

- vision. *IEEE Transactions on Image Processing*, 5(10), 1414-1422.
<https://doi.org/10.1109/83.536890>
- Clydesdale, F. M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(1), 83-101.
<https://doi.org/10.1080/10408399309527614>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Erlbaum.
- Colaço, N. M. R. V. (2005). *Modularidade da percepção da cor na mente em envelhecimento* [Tese de Doutorado não publicada]. Instituto Superior de Psicologia Aplicada.
- Colaço, N., Diniz, A. M., & Oliveira, A. M. (2005). Functional equivalence and trade-off between brightness and saturation in young-adults and old-aged. In J. S. Monahan, A. M. Sheffert, & J. T. Townsend (Eds.), *Fechner Day 2005: Proceedings of the 21st Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* (1st ed., Vol. 21, pp. 61-64). International Society for Psychophysics.
- Colaço, N., Diniz, A. M., & Oliveira, A. M. (2004, October). *Modularity and visual search: Colour perception asymmetries in youg-adults and old-aged* [Poster presentation]. Fechner Day 2004: 20th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, Coimbra, Portugal.
- Conway, B. R. (2009). Color vision, cones, and color-coding in the cortex. *The Neuroscientist*, 15(3), 274-290. <https://doi.org/10.1177/1073858408331369>
- Conway, B. R., & Livingstone, M. S. (2006). Spatial and temporal properties of cone signals in alert macaque primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 26(42), 10826-10846.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2091-06.2006>
- Corneille, O., & Lush, P. (2023). Sixty years after Orne's American psychologist article: a conceptual framework for subjective experiences elicited by demand characteristics. *Personality and Social Psychology Review*, 27(1), 83-101.
<https://doi.org/10.1177/10888683221104368>
- Crawford, J. R., & Garthwaite, P. H. (2006). Comparing patients' predicted test scores from a regression equation with their obtained scores: A significance test and point estimate of abnormality with accompanying confidence

- limits. *Neuropsychology*, 20(3), 259-271.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0894-4105.20.3.259>
- Crognale, M. A. (2002). Development, maturation, and aging of chromatic visual pathways: VEP results. *Journal of Vision*, 2(6), 438-450.
<https://doi.org/10.1167/2.6.2>
- Crone, R. A. (1999). *A history of color. The evolution of theories of lights and color*. Springer.
- Daintith, J., & Martin, E. (2010). *A Dictionary of science* (6th ed.). Oxford University Press.
- De Valois, R. L., Abramov, I., and Jacobs, G. H. (1966). Analysis of response patterns of LGN cells. *Journal of the Optical Society of America*, 56(7), 966-977.
<https://doi.org/10.1364/JOSA.56.000966>
- Deroy, O. (2015). Modularity of perception. In M. Matthen (Ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Perception* (1st ed., pp. 755-778). Oxford University Press.
- Derrington, A. M., Krauskopf, J., & Lennie, P. (1984). Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. *The Journal of Physiology*, 357(1), 241-265.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1984.sp015499>
- Di, Y., Li, M. Y., Qiao, T., & Lu, N. (2017). Edge detection and mathematic fitting for corneal surface with Matlab software. *International Journal of Ophthalmology*, 10(3), 336. <https://doi.org/10.18240%2Fijo.2017.03.02>
- Diniz, A. (2004). *Sobre essas coisas a que chamamos crenças*. Climepsi.
- Dosher, B. A., Han, S., and Lu, Z. L. (2004). Information-limited parallel processing in difficult heterogeneous covert visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(5), 1128-1144.
<https://doi.org/10.1037%2Fa0020366>
- Duncan, J. (1989). Boundary conditions on parallel processing in human vision. *Perception*, 18(4), 457-469. <https://doi.org/10.1068/p180457>
- Eisend, M. (2009). A meta-analysis of humor in advertising. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 37(2), 191-203. <https://doi.org/10.1007/s11747-008-0096-y>
- El Moussawi, Z., Boueiri, M., & Al-Haddad, C. (2021). Gene therapy in color vision deficiency: A review. *International Ophthalmology*, 41(1), 1917-1927.
<https://doi.org/10.1007/s10792-021-01717-0>
- Elliot, A. J., Fairchild, M. D., & Franklin, A. (Eds.). (2016). *Handbook of color psychology*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107337930>

