

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CURSO DE ARTES PLÁSTICAS

Thiago Chaibub

**A EXPERIÊNCIA E O ENSINO DA COR:
apontamentos teóricos e práticos**

Brasília

2017

Thiago Chaibub

**A EXPERIÊNCIA E O ENSINO DA COR:
apontamentos teóricos e práticos**

Trabalho de conclusão do curso de licenciatura em Artes Plásticas, do Departamento de Arte Visuais do Instituto de Artes da Universidade de Brasília.

Orientadora: Profª Drª. María del Rosário Tatiana Fernández Méndez

Brasília

2017

Thiago Chaibub

**A EXPERIÊNCIA E O ENSINO DA COR:
apontamentos teóricos e práticos**

Trabalho de conclusão do curso de licenciatura em
Artes Plásticas, do Departamento de Arte Visuais
do Instituto de Artes da Universidade de Brasília.

Brasília, ____ de _____ de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª. María del Rosario Tatiana Fernández Méndez
Orientadora

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Ferreira
Examinador

Profª Drª Ana Paula Caixeta
Examinador

“O ouvido é mudo, os lábios surdos, mas os olhos sentem e falam. Neles, o mundo se reflete de fora, e o ser humano, de dentro.”

Johann Wolfgang von Goethe

RESUMO

Neste trabalho, são apontados problemas teóricos e práticos sobre o fenômeno cromático, encontrados a partir de observações diretas e de uma revisão de literatura. Estes problemas se desenvolvem aqui em uma proposta pedagógica para o ensino da cor, iniciada por uma abordagem fenomenológica de investigação, complementada por uma abordagem experimental, e finalmente por estudos teóricos transdisciplinares, que envolvem vários aspectos do fenômeno. Esse método sugerido para a investigação e ensino da cor se estende à outras matérias, como meio para desenvolvimento de pensamento crítico e analítico. A experiência da cor é dinâmica e complexa. Seu estudo permite uma melhor compreensão da relação entre sujeito e mundo, pois a cor é uma conversa entre interior e exterior, um ponto de tensão, a partir do qual o mundo se constrói em significado. Neste trabalho, indico alguns experimentos que podem ser realizados com os alunos para uma compreensão mais adequada das cores, e com isso, da própria relação da mente e do corpo com o mundo que os cerca.

Palavras-chave: ensino da cor, experiência da cor, fenômeno cromático, fenomenologia, experimentalismo.

ABSTRACT

In this paper, theoretical and practical problems about the chromatic phenomenon are addressed, having been found in first-hand observations and in a literature review. These problems are here presented for the development of a pedagogical proposal for the teaching of color, beginning with a phenomenological approach of investigation, complemented by an experimental approach, and finally by transdisciplinary theoretical studies that involve many aspects of the phenomenon. This suggested method for color research and teaching extends to other subjects as a way for the development of critical and analytical thinking. The color experience is dynamic and complex. Its study allows a better understanding of the relation between subject and world, for color is a conversation between interior and exterior, a point of tension, from which the world constructs itself in meaning. In this paper, I indicate some experiments that can be performed with the students for a better understanding of colors, and with that, of the very relation of mind and body to the world that surrounds them.

Key-words: teaching of color, experience of color, chromatic phenomenon, phenomenology, experimentalism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Círculo de cor de Newton.

Disponível em: https://www.w3schools.com/colors/img_newton_wheel.jpg. Acesso em: 24 jun. 2017.

Figura 2: Nome Himba para determinados tons de verde e azul e nomes para demais verdes.

Disponível em:

<http://www.gondwana-collection.com/blog/index.php/category/allgemein/audio-blog/african-stories/>.

Acesso: 24 jun. 2017.

Figura 3: Categoria de cor dos Himba.

Disponível em: <http://puzzlewocky.com/optical-illusions/color-illusions/which-green-is-different/>.

Acesso em: 24 de jun. 2017

Figura 4: Thiago Chaibub. *Experimento de pós-imagem negativa monocromática*, 2017. Imagem digital.

Figura 5: Thiago Chaibub. *Experimento de pós-imagem negativa colorida*, 2017. Imagem digital.

Figura 6: Thiago Chaibub. *Exemplo de contraste consecutivo ou misto*, 2017. Imagem digital.

Figura 7: Thiago Chaibub. *Experimento de contraste simultâneo e assimilação*, 2017. Imagem digital.

Figura 8: Thiago Chaibub. *Bandas de Mach monocromáticas: 1- em cinzas sólidos em escala; 2- em área de transição entre claro e escuro*, 2017. Imagem digital.

Figura 9: Thiago Chaibub. *Bandas de Mach cromáticas: 1- em escala de matiz; 2- em escala de saturação*, 2017. Imagem digital.

Figura 10: Thiago Chaibub. *Qual cor é mais luminosa e qual parece mais distante?*, 2017. Imagem digital.

Figura 11: Thiago Chaibub. *Exemplo de constância de cor e cor mnemônica*, 2017. Fotografia editada.

Figura 12: O polêmico vestido de cores ambíguas.

Disponível em: <https://www.wired.com/wp-content/uploads/2015/02/Unknown.png>. Acesso em: 24 de jun. 2017.

Figura 13: Ilustração que demonstra como as cores do vestido podem ser vistas de duas formas segundo a condição de luminosidade interpretada pelo cérebro.

Disponível em:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a3/Wikipetana_wearing_The_Dress_reduced.svg/760px-Wikipetana_wearing_The_Dress_reduced.svg.png/ Acesso em: 24 jun. 2017.

Figura 14: *Still* do filme *The Prisoner's Cinema*, 2008, de Melvin Moti. Representação artística de fosfenos induzidos a partir de privação sensorial.

Disponível em: https://mmtheprisonerscinema.files.wordpress.com/2010/11/melvin_moti_21.jpg.

Acesso em: 24 jun. 2017

Figura 15: Disco de Benham.

Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Benham_disc_animated.svg.

Acesso em: 24 jun. 2017.

Figura 16: Thiago Chaibub. *Experimento de cores subjetivas em linhas paralelas*, 2017. Imagem digital.

Figura 17: Curvas de sensibilidade dos cones da retina.

Disponível em:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Cone-fundamentals-with-srgb-spectrum.svg>.

Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 18: Percepção do espectro em diferentes tipos de daltonismo.

Disponível em: <http://chroma-glass.ucsd.edu/assets/img/DifferentSpectrum.png>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 19: Espectro eletromagnético visível.

Disponível em: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>.

Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 20: Primárias geradoras (aditivas).

Disponível em:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/AdditiveColor.svg/330px-AdditiveColor.svg.png>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 21: Exemplos de mistura óptica.

Disponível em: <https://sumidoiro.files.wordpress.com/2012/07/post-cmyk-rgb.jpg>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 22: Fusão de dimensões das cores no sistema Munsell.

Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Munsell-system.svg>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 23: Círculo de cor de Johannes Itten.

Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Farbkreis_Itten_1961.png.

Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 24: Espectro negativo de Goethe.

Disponível em:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Prisma-darkSpectrum-goethe.gif>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 25: Primárias subtrativas.

Disponível em:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c9/CMYK_subtractive_color_mixing.svg/400px-CMYK_subtractive_color_mixing.svg.png. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 26: Exercício de adaptação cromática.

Disponível em:

<http://www.quertime.com/article/arn-2011-12-30-1-60-most-amazing-optical-illusion-and-paradox-pictures-you-must-see/> Acesso em: 7 jul. 2017.

Figura 27: Ilusão de pós-imagem em *gif*.

Disponível em:

http://www.quertime.com/wp-content/uploads/2011/12/afterimage_best_optical_illusion.gif Acesso em: 7 jul. 2017.

Figura 28: Ilusão de pós-imagem.

Disponível em: <http://www.instructables.com/id/afterimage-illusion/> Acesso em: 7 jul. 2017

Figura 29: Exercício de tom “típico”. (ALBERS, 2009, p.111)

Figura 30: Estudo de gradação. (ALBERS, 2009, p. 108)

Figura 31: Fundos invertidos. (ALBERS, 2009, p. 113)

Figura 32: Duas cores se tornam uma. (ALBERS, 2009, p. 117)

Figura 33: Exemplo de contraste simultâneo.

Disponível em:

<https://brightside.me/article/16-bewildering-and-beautiful-colour-illusions-that-will-easily-trick-your-brain-41705/> Acesso em: 7 jul. 2017.

Figura 34: Exemplo de contraste simultâneo.

Disponível em: <http://www.whatispsychology.biz/tag/color-illusion> Acesso em: 7 jul. 2017.

Figura 35: Exemplo de assimilação de cor.

Disponível em: Fonte: <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/cataloge.html> Acesso em: 7 jul. 2017.

Figura 36: Prisma decomposto pela luz branca.

Disponível em:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Dispersive_Prism_Illustration_by_Spigget.jpg.

Acesso em 25 jun. 2017.

Figura 37: Cores-luz primárias resultando em secundárias e luz branca.

Disponível em: <https://www.exploratorium.edu/snacks/colored-shadows>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 38: Sombras coloridas.

Disponível em: <https://www.exploratorium.edu/snacks/colored-shadows>. Acesso em: 25 jun. 2017.

Figura 39: Transparências de cores-pigmento primárias.

Disponível em: <https://www.exploratorium.edu/snacks/three-little-pigments>. Acesso em: 25 jun. 2017.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 ABORDAGENS FENOMENOLÓGICA E EXPERIMENTAL	12
2 O NOME DA COR	15
3 TEORIAS DAS CORES	22
3.1 CORES FISIOLÓGICAS	24
3.1.1 Pós-imagens	25
3.1.2 Contraste simultâneo de cores	28
3.1.3 Constância de cor e cor mnemônica	29
3.1.4 Cores Subjetivas	36
3.1.5 Teorias da percepção de cores	39
3.1.6 Daltonismo	42
3.2 CORES FÍSICAS	44
3.2.1 Espectro eletromagnético visível	45
3.2.2 Cores primárias geradoras	46
3.2.3 Mistura óptica	48
3.2.4 Dimensões das cores	50
3.3 CORES QUÍMICAS	52
3.3.1 Composição espectral dos pigmentos	52
3.3.2 Cores primárias subtrativas	53
4 EXPERIÊNCIA DA COR: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA	58
4.1 CORES INTERIORES	59
4.1.1 Exercícios: Fosfenos	60
4.1.2 Exercícios: Pós-imagens	61
4.2 INTERAÇÃO DA COR	64
4.2.1 Tom “típico”	65
4.2.2 Contrastes e assimilações	66
4.3 CORES-LUZ	72
4.4 CORES-PIGMENTO	73
4.5 EFEITOS DA COR	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	79

A cor é o mais puro símbolo da relação – ação e reação – entre mundo interior e exterior. Ela nos revela um contínuo do físico ao mental, e de volta. Neste trabalho, argumento a favor de uma pedagogia *fenomenológica, experimental e transdisciplinar* para o ensino da cor, e que se estende ao ensino em geral, para o desenvolvimento de um pensamento crítico sobre o “real”.

Acredito na necessidade de se reconhecer a natureza indissociavelmente subjetiva e individual da experiência de realidade, ainda que se possa desenvolver raciocínios práticos de forma a torná-la um objeto de estudo mais palpável. Com isso, argumento em princípio pela aplicação de uma abordagem fenomenológica para o ensino da cor, complementada por experimentalismo. Não devemos nunca esquecer que nossa visão e razão não refletem o mundo exterior na ausência de nossos olhos, mas de todo modo, o refletem. São ferramentas que possuímos para o conhecimento do mundo.

Tendo conhecido o mundo através de nossos olhos, podemos dar confiança àqueles que vieram antes de nós e descobriram, através dos seus, fascinantes aspectos da realidade, que vez após outra se confirmam – alguns dos quais, com ferramentas mais ou menos acessíveis, podemos nós mesmos confirmar. Todo fenômeno se conhece melhor quando o aprendizado engloba todas as disciplinas. No caso da cor, sem o apoio do máximo de disciplinas que a cercam, seu entendimento fica comprometido. É melhor estudá-la transdisciplinarmente. E por isso, aponto problemas da história, da antropologia, da psicologia e da arte para falar sobre a subjetividade e relatividade da cor; e da física, da química e da biologia para adereçar seus aspectos mais objetivos e experimentalmente verificáveis.

Ao final, o conhecimento apresentado é trabalhado em propostas pedagógicas para o ensino da cor que buscam revelar aos alunos seu dinamismo e natureza esquiva, para que possam realmente compreendê-la e aprender a melhor prever e utilizar seus efeitos de forma estética e criativa.

1 ABORDAGENS FENOMENOLÓGICA E EXPERIMENTAL

Através de nossos sentidos conhecemos o mundo. A realidade não é objetiva, absoluta e universal, apesar da função prática desse pressuposto. O que nos faz apontar para aspectos objetivos da realidade é o fato de que obtemos corroboração de nossas repetidas observações pela maioria de outros observadores. No entanto, é impossível afirmar que a realidade se apresenta de forma idêntica a todos, pelo contrário, sabemos que existem sempre diferenças. Igualmente é impossível afirmar sem erro que a realidade existe por si só, enquanto precisamos experienciá-la através de nossos sentidos, e interpretá-la, para chegar a tal afirmação.

A ciência moderna, utilizando-se da teoria elaborada por René Descartes e John Locke, se baseia no pressuposto de qualidades primárias (objetivas) e secundárias (subjetivas) dos objetos para resolver o problema da subjetividade do observador. As características primárias são a massa e a *localização simples* de um objeto, enquanto as secundárias são as qualidades que elas apresentam aos sentidos, como sons, gostos, cheiros, formas e cores. Como alerta Alfred Whitehead (1948, p. 56), segundo este raciocínio os poetas estão enganados, pois nunca cantaram sobre a natureza, mas sim sobre as qualidades de suas próprias mentes, que observam a realidade de tal ou tal forma. Essa divisão do real em aspectos primários e secundários possui apenas função prática para a ciência. A verdade é que os aspectos primários são tão ou mais subjetivos que os secundários, pois eles dependem de abstrações mentais para serem determinados, e as abstrações em si são absolutamente imaginárias. Nada na natureza é perfeitamente circular, mas ainda assim encontramos utilidade para o *πi*, por exemplo.

O pressuposto filosófico de uma realidade primeiramente material e estática é útil, porém incorreto, ou ao menos, não pode ser de fato comprovado. Essa busca por objetividade está mais ligada a uma ânsia histórica dos cientistas por fixidez e uma “teoria de tudo” do que por uma observação indiscriminada da realidade. Quando chegamos ao fim da análise sobre a realidade, sempre de um ponto de vista individual, não podemos extrapolar sem abstrações que, para além de nossos sentidos e interpretações, haja uma realidade “fixa”, independente de nós mesmos.