- English, M. C., Maybery, M. T., & Visser, T. A. (2020). Magnitude of sex differences in visual search varies with target eccentricity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(1), 178-188. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01796-7>
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. MIT Press.
- Fodor, J. A. (2001). *The mind doesn't work that way: The scope and limits of computational psychology*. MIT/Brandforf Press.
- Foley, J., Van Dam, A., Feiner, S., K. & Hughes, J. (1996). *computer graphics, principles and practice* (2nd ed.). Addison Wesley Publishing Company Inc.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)
- Franklin, A., Bevis, L., Ling, Y., & Hurlbert, A. (2010). Biological components of colour preference in infancy. *Developmental Science*, 13(2), 346-354. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00884.x>.
- Gage, J. (1984). Colour and its history. *Interdisciplinary Science Reviews*, 9(3), 252-258. <https://doi.org/10.1179/isr.1984.9.3.252>
- Gaither, C. C. (2012). *Gaither's dictionary of scientific quotations* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1114-7>
- Gallistel, C. R. (1999). The replacement of general-purpose learning models with adaptively specialized learning modules. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (2nd ed., pp. 1179-1191). MIT.
- Gilbert, J. (1957). Age changes in color matching. *Journal of Gerontology*, 12(2), 210-215. <https://doi.org/10.1093/geronj/12.2.210>
- Gonçalves, B., & Fagulha, T. (2004). The Portuguese version of the Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D). *European Journal of Psychological Assessment*, 20(4), 339-348. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.20.4.339>
- Gordon, I. E. (2004). *Theories of visual perception* (2nd ed.). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.4324/9780203502259>
- Grassmann, H. (1853). Zur theorie der farbenmischung [Sobre a teoria da mistura de cores]. *Annalen der Physik*, 165(5), 69-84. <https://doi.org/10.1002/andp.18531650505>

- Grondin, S. (2016). *Psychology of perception* (1st ed.). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-31791-5_5
- Grubert, A., & Eimer, M. (2015). Rapid parallel attentional target selection in single-color and multiple-color visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *41*(1), 86-101. <https://doi.org/10.1037/xhp0000019>
- Grzybowski, A., & Kupidura-Majewski, K. (2019). What is color and how it is perceived? *Clinics in Dermatology*, *37*(5), 392-401.
<https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.008>
- Guellai, B., Callin, A., Bevilacqua, F., Schwarz, D., Pitti, A., Boucenna, S. & Gratier, M. (2019). Sensus communis: Some perspectives on the origins of non-synchronous cross-sensory associations. *Frontiers in Psychology*, *523*(10), 1-7.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00523>
- Guerreiro, M., Silva, A., & Botelho, M. (1994). Adaptação à população portuguesa da tradução do Minimental State Examination (MMSE). *Revista Portuguesa de Neurologia*, *1*(1), 9-10.
- Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M. E., & Brabyn, J. A. (1999). Seeing into old age: Vision function beyond acuity. *Optometry and Vision Science*, *76*(3), 141-158.
- Helmholtz, H. (1852) Über die theorie der zusammengesetzten farben [Sobre a teoria das cores compostas]. *Annalen der Physik*, *163*(9), 45-66.
<https://doi.org/10.1002/andp.18521630904>
- Hendrikx, E., Paul, J. M., van Ackooij, M., van der Stoep, N., & Harvey, B. M. (2022). Visual timing-tuned responses in human association cortices and response dynamics in early visual cortex. *Nature Communications*, *13*(1), 3952.
<https://doi.org/10.1038/s41467-022-31675-9>
- Hering, E. (1878). *Zur lehre vom lichtsinne* [Sobre a doutrina do sentido da luz]. Carl Gerold's Sohn.
- Hering, E. (1964). *Outlines of a theory of the light sense*. (L.M. Hurvich & D. Jameson, Trans., 3rd ed.). Harvard University Press. (Original work published 1905).
- Heywood, C. A., Gadotti, A., & Cowey, A. (1992). Cortical area V4 and its role in the perception of color. *Journal of Neuroscience*, *12*(10), 4056-4065.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.12-10-04056.1992>
- Hirnstein, M., Hugdahl, K., & Hausmann, M. (2018). Cognitive sex differences and hemispheric asymmetry: A critical review of 40 years of research. *Laterality*:

- Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 24(2), 204-252.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2018.1497044>
- Hochstein, S., & Ahissar, M. (2002). View from the top: Hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, 36(5), 791-804.
[https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)01091-7](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)01091-7)
- Hollingworth, A., & Bahle, B. (2020). Eye tracking in visual search experiments. *Spatial Learning and Attention Guidance*, 151(1), 23-35.
https://doi.org/10.1007/7657_2019_30
- Hsu, N. S., Frankland, S. M., & Thompson-Schill, S. L. (2012). Chromaticity of color perception and object color knowledge. *Neuropsychologia*, 50(2), 327-333.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.003>
- Hunt, D. M., Dulai, K. S., Bowmaker, J. K., & Mollon, J. D. (1995). The chemistry of John Dalton's color blindness. *Science*, 267(5200), 984-988.
<https://doi.org/10.1126/science.7863342>
- Hurvich, L. M., & Jameson, D. (1955). Some quantitative aspects of an opponent-colors theory. II. Brightness, saturation, and hue in normal and dichromatic vision. *Journal of the Optical Society of America*, 45(8), 602-616.
<https://doi.org/10.1364/JOSA.45.000602>
- Ishihara, S. (2003). *The series of plates design as a test for colour-deficiency*. Kanehara Trading Inc.
- Jacobs, G. H. (2014). The discovery of spectral opponency in visual systems and its impact on understanding the neurobiology of color vision. *Journal of the History of the Neurosciences*, 23(3), 287-314.
<https://doi.org/10.1080/0964704X.2014.896662>
- Jaint, N., Verma, P., Mittal, S., Mittal, S., Singh, A. K., & Munjal, S. (2010). Gender based alteration in color perception. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 54(4), 366-70.
- Jameson, K. A., Highnote, S. M., & Wasserman, L. M. (2001). Richer color experience in observers with multiple photopigment opsin genes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(1), 244-261. <https://doi.org/10.3758/BF03196159>
- Jiang, L., Wang, Y., Zhang, Y., Li, R., Wu, H., Li, C., Wu, Y. & Tao, Q. (2019). The reliability and validity of the Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D) for Chinese university students. *Frontiers in Psychiatry*, 10(1), 315.
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00315>