É importante ressaltar, no entanto, que igualmente não podemos concluir que a realidade se trata de puro fenômeno mental. Do mesmo modo que sem olhos não há cores, sem luz também não há. Os fenômenos nascem da relação da mente e do corpo com o mundo material, e um não pode se afirmar existir sem os demais.

A realidade material não pode ser comprovada na ausência da percepção. As qualidades primárias são tanto um produto de nossas mentes quanto as qualidades secundárias. Com isso, e para a finalidade deste trabalho, proponho que levemos em consideração que a realidade é, na melhor das definições, um produto de nossas mentes: a soma de nossas sensações, memórias e capacidade analítica, cognitiva. Ou seja, somos capazes de experienciar sensações que cruzamos com memórias de experiências passadas (sensações, sentimentos, raciocínios) e interpretamos como isso ou aquilo, tudo de forma inconsciente e “automática”, e por final, também, de forma consciente e analítica.

Acredito que a abordagem fenomenológica é, em um primeiro passo, a mais adequada para perscrutar a realidade e para compreendermos percepção de cor. Reconhecemos a realidade como um grande fenômeno mental, intrinsecamente subjetivo, mas que, porém, podemos observar e questionar conscientemente, atribuindo objetividade àquilo que nos *parece* objetivo. Tratamos de cruzar as informações que obtemos de demais observadores em busca de corroboração para concluir que haja uma realidade comum, porém não podemos afirmar, sem cair em falácia, que esta realidade comum seja absoluta e independente de um observador. Assim, apresento o caso das cores, que como comentei são entendidas como qualidade secundária, subjetiva, da realidade. Elas não podem ser atribuídas aos objetos em si, no entanto as vemos como parte deles.

Existem aspectos “objetivos” sobre as cores, como por exemplo, o comprimento de onda no espectro eletromagnético visível ao qual elas correspondem. No entanto não podemos afirmar que vemos as cores de uma mesma forma, considerando somente pessoas com visão “normal” (sabemos bem que daltônicos têm uma percepção diferente), pois o funcionamento das células retinianas e do córtex não é perfeitamente padrão, apresenta sempre variações entre indivíduos. O que sabemos é que podemos concordar sobre quais são as

cores mais básicas, mas não por uma objetividade na percepção da cor, mas sim uma relativa universalidade na relação que as cores possuem entre si e o mundo natural, e pelo processo de endoculturação. Porém, mesmo a relação estabelecida entre as cores não é inteiramente clara ou consistente entre diferentes observadores e entre diferentes observações e experimentações de um mesmo observador. Tudo o que podemos fazer são aproximações. Uma teoria de cor conciliadora de todos os aspectos e facetas do fenômeno cromático parece impraticável graças à variabilidade, dinamismo e subjetividade da percepção.

Devemos, no entanto, como é função de toda ciência, investigar a questão por todos os ângulos em busca de um conhecimento mais completo e equilibrado, por mais que nunca final. Neste sentido também me parece claro que uma abordagem fenomenológica por si só não é suficiente para nossa investigação. Para além da observação deve haver ação, planejada e executada de forma consciente e cuidadosa, para que novos fenômenos possam ser levados a cabo, de forma reproduzível, e novas observações possam ser tomadas. O empirismo é fundamental à ciência, apesar dos equívocos filosóficos que naturalizou. Devemos compreender as possibilidades e limitações dessa abordagem, assim como da fenomenológica, para estabelecer um raciocínio adequado ao estudo das cores. Nos importa em primeiro lugar o fenômeno sensorial e seus efeitos estéticos e psicológicos, que são um fato indiferente ao nosso conhecimento da física da luz e da fisiologia dos órgãos visuais. No entanto, uma compreensão mínima de física e fisiologia, e a possibilidade de produzir experimentos que comprovam sistematicamente alguns aspectos físicos da experiência fenomênica, expande nosso entendimento do fenômeno em si e nossa capacidade de manipulá-lo.

A metodologia adotada para a realização deste trabalho foi uma revisão de literatura em diálogo com minhas próprias próprias investigações fenomenológicas e experimentais sobre a percepção de cor. As investigações de diversos autores em diferentes áreas de conhecimento foram analisadas em relação às minhas próprias experiências em busca de corroboração para os fenômenos subjetivos aqui descritos e para a expansão de seu entendimento científico e cultural.

2 O NOME DA COR

Qual o nome da cor e que cor recebe que nome? A relação entre os nomes das cores e a percepção das mesmas é algo flutuante e incerto, construído por razões práticas, e poéticas, de classificação e comunicação, e transformada por desenvolvimentos históricos e culturais. Para acrescentar à confusão, diferenças perceptivas nos indivíduos e inclinações pessoais geram maior discordância sobre suas classificações. O que nos importa aqui é demonstrar que o universo das cores é marcado pela sua variabilidade e dinamismo, que para entendermos este fenômeno e encontrarmos terreno comum para trabalhar com ele, precisamos compreender que não há respostas absolutas, apenas aproximadas. Vamos explorar como a percepção das cores se adequa à realidade, como se dá sua nomeação e como o vocabulário cromático afeta a capacidade de percepção em si.

Afinal, quantas cores há? Pessoas podem reconhecer até 200 tons dentro do espectro visível e considerando as cores extra-espectrais, obtidas com mudanças de brilho e saturação, podem reconhecer até um milhão ou mais. No entanto, pesquisas demonstram que ocidentais necessitam apenas de quatro nomes de cor para descrever todas as demais nuances, essas são: *vermelho, amarelo, verde, azul*. Por essa razão, pesquisadores da cor consideram estas cores básicas como *primárias psicológicas* (GOLDSTEIN, 2010). Segundo Antonio Houaiss: “(...) os ‘nomes das cores’ são de uma pobreza sem par, se comparadas à alegada riqueza de cores ofertada pela natureza ou percebida e/ou criada pelo homem” (HOUAISS In PEDROSA, 2003, p. 12).

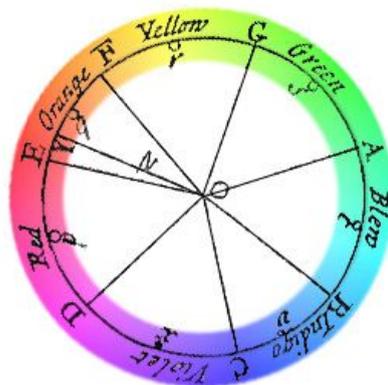
Poderíamos, ainda assim, dizer que existem quantas cores somos capazes de nomear, as demais cores, sem nome específico, são agrupadas às nomeadas segundo a relação perceptiva entre elas. Entre um verde e azul, por exemplo, podemos dizer que existem verdes-azulados e azuis-esverdeados, na falta de denominações mais precisas. Denominações precisas para cores só são confiáveis quando em um sistema objetivamente arquitetado, desenvolvido por indústrias que as requerem por finalidade prática. Existem, é claro, muitos sistemas de cor

diferentes que atendem a diferentes finalidades. Dois desses sistemas são o *Munsell*, mais utilizado no passado, e o *Pantone*, de uso mais corrente hoje em dia.

De forma mais objetiva, podemos tomar como parâmetro para a definição de cores básicas o espectro luminoso visível, como visto no arco-íris ou na luz branca focal decomposta pelo prisma, como foi feito por Isaac Newton. No entanto, este não é um parâmetro culturalmente universal. As classificações de cores variam não apenas em grau, com mais ou menos nomes de cor, como também em ordem – parâmetros distintos da escala cromática do arco-íris podem ser adotados.