- Johnson, E. N., Hawken, M. J., & Shapley, R. (2001). The spatial transformation of color in the primary visual cortex of the macaque monkey. *Nature Neuroscience*, 4(4), 409-416. <https://doi.org/10.1038/86061>
- Johnson, E. N., Hawken, M. J., & Shapley, R. (2004). Cone inputs in macaque primary visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 91(6), 2501-2514. <https://doi.org/10.1152/jn.01043.2003>
- Johnson, E. N., Hawken, M. J., & Shapley, R. (2008). The orientation selectivity of color-responsive neurons in macaque V1. *Journal of Neuroscience*, 28(32), 8096-8106. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1404-08.2008>
- Judd, D.B. (1949). Response functions for types of vision according to the Müller theory. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 42(1), 1-16. <https://doi.org/10.6028/jres.042.001>
- Kalderon, M. E. (2015). *Form without matter: Empedocles and Aristotle on color perception*. Oxford University Press.
- Khairiree, K. (2006, December 12 - 16). *Conic Section and Eccentricity: How the Geometer's Sketchpad (GSP) enhance students' understanding* [Paper Presentation]. 11th Asian Technology Conference in Mathematics (ATCM), Thailand. ATCM Inc.
- Kim, J., Spence, M. T., & Marshall, R. (2018). The color of choice: The influence of presenting product information in color on the compromise effect. *Journal of Retailing*, 94(2), 167-185. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2018.01.002>
- Knight, R. G., Williams, S., McGee, R., & Olanman, S. (1997). Psychometric properties of the Centre for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D) in a sample of women in middle life. *Behaviour Research and Therapy*, 35(4), 373-380. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(96\)00107-6](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(96)00107-6)
- Kohl, S., & Hamel, C. (2013). Clinical utility gene card for: Achromatopsia - update 2013. *European Journal of Human Genetics*, 21(11). <https://doi.org/10.1038/ejhg.2013.44>
- Kosslyn, S. M. (1978). Measuring the visual angle of the mind's eye. *Cognitive Psychology*, 10(3), 356-389. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(78\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0010-0285(78)90004-X)
- Kremers, J., Baraas, R. C., & Marshall, N. J. (Eds.). (2016). *Human color vision* (1st ed., Vol.5). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44978-4>

- Kristjánsson, Á., & Egeth, H. (2020). How feature integration theory integrated cognitive psychology, neurophysiology, and psychophysics. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82(1), 7-23. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01803-7>
- Lakowski, R. (1969). Theory and practice of colour vision testing: A review part 1. *Occupational and Environmental Medicine*, 26(3), 173-189. <https://doi.org/10.1136/oem.26.3.173>
- Lang, H. (1983). Trichromatic theories before Young. *Color Research & Application*, 8(4), 221-231. <https://doi.org/10.1002/col.5080080406>
- Lee, B. B. (2008). The evolution of concepts of color vision. *Neurociencias*, 4(4), 209-224. <https://doi.org/10.1136/oem.26.3.173>
- Lennie, P., Krauskopf, J., & Sclar, G. (1990). Chromatic mechanisms in striate cortex of macaque. *Journal of Neuroscience*, 10(2), 649-669. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.10-02-00649.1990>
- Lietz, P. (2010). Research into questionnaire design: A summary of the literature. *International Journal of Market research*, 52(2), 249-272. <https://doi.org/10.2501/S147078530920120X>
- Lin, J., Guo, T., Becker, B., Yu, Q., Chen, S. T., Brendon, S., Hossain, M. M., Cunha, P. M., Soares, F. C., Veronese, N., Yu, J. J., Grabovac, I., Smith, L., Yeung, A., Zou, L., & Li, H. (2020). Depression is associated with moderate-intensity physical activity among college students during the COVID-19 pandemic: Differs by activity level, gender and gender role. *Psychology Research and Behavior Management*, 13(1), 1123-1134. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S277435>
- Lindberg, D. C. (1976). *Theories of vision from al-Kindi to Kepler*. University of Chicago Press.
- Lindberg, D. C. (1983) *Roger Bacon's Philosophy of Nature. A critical edition, with English translation, introduction, and notes, of: De multiplicatione specierum and de speculis comburentibus*. Clarendon Press.
- Lipovsky, A., Nitzan, Y., Gedanken, A., & Lubart, R. (2010). Visible light-induced killing of bacteria as a function of wavelength: implication for wound healing. *Lasers in Surgery and Medicine*, 42(6), 467-472. <https://doi.org/10.1002/lsm.20948>
- Locke, J. (1979). *An essay concerning human understanding* (P. H. Nidditch, Ed.). Oxford University Press. (Original work published 1690).
- MacLean, J. (1965). De kleurentheorie van Aristoteles. *Scientiarum Historia: Tijdschrift Voor de Geschiedenis Van de Wetenschappen en de Geneeskunde*, 7(1), 109-117.

- Marazziti, D., Consoli, G., Picchetti, M., Carlini, M., & Faravelli, L. (2010). Cognitive impairment in major depression. *European Journal of Pharmacology*, *626*(1), 83-86. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2009.08.046>
- Marey, H. M., Semary, N. A., & Mandour, S. S. (2015). Ishihara electronic color blindness test: An evaluation study. *Ophthalmology Research: An International Journal*, *3*(3), 67-75. <https://doi.org/10.9734/OR/2015/13618>
- Marr, D. (1980). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. Freeman.
- Martin, C. D., Thierry, G., Démonet, J. F., Roberts, M., & Nazir, T. (2007). ERP evidence for the split fovea theory. *Brain Research*, *1185*(1), 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.09.049>
- Masten, W. G., Caldwell-Colbert, A. T., Alcala, S. J., & Mijares, B. E. (1986). Reliability and validity of the Center for Epidemiological Studies Depression Scale. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, *8*(1), 77-84.
- Maule, J., Skelton, A. E., & Franklin, A. (2023). The development of color perception and cognition. *Annual Review of Psychology*, *74*(1), 87-111. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032720-040512>
- Maxwell, J. C. (1855). Experiments on colour, as perceived by the eye, with remarks on colour-blindness. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, *21*(2), 275-298. <https://doi.org/10.1017/S0080456800032117>
- McElree, B., & Carrasco, M. (1999). The temporal dynamics of visual search: Evidence for parallel processing in feature and conjunction searches. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(6), 1517-1539. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.6.1517>
- Medin, D. L., & Smith, E. E. (1981). Strategies and classification learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *7*(4), 241-253. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.7.4.241>
- Mendes, L. R. P., (2015). *Percepção da cor na mente em envelhecimento: Processamento da informação perceptiva visual em jovens adultos e idosos*. [Dissertação de mestrado não publicada]. Universidade de Évora.
- Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: A network model of insula function. *Brain Structure and Function*, *214*(1), 655-667. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0262-0>

- Meyerhoff, H. S., & Papenmeier, F. (2020). Individual differences in visual attention: A short, reliable, open-source, and multilingual test of multiple object tracking in PsychoPy. *Behavior Research Methods*, 52(1), 2556-2566. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01413-4>
- Miller-Graff, L. E., Guzman, J. C., & Hare, T. (2023). Psychometric properties of the CES-D, PCL-5, and DERS in a honduran adult sample. *Psychological Test Adaptation and Development*, 4(1), 300-309. <https://doi.org/10.1027/2698-1866/a000055>
- Molday, R. S., & Moritz, O. L. (2015). Photoreceptors at a glance. *Journal of Cell Science*, 128(22), 4039-4045. <https://doi.org/10.1242/jcs.175687>
- Mollon, J. D. (2003). The origins of modern color science. In S. K. Shevell (Ed.), *The Science of Color* (2nd ed., pp. 1-39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044451251-2/50002-7>
- Mormont, C. (1984). The influence of age and depression on intellectual and memory performances. *Acta Psychiatrica Belgica*, 84(1), 127-134.
- Müller, G.E. (1930). Über die farbenempfindunge [Sobre a sensibilidade às cores]. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 17(1), 1-430.
- Müller, H. J., & Krummenacher, J. (2006). Visual search and selective attention. *Visual Cognition*, 14(4-8), 389-410. <https://doi.org/10.1080/13506280500527676>
- Müller, O.L. (2017). Goethe *contra* Newton on colours, light, and the philosophy of science. In Silva, M. (Ed.), *How Colours Matter to Philosophy. Synthese Library* (1st ed., pp.73-95). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67398-1_4
- Nakayama, K., & Martini, P. (2011). Situating visual search. *Vision Research*, 51(13), 1526-1537. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.09.003>
- Nathans, J., Piantanida, T. P., Eddy, R. L., Shows, T. B., & Hogness, D. S. (1986). Molecular genetics of inherited variation in human color vision. *Science*, 232(4747), 203-210. <https://doi.org/10.1126/science.3485310>
- Neitz, M., & Neitz, J. (2000). Molecular genetics of color vision and color vision defects. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill: 1960)*, 118(5), 691-700. <https://doi.org/10.1001/archophth.118.5.691>
- Newton, I. (2014). A letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colors: sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society. *Philosophical Transactions of the Royal Society*