Isaac Newton (1730), em seus estudos sobre as cores do espectro luminoso, concluiu haver sete cores nele contidas. Em sequência, de maior comprimento de onda e menor frequência a menor comprimento e maior frequência, teríamos: *vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo e violeta*. Por mais acostumados estejamos a esta divisão e nomeação das cores do arco-íris, ela não é absoluta nem perfeitamente objetiva. Ela depende não somente da percepção de mudanças progressivas que se obtém do espectro (e não podemos ignorar que algumas cores são de fato visualmente mais distintas nele e outras apenas transitórias, pela área que ocupam e intensidade que aparentam), como também de um vocabulário previamente construído que permitiu a nomeação de até sete cores distintas. Mas não somente, ela dependeu da própria subjetividade e inclinações esotéricas de Newton, que elegeu sete cores seguindo o raciocínio aristotélico de que seria o correto pela analogia com as sete notas musicais e os sete planetas (PEDROSA, 2003).

Figura 1 – Círculo de cor de Newton.



Fonte: www.w3schools.com.

Hoje em dia são consideradas apenas seis ou cinco cores no espectro, subtraindo-se o índigo e às vezes também o laranja. De fato, o nome índigo não faz parte do vocabulário cromático da maioria das pessoas, e para aqueles que conhecem o termo ele é entendido como uma variação do azul, limítrofe entre este e o violeta. No entanto, aparentemente, o índigo de Newton, que provavelmente elegeu como cor básica pelo sentido simbólico elevado que lhe era atribuído, está mais próximo do azul espectral internacionalmente reconhecido hoje em dia (e que é às vezes chamado de azul-violeta ou azul-violetado). E da mesma forma seu “azul” não corresponderia ao azul espectral, e sim ao ciano, que ainda não possuía essa denominação.

Em defesa de Newton, a adição do ciano ao espectro faz todo o sentido considerando ser ele uma cor secundária no sistema de cores aditivas (a partir da luz) e primária no sistema subtrativo (a partir de pigmentos), como veremos no capítulo seguinte, e sendo assim, uma cor importante apesar de sua pouca representatividade no vocabulário da maioria das pessoas. Curiosamente, apesar do ciano surgir do estímulo simultâneo e equilibrado das células fotorreceptoras para o espectro do verde e do azul, a tendência no ocidente é de aproximá-lo do azul e chamá-lo às vezes azul-ciano ou azul-claro, quando não simplesmente “azul” (o que causa muita confusão ao tratar de mistura de cores). Ainda que alguns possam identificar nele um esverdeado, o considerarão um azul-esverdeado e raramente o contrário. Veremos, no entanto, que em diferentes culturas onde a classificação de cores e seus nomes foram criados por processos distintos do Ocidente, tudo o que chamamos azul pode ser entendido como variações de verde e de preto, por exemplo, e não como uma cor básica particular.

De fato, inclusive no Ocidente o azul demorou bastante tempo para ser reconhecido como uma cor particular. Ao que indicam estudos históricos e antropológicos, o azul é, em todos os casos, a última cor básica a ser nomeada numa cultura (ARNHEIM, 2016). Antes de qualquer cor, são sempre nomeados o claro e escuro, que em um primeiro estágio abrangem todo o domínio das cores e só depois passam a indicar apenas brancos, pretos e cinzentos. A relação marcada de contraste entre o claro e escuro é mais fundamental à percepção humana que a

percepção de cor. Nos sentimos confortáveis com imagens em preto e branco, já imagens puramente coloridas em alta saturação e baixo contraste luminoso são, ao contrário, confusas e geralmente incômodas. Um acromata (cego para cores), apesar de algumas limitações, consegue fazer sentido do que vê sem visão colorida, uma visão colorida sem contrastes de luminosidade, por outro lado, seria quase pura abstração. Não é de se surpreender então que essas “cores” sejam as primeiras a serem nomeadas, porém, como indicam os parêntesis, chamá-las de cores não é uma afirmação absoluta, visto que elas são também conhecidas como “não-cores”.

Com isso, chegamos à terceira, ou primeira, cor a ser nomeada: o vermelho. Não à toa ele é chamado de “colorado” em espanhol e dizemos ficar “corados” de vergonha. A razão para esta ser a primeira cor provavelmente está ligada ao impacto psicológico, simbólico, do fogo e do sangue, lembrando que, sendo o primeiro nome de cor, seu alcance era maior do que hoje, incluindo assim magentas, púrpuras, alaranjados e a maioria dos amarelos. Em algumas culturas o nome para sangue e vermelho é o mesmo (ARNHEIM, 2016). As cores são geralmente nomeadas em associação a algo natural e material, já previamente nomeado. Na língua portuguesa exemplos claros são a fruta laranja e a flor violeta.

Voltando ao caso do azul, é curioso observar que o poeta grego Homero nunca utilizou um termo equivalente, chamando o mar, nas *Ilíadas* e na *Odisséia*, de “vinho-escuro” ou “de aparência do vinho”, algo que levou a diversas discussões que resultaram em teorias como “o vinho grego era azulado” ou “os gregos antigos eram daltônicos”. Embora não haja uma conclusão precisa sobre o que esse vocabulário empregado representa em termos de percepção é provável que Homero estivesse fazendo alusão não à uma cor, mas às qualidades de absorção e refração da luz num meio aquoso escuro, ou que, na ausência de um vocábulo específico para o azul, apenas adotou uma solução poética agradável. (WILFORD, 1983)

A princípio, considerando que vivemos num mundo saturado de todas as cores possíveis, pode parecer estranha a dificuldade de se nomear o azul, no entanto ele é excepcionalmente raro na natureza, estando mais ubiquamente presente no céu livre de nuvens e nas águas. Provavelmente na maior parte dos casos, apenas quando o azul passa a ser conhecido como pigmento é que ganha

um nome próprio. O vocábulo mais antigo para o azul conhecido pertence aos Antigos Egípcios, que foram também os primeiros a desenvolverem pigmentos azuis (ZOLFAGHARIFARD, 2015). O “azul” do português vêm da pedra lápis-lázuli, que foi utilizada para a fabricação de um dos primeiros pigmentos azuis da história, o ultramarino.

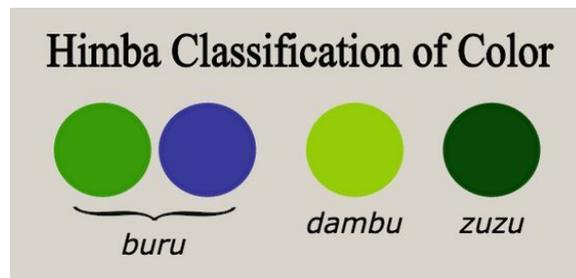
Como a conceituação e divisão das cores é em si um problema, que só pode ser resolvido pela percepção e, portanto, subjetivo, os nomes adotados são sempre um tanto indeterminados. De fato, pode nos ser útil ao ler diferentes autores, que usam diferentes nomes para falar das mesmas cores, que pensemos nas cores não como puras e uniformes, mas como “cores cheias”, que compreendem uma gama contínua. Um “vermelho” por exemplo pode se referir a qualquer tom entre magenta e amarelo e a qualquer variação de saturação e brilho dentro deste matiz.

Rudolf Arnheim (2016) sugere que, apesar das diferenças de nomenclatura das cores, se sabemos que (excluindo daltônicos) todos os seres-humanos possuem o mesmo tipo de retina e sistema nervoso, apenas ligeiramente diferentes, logo não devem haver diferenças fisiológicas significativas na percepção de cores, ou mais corretamente, de relação das cores, entre indivíduos de diferentes culturas. Só são precisas três cores primárias para chegarmos a todas as demais (aproximadamente, mas não com precisão e extensão total, como veremos no próximo capítulo). Era, portanto, de se esperar que houvesse concordância em culturas diversas sobre quais cores são mais básicas. A realidade, porém, é que os nomes das cores são criados segundo a utilidade, e não por explorações perceptuais complicadas, que foram necessárias na criação de teorias e sistemas de cores. Num exemplo citado por Arnheim, uma tribo agrícola utiliza diversas palavras para diferenças sutis de coloração do gado, e não possui palavras que distingam azul de verde. Tal exemplo nos leva a questionar se essas diferenças classificatórias levam de fato a uma diferença perceptiva.

Estudos recentes com uma cultura ainda bastante isolada de influências externas da cultura ocidental e globalizada demonstra que a capacidade de nomear diferentes cores está, de fato, diretamente ligada a capacidade de percebê-las. Os Himba, que vivem em Namíbia e Angola, não possuem em seu vocabulário uma

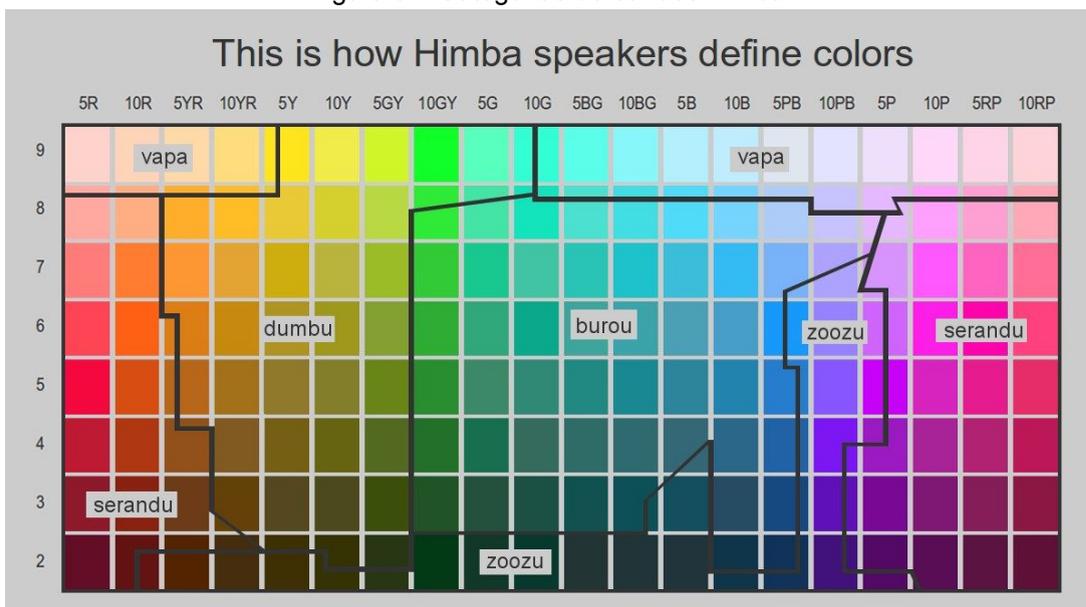
palavra específica para o azul, no entanto possuem palavras diferentes para verdes com pequenas diferenças de tonalidade. Um teste realizado com alguns membros dessa cultura, e um grupo controle de ocidentais (falantes de inglês), revelou que a sensibilidade dos Himba para perceber diferenças entre um quadrado azul de mesma luminosidade de outros quadrados verdes era baixa, demoravam a encontrar o diferente e às vezes só percebiam diferença depois que ela fosse indicada. Quando os quadrados eram todos verdes e um deles possuía um tom levemente distinto, apontavam imediatamente para o estranho entre os demais, ao qual chamavam por outro nome. O grupo ocidental teve resultados inversos, viam o azul prontamente, mas não tinham sensibilidade para a diferença entre os verdes.

Figura 2 – Nome Himba para determinados tons de verde e azul e nomes para demais verdes.



Fonte: : /www.gondwana-collection.com

Figura 3 – Categorias de cor dos Himba.



Fonte: puzzlewocky.com

Caso a percepção de distinção de cores fosse independente das classificações que utilizamos, essa diferença não teria acontecido. Em realidade, ao que parece, nomear cores significa, literalmente, diferenciá-las. Isso não significa dizer que nossa percepção de cor está subordinada à classificação, o que não faria sentido, mas sim que é por ela grandemente influenciada. Quando o mesmo teste foi realizado em crianças entre dois e quatro anos, não houve qualquer diferença significativa de percepção entre elas, o que provê, apesar de tudo, suporte a modelos universalistas de categoria de cor (MACLAURY et al., 2007).

Neste trabalho, os nomes de cor utilizados estão mais alinhados aos padrões RGB (sistema aditivo de cores) e CMYK (sistema subtrativo) utilizados mundialmente em tecnologias de mídia digital e impressões gráficas, respectivamente. Esses sistemas serão discutidos no capítulo a seguir. De todo modo, peço que considerem sempre uma “margem de erro” para a relação entre o nome de uma cor, a composição espectral dela, e o fenômeno em si. Devo alertar inclusive sobre minhas próprias inclinações pessoais na classificação das cores aqui nomeadas e ressaltar que nas imagens coloridas há sempre alterações entre visores e impressões, portanto devem ser entendidas como aproximações e não representações precisas.

3 TEORIAS DAS CORES

Não há apenas uma teoria da cor, nem um sistema definitivo de cor. A ciência da cor, para uma mais completa abordagem de seu objeto de estudo, precisa basear-se na física, química e biologia, as três grandes áreas da ciência, e também na psicologia, antropologia, filosofia e arte. Pela transdisciplinaridade que pedem, as cores são um assunto de interesse para a revisão do paradigma científico materialista, pois nos forçam a enxergar que certos aspectos da realidade não podem ser entendidos de um ponto de vista única ou primariamente material, mas que a mente humana e seus comportamentos são intrínsecos aos fenômenos que observamos.

Lembrar disso é também essencial para que não incorramos no erro de acreditar que um sistema de cores seja absoluto e final. Veremos que, na realidade, nenhum é capaz de unir todo o conhecimento já adquirido sobre cores e estabelecer regras uniformes, universais e perenes para sua percepção e utilização. Fatores “objetivos”, como os físico-químicos e fisiológicos, por si só já apresentam variações em diferentes casos, somando-se a isso as grandes variações observadas nos fatores subjetivos, as diferenças culturais e inclinações pessoais, fica claro que uma teoria de cor absoluta (correta para todos os observadores) nunca será alcançada.

Cor só existe como sensação e percepção. Os correspondentes físicos e fisiológicos das cores não são “cores”, mas informações que inconscientemente interpretamos como cor. A sensação surge, em primeiro lugar, quando nosso cérebro é excitado por um estímulo que se inicia no olho, no entanto, tão logo a sensação se forma, as altas faculdades da mente sobrepõem a essa informação toda sua carga de experiências. A percepção da cor vem carregada de associações e significados que não são próprios às cores em si, mas que as tornam especialmente úteis como ferramenta simbólica.