- of London, 6(80), 3075-3087. <https://doi.org/10.1098/rstl.1671.0072> (Original work published 1672)
- Nguyen-Tri, D., Overbury, O., & Faubert, J. (2003). The role of lenticular senescence in age-related color vision changes. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44(8), 3698-3704. <https://doi.org/10.1167/iovs.02-1191>
- O'Gorman, R. (1999). Sex differences in spatial abilities: An evolutionary explanation. *The Irish Journal of Psychology*, 20(4), 95-106. <https://doi.org/10.1080/03033910.1999.10558227>
- Okajima, K., & Takase, M. (2001). Computerized simulation and chromatic adaptation experiments based on a model of aged human lens. *Optical Review*, 8(1), 64-70. <https://doi.org/10.1007/s10043-001-0064-y>
- Oliva, A. D. (2018). Modularidade Mental. In Yamamoto, M. E., Valentova, J. V., Leitão, M. B. P., & Hattori, W. T. (Eds.). *Manual de psicologia evolucionista* (pp. 98-119). Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Oliveira, R. A. D., Martins, A. F. P., & Silva, A. P. B. D. (2018). Thomas Young e a teoria ondulatória da luz no início do século XIX: Aspectos conceituais e epistemológicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(2), 1-8. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0141>
- Olurinola, O., & Tayo, O. (2015). Colour in learning: Its effect on the retention rate of graduate students. *Journal of Education and Practice*, 6(14), 1-5.
- Omanson, R. C., Miller, C. S., Young, E., & Schwantes, D. (2010). Comparison of mouse and keyboard efficiency. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(6), 600-604. <https://doi.org/10.1177/154193121005400612>
- Palmer, G. (1777). *Theory of colour and vision*. Leacroft.
- Palmer, G. (1786). *Théorie de la lumière, applicable aux arts, et principalement à la peinture* [Teoria da luz, aplicável às artes, e principalmente à pintura]. Hardouin et Gattey.
- Paramei, G. V., & Oakley, B. (2014). Variation of color discrimination across the life span. *Journal of the Optical Society of America A*, 31(4), 375-384. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.31.00A375>
- Pascale, D. (2006). RGB coordinates of the Macbeth ColorChecker. *The BabelColor Company*, 6(1), 1-16.

- Patterson, E. J., Wilk, M., Langlo, C. S., Kasilian, M., Ring, M., Hufnagel, R. B., Dubis, A. M., Tee, J. J., Kalitzeos, A., Gardner, J. C., Ahmed, Z. M., Sisk, R. A., Larsen, M., Sjoberg, S., Connor, T. B., Dubra, A., Neitz, J., Hardcastle, J., Neitz, M., Michaelides, M. & Carroll, J. (2016). Cone photoreceptor structure in patients with X-linked cone dysfunction and red-green color vision deficiency. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 57(8), 3853-3863. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19608>
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy - psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- Peirce, J. W. (2009). Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2(10), 343. <https://doi.org/10.3389/neuro.11.010.2008>
- Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M. R., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., Lindeløv, J. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195-203. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- Petrinska, I., Pavlov, D., & Ivanov, D. (2019, September, 11-14). *Human centric lighting system-change of quality and quantity parameters with dimming and control* [Paper Presentation]. 2019 11th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), Bulgaria. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/BulEF48056.2019.9030743>
- Pett, D., & Wilson, T. (1996). Color research and its application to the design of instructional materials. *Educational Technology Research and Development*, 44(3), 19-35. <https://doi.org/10.1007/BF02300423>
- Pieters, J. M. (1979). A conjoint measurement approach to color harmony. *Perception & Psychophysics*, 26(1), 281-286. <https://doi.org/10.3758/BF03199881>
- Pokorny, J., Smith, V. C., & Lutze, M. (1987). Aging of the human lens. *Applied Optics*, 26(8), 1437-1440. <https://doi.org/10.1364/AO.26.001437>
- Porter, R.J., Gallagher, P., Thompson, J.M., & Young, A.H. (2003). Neurocognitive impairment in drug-free patients with major depressive disorder. *The British Journal of Psychiatry*, 182(3), 214-220. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1192/bjp.182.3.214>
- Poynter, W., & Roberts, C. (2012). Hemispheric asymmetries in visual search. *Laterality*, 17(6), 711-726. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2011.626558>

- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and cognition: Toward a foundation for cognitive science*. MIT Press.
- Radloff, L. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement*, 1(3), 385-401. <https://doi.org/10.1177/014662167700100306>
- Ragain, J. C. (2015). A review of color science in dentistry: The process of color vision. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*, 3(1), 1-4. <http://dx.doi.org/10.15226/jdodt.2015.00134>
- Rechtschaffen, A., & Buchignani, C. (1992). The visual appearance of dreams. In Antrobus, J., & Bertini, M. (Eds.). *The neuropsychology of sleep and dreaming* (1st ed., pp. 143-155). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203772546>
- Regan, B. C., Julliot, C., Simmen, B., Viénot, F., Charles-Dominique, P., & Mollon, J. D. (2001). Fruits, foliage and the evolution of primate colour vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356(1407), 229-283. <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0773>
- Roe, A. W., Chelazzi, L., Connor, C. E., Conway, B. R., Fujita, I., Gallant, J. L., Lu, H. & Vanduffel, W. (2012). Toward a unified theory of visual area V4. *Neuron*, 74(1), 12-29. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.03.011>
- Rosch, E. H. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4(3), 328-350. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90017-0)
- Rosenholtz, R., Nagy, A. L., & Bell, N. R. (2004). The effect of background color on asymmetries in color search. *Journal of Vision*, 4(3), 224-240. <https://doi.org/10.1167/4.3.9>
- Rubinow, D.R., Post, R.M., Savard, R., & Gold, P.W. (1984). Cortisol hypersecretion and cognitive impairment in depression. *Archives of General Psychiatry*, 41(3), 279-283. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1984.01790140069008>
- Rudebeck, P. H., Behrens, T. E., Kennerley, S. W., Baxter, M. G., Buckley, M. J., Walton, M. E., & Rushworth, M. F. (2008). Frontal cortex subregions play distinct roles in choices between actions and stimuli. *Journal of Neuroscience*, 28(51), 13775-13785. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3541-08.2008>
- Sabbe, B., Hulstijn, W., Van Hoof, J., Tuyenman-Qua, H.G., & Zitman, F. (1999). Retardation in depression: Assessment by means of simple motor tasks. *Journal of Affective Disorders*, 55(1), 39-44. <https://doi.org/10.1016/s0165->

0327(98)00087-1

- Salih, A. E., Elsherif, M., Ali, M., Vahdati, N., Yetisen, A. K., & Butt, H. (2020). Ophthalmic wearable devices for color blindness management. *Advanced Materials Technologies*, 5(8), 1901134.
- Savard, R. J., Rey, A. C., & Post, R. M. (1980). Halstead-Reitan category test in bipolar and unipolar affective disorders: Relationship to age and phase of illness. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 168(5), 297-304. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1097/00005053-198005000-00010>
- Schluppeck, D., & Engel, S. A. (2002). Color opponent neurons in V1: A review and model reconciling results from imaging and single-unit recording. *Journal of Vision*, 2(6), 5-5. <https://doi.org/10.1167/2.6.5>
- Sepper, D. L. (2003). *Goethe contra Newton: Polemics and the project for a new science of color*. Cambridge University Press.
- Shamey, R. & Kirchner, E. (2020). *Pioneers of color science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30811-1>
- Shamey, R. (Ed.). (2023), *Encyclopedia of color science and technology* (2nd ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89862-5>
- Sharpe, L. T., Stockman, A., Jägle, H., & Nathans, J. (1999). Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness. In Gegenfurtner, K. R. & Sharpe, L. T. (Eds.). *Color vision: From Genes to Perception* (1st ed., pp. 3-52).
- Shea, N. (2015). Distinguishing top-down from bottom-up effects. In Strokes, D., Matthen, M., & Biggs, S. (Eds.) *Perception and its Modalities*, (1st ed., pp. 73-92). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199832798.003.0004>
- Shepard, R. N. (1990). Possible evolutionary basis for trichromacy. In Brill, M., H., (Ed.) *Perceiving, Measuring, and Using Color* (1st ed., Vol. 1250, pp. 301-309). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.19721>
- Shepard, T. G., Lahlaf, S. I., & Eskew, R. T. (2017). Labeling the lines: A test of a six-mechanism model of chromatic detection. *Journal of Vision*, 17(13), 1-18. <https://doi.org/10.1167/17.13.9>
- Shipp, S. (2002). Fundamentals of association cortex. In Schuez, A. & Miller, R. (Eds.) *Cortical Areas* (1st ed., pp. 399-434). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203299296>
- Silva, F.S. (2024, setembro 06). Tutorial relativo à criação de uma tarefa experimental