Afinal, para quê vemos cores? Evolutivamente, a explicação dada é a grande vantagem perceptual que a visão colorida confere aos animais. Podemos saber se uma fruta está madura pelas mudanças em sua cor. Coletamos facilmente frutas

vermelhas em meio a um arbusto verde, daltônicos não, e isso pode significar prosperidade ou extinção para uma espécie (GOLDSTEIN, 2010). Certos animais possuem cores vibrantes, como muitos pássaros e borboletas, com o objetivo de comunicação entre os demais membros da espécie, especialmente para os rituais de acasalamento. Outros simulam as cores de seus arredores para se camuflar. Enquanto algumas rãs, cobras e o pássaro *pitohui* da Nova Guiné utilizam suas cores para alertar possíveis predadores de sua natureza venenosa e espantá-los ainda à distância. (SCHIFFMAN, 2005)

Porém, como nenhum outro animal, o ser humano é capaz de desenvolver linguagens simbólicas complexas e produzir suas próprias cores, tomando da natureza ou a transformando, e utilizá-las como quiser. É capaz de apreciação estética e produção artística. A capacidade de ver cores não é algo simplesmente dado pela natureza, mas uma conquista evolutiva que define nossa relação com ela, e que no campo da subjetividade humana nos permite, de certo modo, transcender seus limites.

Os tópicos a seguir, oferecendo uma breve explicação do fenômeno cromático, foram divididos seguindo as categorias de cores propostas por Johann Wolfgang von Goethe em sua *Teoria das Cores* (1840), e que correspondem precisamente à moderna divisão dos campos de estudo das cores: as Cores Fisiológicas (óptica fisiológica), as Cores Físicas (óptica física) e as Cores Químicas (óptica físico-química) (PEDROSA, 2003). Seguiremos também esta ordem: iniciando pelas “cores fisiológicas”, como Goethe, e colocando a fenomenologia em primeiro lugar.

Pouco adiantaria explicarmos as estruturas do olho ou a composição da luz e dos pigmentos sem antes acessarmos a própria experiência da cor. Ela acontece independente do conhecimento sobre a matéria que a torna possível. Isaac Newton, o grande pioneiro da física, apesar de seu gênio, desconsiderou importantes facetas das cores ao colocar-se como observador universal ideal, ignorando em grande parte a importância do observador particular, de sua mente e da constituição de seus olhos. O poeta Goethe, apesar dos teimosos equívocos quanto à física da luz, que considerou ser de um branco indivisível, inaugurou o estudo da percepção da

cor em sua época, criando um compêndio de observações de fenômenos subjetivos de cor e investigando intelectualmente sua relação com a retina e com a mente. Embora tenha sido muito criticado por se opor, sem conhecimentos matemáticos, à física Newtoniana, a sua sensibilidade de observador cuidadoso e capacidade de descrição dos fenômenos subjetivos de cor são reverenciadas e, por elas, sua *Teoria das Cores* acabou por ser uma grande influência aos artistas dos séculos XIX e XX, assim como aos pesquisadores da percepção visual. Aqui, ao invés de opor o poeta ao físico, pretendo unir seus pontos de vista. Do mesmo modo como cores complementares se exigem uma a outra para a totalidade cromática, os estudos de um se complementam aos do outro para um entendimento mais completo, e menos equivocado, sobre a natureza da cor.

3.1 CORES FISIOLÓGICAS

Nós naturalmente colocamos estas cores em primeiro lugar, pois pertencem integralmente, ou em grande parte, ao sujeito – ao olho em si. Elas são a fundação de toda a teoria e revelam à nossa visão a harmonia cromática, sobre o qual tanta diferença de opinião tem existido. (GOETHE, 1840, p.1, livre tradução)

Começaremos expondo e explicando o fenômeno da cor de forma que o leitor possa acessar, através de sua própria visão, um entendimento básico de suas dinâmicas. Antes de tentar compreender os mecanismos do fenômeno nos interessa compreender o fenômeno em si, como acontecimento sensível e experiência imediata. Por essa razão, este tópico talvez devesse se chamar “Cores Psicofisiológicas”, incluindo assim a mente como fator de sua aparição. Mesmo hoje em dia, com todos os avanços da neurociência, é difícil a divisão de um fenômeno subjetivo em suas origens de ordem fisiológica e neurológica e de ordem mental.

Ainda neste tópico, será explicada a constituição fisiológica da visão a cores, cujo entendimento será completo pelo tópico seguinte, que oferece uma explicação à natureza física dos raios que nossos olhos e mente interpretam como cor.

3.1.1 Pós-imagens

Um fenômeno que teve bastante importância para a formulação de teorias sobre a visão, desde os antigos gregos, é aquele causado pela forte ou prolongada exposição da retina a uma cor ou luz, a *pós-imagem*. Goethe se debruçou bastante sobre o problema das pós-imagens e desenvolveu, assim como outros teóricos da cor, um entendimento da complementaridade e harmonia das cores através de suas observações.

As pós-imagens (também chamadas *imagens residuais*, *posteriores* ou *impressões consecutivas*), são respostas naturais da visão quando excitadas por um estímulo luminoso de maior ou menor grau, rápida ou demoradamente. Uma forte luz como um *flash* fotográfico pode causar uma breve *pós-imagem positiva*, isto é, que mantém a relação de brilho e tom com a fonte. Uma impressão mais prolongada de uma luz forte causa uma pós-imagem mais persistente, colorida e mutável, que podemos chamar de *efeito de deslumbramento*.

Para as teorias da cor, no entanto, são as *pós-imagens negativas* que possuem maior importância. Essas pós-imagens podem ser notadas (embora em baixo grau aconteçam todo o tempo) quando olhamos fixamente, por vários segundos, para uma imagem de cor sólida, e então removemos esta imagem, dirigindo o olhar a um fundo branco. O que veremos em seguida, impresso em nossas retinas, é uma cor complementar à da imagem original.

Um primeiro experimento que podemos fazer é olhar para um círculo preto em fundo branco por pelo menos 30 segundos e então deslocar a visão para uma área uniforme do fundo. Pode-se perceber assim um círculo claro em um fundo mais escurecido. Se nosso círculo for colorido, verde, por exemplo, veremos sua complementar, que poderíamos chamar de magenta ou púrpura. Caso seja laranja, veremos uma pós-imagem azulada. Percebamos que a pós-imagem negativa se inverte tanto em valor (entre claro e escuro) quanto em matiz, que são dimensões de cor relacionadas, porém distintas.

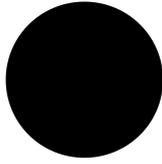


Figura 4 – Experimento de *pós-imagem negativa monocromática*.

Ao fazer essas observações Goethe se deu conta de uma resposta fisiológica à exposição prolongada de uma cor. Nossos olhos se adaptam a um estímulo persistente se tornando menos sensível a ele, e gerando (quicá na mente, e não nos olhos de fato) uma imagem complementar que leva à anulação da sensação proporcionada pelo estímulo constante. Essa anulação é a *totalidade cromática*, que se conclui com o desvanecimento da sensação de cor. Como diz Goethe:

Quando o olho vê cor é imediatamente excitado, e é de sua natureza, espontânea e por necessidade, em logo produzir outra, que com a cor original compreende toda a escala cromática. Uma única cor excita, por uma sensação específica, a tendência à universalidade. (GOETHE, 1840, p. 317, livre tradução)

De fato, se fôssemos capazes de manter nossos olhos absolutamente imóveis (há sempre movimentos involuntários, chamados *sacádicos*), a imagem projetada sobre a retina, por mais complexa que fosse, seria completamente anulada, indo de abstração à obliteração, por conta da insensibilização dos receptores e da projeção interior da pós-imagem complementar. (SCHIFFMAN, 2005)

Com a figura a seguir, podemos observar um clássico exemplo de pós-imagem com diversas cores. Olhando fixamente no centro da bandeira de cores invertidas por 40 segundos, e então desviando o olhar para um fundo neutro homogêneo, como uma área branca do papel ou parede, deve ser capaz de observar uma bandeira com as cores tradicionais, flutuando no centro da visão. A pós-imagem negativa perde sempre bastante definição em relação a original, por essa razão omitem-se aqui as estrelas. Esta bandeira foi composta segundo minha própria percepção para um resultado mais acurado, para outros observadores talvez tons um pouco distintos sirvam melhor.

Figura 5 – Experimento de *pós-imagem negativa colorida*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.2 Contraste simultâneo de cores

O efeito de *contraste simultâneo das cores* é o mais importante para os artistas, pois ele define todo o comportamento das cores em uma pintura e, assim, toda a potencialidade da beleza cromática. O químico francês Michel-Eugène Chevreul, com sua obra principal, *Da Lei do Contraste Simultâneo das Cores* (1839), buscou explicar cientificamente o que os grandes pintores percebiam por intuição. Uma cor pode se tornar mais desbotada ou vibrante segundo a relação que estabelece com as demais; tender a um tom ou outro, parecer mais clara ou escura, dependendo de seu par ou fundo. A natureza desse fenômeno é aparentemente complexa, e envolve tanto fatores fisiológicos e psicológicos quanto físicos, como busca demonstrar Pedrosa (2003) com sua *cor inexistente*.

Primeiramente, devemos estar alertas quanto à influência do fenômeno de pós-imagem complementar em certos efeitos de contraste. Toda imagem colorida, encarada por algum tempo, causará a manifestação de sua complementar, que será vista nas bordas como uma aura, especialmente sobre um fundo branco. Por mais fixo o olhar, movimentos sacádicos constantes causarão sempre o surgimento da complementar em suas bordas. Talvez a mítica da “aura espiritual” tenha sido inspirada por esse fenômeno. Este efeito explica apenas uma parte do problema do contraste de cor, mas seu impacto é considerável, pois a “película” da pós-imagem complementar sobrepõe-se à complementares “reais” presentes na imagem, acentuando o tom destoante, e sobrepõe-se a cores análogas, tornando-as mais uniformes. Para fazer uma diferenciação deste efeito ao do contraste simultâneo, Chevreul o denominou *contraste sucessivo de cores*, e para denominar o efeito somado de um com o outro: *contraste misto de cores*. (PEDROSA, 2003)

Figura 6 – Exemplo e simulação de *contraste consecutivo* ou *misto*.

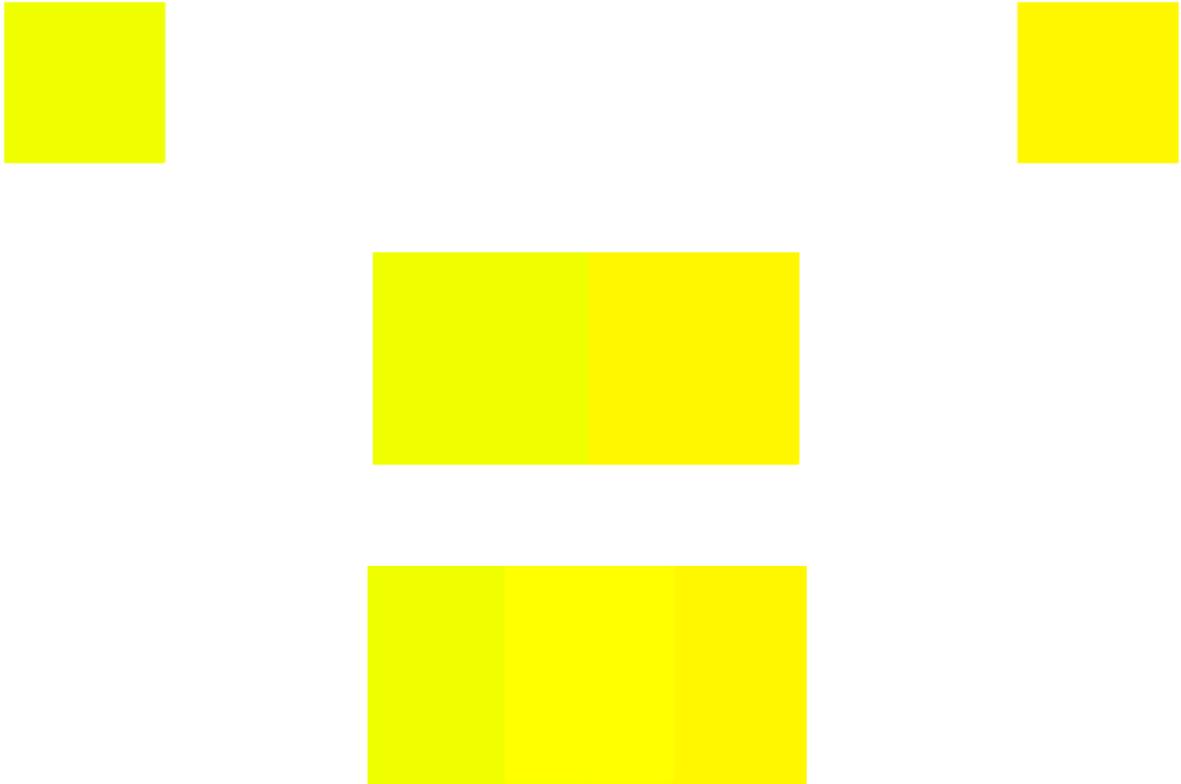


Fonte: Elaborada pelo autor.

Como observou Leonardo da Vinci: “cada cor parece mais nobre sobre os confins de sua contrária do que em seu próprio meio” (DA VINCI apud PEDROSA, 2003, p. 46). Um verde se torna mais verde contra um vermelho e o vermelho mais vermelho contra o verde. Um cinza sobre um fundo negro é mais claro que ele mesmo sobre um fundo branco. Além da pós-imagem negativa, um fenômeno mais subjetivo de contraste entra em operação. Goethe (1840) percebeu que uma figura colorida sobre um papel branco evoca sua complementar no papel ao redor, antes mesmo da pós-imagem afetá-la, e que, ao ser retirada a figura, sua pós-imagem complementar evoca por sua vez a cor original a seu redor, o que demonstra ser essa uma projeção subjetiva da cor complementar. A simples justaposição de cores parece criar uma relação acentuada de contraste, o *contraste simultâneo*, ou ao contrário, uma de *assimilação*, como observa Josef Albers (2009).

Arnheim (2016, p. 353) cita como exemplo um experimento de Von Allessch, que misturou levemente um amarelo com seus tons vizinhos para conseguir duas amostras, uma amarelo-esverdeada e outra amarelo-alaranjada, de tonalidades tão suaves que isoladamente cada uma parecia o mesmo amarelo, puro. No entanto colocadas uma ao lado da outra, suas tonalidades distintas se tornam gritantes, uma claramente esverdeada, a outra claramente avermelhada. Finalmente posicionando entre estas um terceiro amarelo intermediário “o contraste diminuía e o arranjo global se mostrava um amarelo mais unificado”.

Figura 7 – Experimento de *contraste simultâneo* e *assimilação*.