- no PsychoPy (2023.1.3) [Web blog post]. Retirado de <https://learningvisualesearchinpsychopy.blogspot.com/>
- Silverman, I., & Eals, M. (1992). Sex differences in spatial abilities: Evolutionary theory and data. In J. H. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (1st ed., pp. 533-549). Oxford University Press.
- Singh, I., & Oberoi, A. (2015). Comparison between square pixel structure and hexagonal pixel structure in digital image processing. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 3(1), 176-181.
- Solomon, S. G., & Lennie, P. (2005). Chromatic gain controls in visual cortical neurons. *Journal of Neuroscience*, 25(19), 4779-4792. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5316-04.2005>
- Svaetichin, G. (1956). Spectral response curves from single cones. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 39(134), 17-46.
- Tamura, S., & Sato, K. (2020). Age-related changes in visual search: Manipulation of colour cues based on cone contrast and opponent modulation space. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78303-4>
- Thiadens, A. A., Slingerland, N. W., Roosing, S., van Schooneveld, M. J., van Lith-Verhoeven, J. J., van Moll-Ramirez, N., van den Born, L. I., Hoyng, C. B., Cremers, F. P. M. & Klaver, C. C. (2009). Genetic etiology and clinical consequences of complete and incomplete achromatopsia. *Ophthalmology*, 116(10), 1984-1989. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.03.053>
- Thorell, L. G., de Valois, R. L., & Albrecht, D. G. (1984). Spatial mapping of monkey VI cells with pure color and luminance stimuli. *Vision Research*, 24(7), 751-769. [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(84\)90216-5](https://doi.org/10.1016/0042-6989(84)90216-5)
- Tischler, L., & Petermann, P. (2004). Trail Making Test (TMT). *Zeitschrift für Psychiatrie. Psychologie und Psychotherapie*, 58(1), 79-81. <https://doi.org/10.1024/1661-4747.a000009>
- Treisman, A. (1977). Focused attention in the perception and retrieval of multidimensional stimuli. *Perception & Psychophysics*, 22(1), 1-11. <https://doi.org/10.3758/BF03206074>
- Treisman, A. (1986). Features and objects in visual processing. *Scientific American*, 255(5), 114-125. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1186-114B>

- Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 40(2), 201-237. <https://doi.org/10.1080/02724988843000104>
- Treisman, A. (1993). The perception of features and objects. In A. Braddeley (Ed.), *Attention: Selection, awareness, and control. A tribute to Donald Broadbent* (1st ed., pp. 5-35). Clarendon Press/Oxford University Press.
- Treisman, A. (1999a). Feature binding, attention and object perception. In G., Humphreys, J., Duncan & A., Treisman (Eds.), *Attention, space and action: Studies in cognitive neuroscience* (1st ed., Vol. 353, pp. 91-111). Oxford Press. <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0284>
- Treisman, A. (1999b). Solutions to the binding problem: Progress through controversy and convergence. *Neuron*, 24(1), 105-125. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80826-0](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80826-0)
- Treisman, A. (2006). How the deployment of attention determines what we see. *Visual Cognition*, 14(4-8), 411-443. <https://doi.org/10.1080/13506280500195250>
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95(1), 18-41. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.1.15>
- Treisman, A., & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14(1), 107-141. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(82\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0010-0285(82)90006-8)
- Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: A diagnostic of preattentive processing of separable features. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114(3), 285-310. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.114.3.285>
- Treisman, A., Kahneman, D., & Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception & Psychophysics*, 33(6), 527-532. <https://doi.org/10.3758/BF03202934>
- Tsourtos, G., Thompson, J.C., & Stough, C. (2002). Evidence of an early information processing speed deficit in unipolar major depression. *Psychological Medicine*, 32(2), 259-265. <https://doi.org/10.1017/s0033291701005001>
- Turner, R. S. (1994). *In the eye's mind: vision and the Helmholtz-Hering controversy* (1st ed.) Princeton University Press.

- Utama, D. Q., Mengko, T. L. R., Mengko, R., & Aulia, M. N. (2016, October 24 - 27). *Color blind test quantification using RGB primary color cluster* [Paper Presentation]. 2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Bali. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2016.7858242>
- Vaina, L. M. (1994). Functional segregation of color and motion processing in the human visual cortex: Clinical evidence. *Cerebral Cortex*, 4(5), 555-572. <https://doi.org/10.1093/cercor/4.5.555>
- Van Staden, D., Mahomed, F. N., Govender, S., Lengisi, L., Singh, B., & Aboobaker, O. (2018). Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. *African Vision and Eye Health*, 77(1), 1-4. <https://doi.org/10.4102/aveh.v77i1.370>
- Vanston, J. E., & Strother, L. (2017). Sex differences in the human visual system. *Journal of Neuroscience Research*, 95(1-2), 617-625. <https://doi.org/10.1002/jnr.23895>
- Vogt, B. A. (Ed.). (2009). *Cingulate neurobiology and disease*. Oxford University Press.
- von Goethe, J. W. (2015). *Goethe's theory of colour* (Ch. L. Eastlake, Trans.) [EBook]. The Project Gutenberg. (Original work published 1840). <https://www.gutenberg.org/files/50572/50572-h/50572-h.htm>
- von Kries, J. (1882). *Die gesichtsempfindungen und ihre analyse* [As sensações faciais e a sua análise]. Veith & Co.
- Wade, A., Augath, M., Logothetis, N., & Wandell, B. (2008). fMRI measurements of color in macaque and human. *Journal of Vision*, 8(10), 6-6. <https://doi.org/10.1167/8.10.6>
- Walsh, V., Carden, D., Butler, S. R., & Kulikowski, J. J. (1993). The effects of V4 lesions on the visual abilities of macaques: Hue discrimination and colour constancy. *Behavioural Brain Research*, 53(1-2), 51-62. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(05\)80265-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(05)80265-7)
- Warrant, E. J., & Johnsen, S. (2013). Vision and the light environment. *Current Biology*, 23(22), R990-R994. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.019>
- Weale, R. A. (1988). Age and the transmittance of the human crystalline lens. *The Journal of Physiology*, 395(1), 577-587. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1988.sp016935>
- Webster, M. A. (2020). The Verriest Lecture: Adventures in blue and yellow. *Journal of the Optical Society of America A*, 37(4), 1-30. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.383625>

- Werner, J. S. (1996). Visual problems of the retina during ageing: Compensation mechanisms and colour constancy across the life span. *Progress in Retinal and Eye Research*, 15(2), 621-645. [https://doi.org/10.1016/1350-9462\(96\)00001-8](https://doi.org/10.1016/1350-9462(96)00001-8)
- Werner, J. S., & Wooten, B. R. (1979). Opponent chromatic mechanisms: Relation to photopigments and hue naming. *Journal of the Optical Society of America*, 69(3), 422-434. <https://doi.org/10.1364/JOSA.69.000422>
- Werner, J. S., Peterzell, D. H., & Scheetz, A. J. (1990). Light, vision, and aging. *Optometry and Vision Science*, 67(3), 214-229.
- Wichmann, F. A., Sharpe, L. T., & Gegenfurtner, K. R. (2002). The contributions of color to recognition memory for natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 509-520. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.509>
- Wildey, M. N., Fox, M. E., Machnik, K. A., & Ronk, D. (2022). Exploring graduate student mental health and service utilization by gender, race, and year in school. *Journal of American College Health*, 17(1) 1-9. <https://doi.org/10.1080/07448481.2022.2145898>
- Witzel, C., & Gegenfurtner, K. R. (2018). Color perception: Objects, constancy, and categories. *Annual Review of Vision Science*, 4(1), 475-499. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-091517-034231>
- Wolfe, J. (1998). Visual search. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (1st ed., pp. 13-73). Psychology Press.
- Wolfe, J. (2001). Asymmetries in visual search: An introduction. *Perception & Psychophysics*, 63(3), 381-389. <https://doi.org/10.3758/BF03194406>
- Wolfe, J. M. (2014). Approaches to visual search: Feature integration theory and guided search. In Nobre, A. C. & Kastner, S. (Eds.), *The Oxford Handbook of Attention* (1st ed., pp. 11-55). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199675111.013.002>
- Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2004). What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews Neuroscience*, 5(6), 495-501. <https://doi.org/10.1038/nrn1411>
- Wuerger, S. (2013). Colour constancy across the life span: evidence for compensatory mechanisms. *PloS One*, 8(5), 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063921>
- Wyszecki, G. & Stiles, W.S. (1982). *Color science* (2nd ed.). Wiley.
- Xiao, Y. (2014). Hierarchy of hue maps in the primate visual cortex. *Journal of*

- Ophthalmic & Vision Research*, 9(1), 144.
- Xiao, Y., Casti, A., Xiao, J., & Kaplan, E. (2007). Hue maps in primate striate cortex. *Neuroimage*, 35(2), 771-786.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.059>
- Xiao, Y., Wang, Y. I., & Felleman, D. J. (2003). A spatially organized representation of colour in macaque cortical area V2. *Nature*, 421(6922), 535-539.
<https://doi.org/10.1038/nature01372>
- Young, T. (1801). II. The Bakerian lecture. On the mechanism of the eye. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 91(1), 23-88.
<https://doi.org/10.1098/rstl.1801.0004>
- Young, T. (1802). The Bakerian lecture: On the theory of light and colours. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 92(1), 12-48.
<https://doi.org/10.1098/rstl.1802.0004>
- Young, T. (1804). The Bakerian lecture: experiments and calculations relative to physical optics. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 94(1), 1-16.
<https://doi.org/10.1098/rstl.1804.0001>
- Zhang, Y., Liu, P., Han, B., Xiang, Y., & Li, L. (2019). Hue, chroma, and lightness preference in chinese adults: Age and gender differences. *Color Research & Application*, 44(6), 967-980. <https://doi.org/10.1002/col.22426>
- Zhou, N., Dong, W., Wang, J., & Paul, J. C. (2009). Simulating human visual perception in nighttime illumination. *Tsinghua Science and Technology*, 14(1), 133-138.
[https://doi.org/10.1016/S1007-0214\(09\)70019-7](https://doi.org/10.1016/S1007-0214(09)70019-7)
- Zufic, J., & Kalpic, D. (2009, 26-30 October). *More efficient e-learning through design: Color of text and background* [Paper presentation]. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Canada. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).