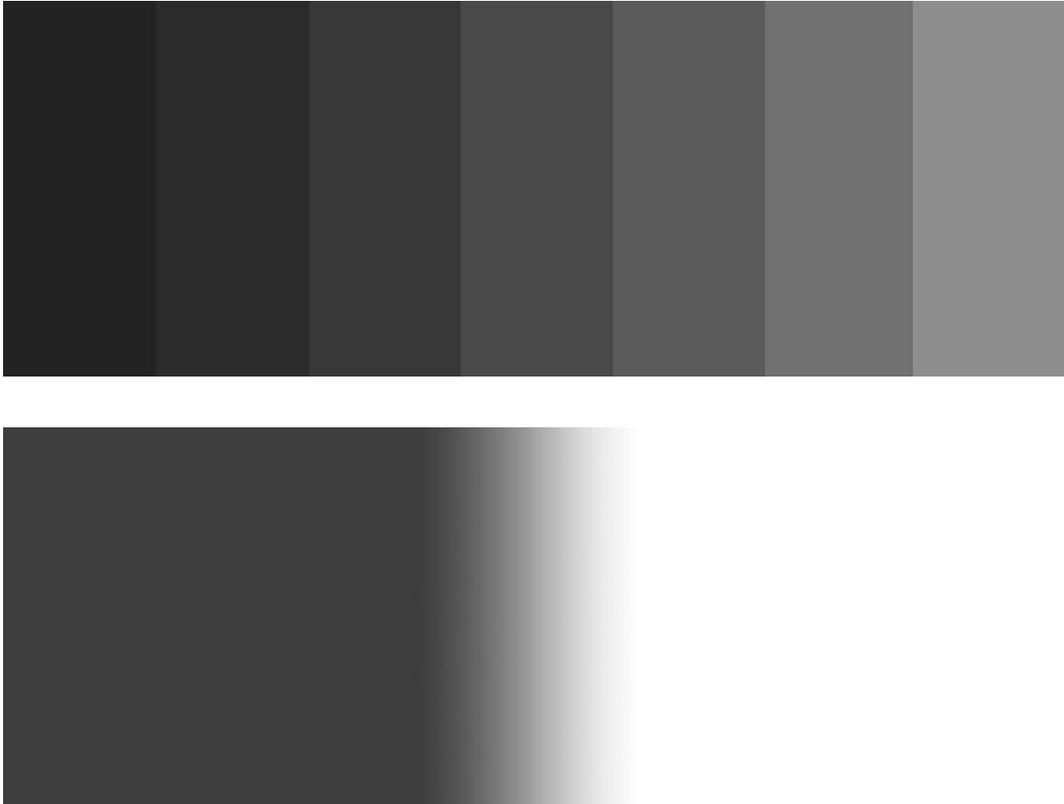


Fonte: Elaborada pelo autor.

Se os matizes justapostos forem suficientemente semelhantes, ao invés de se repelirem, podem se unificar, assimilando-se. Cada vez que um novo elemento cromático é adicionado a uma imagem, a relação dos demais elementos se altera em direção a maior semelhança ou a maior contraste.

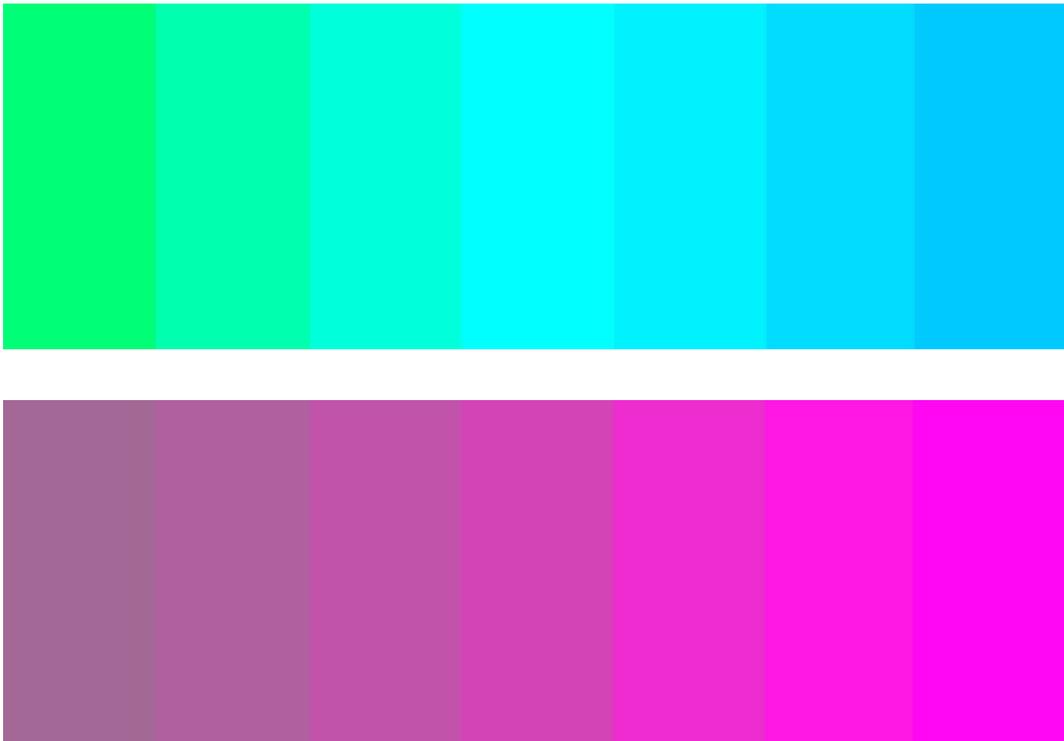
Em quadradinhos justapostos formando uma escala tanto de matiz quanto de brilho e/ou saturação, nota-se, com suficientes quadradinhos em sequência, um efeito subjetivo de contraste entre eles chamado de *bandas de Mach* (SCHIFFMAN, 2005) ou *efeito de canaleta*, segundo Albers (2009). O mesmo efeito se vê também numa gradação uniforme entre áreas de cor ou brilho contrastante. Em um exemplo, uma das faces de um quadrado intermediário de cor homogênea parecerá mais claro onde toca o quadrado vizinho mais escuro, e parecerá mais escuro onde toca o mais claro, aparentando uma ilusória gradação e se tornando mais distinto dos demais graças aos contrastes exacerbados nas bordas.

Figura 8 – Bandas de Mach monocromáticas: 1- em cinzas sólidas em escala; 2- em área de transição entre claro e escuro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Bandas de Mach cromáticas: 1- em escala de matiz; 2- em escala de saturação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Israel Pedrosa (2003) argumenta que há também um fator físico para o surgimento de uma cor complementar onde não há pigmento que a justifique. O que acontece seria um fenômeno de irradiação da própria luz que incide a complementar da área colorida sobre um fundo ou área justaposta incolor, criando o que ele chamou de “cor inexistente”. Este efeito supostamente se revela também em fotografias, comprovando assim sua origem física.

É de conhecimento popular que “preto emagrece” e uma figura branca possui contornos mais indefinidos. O que é escuro parece contrair em relação ao que é claro, e o que é claro parece avançar sobre o que é escuro. Acredita-se que isso ocorre graças a um efeito de irradiação da própria luz incidida na retina.

Alguns matizes são, numa mesma saturação, mais luminosos que outros. Como Goethe pôde notar, o azul e violeta, menos luminosos, parecem espaciais e distantes, tragando o olhar, enquanto o amarelo e laranja, mais luminosos, avançam e parecem brilhar.

Figura 10 – Qual cor é mais luminosa e qual parece mais distante?



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Constância de cor e cor mnemônica

Independente de mudanças na luz que ilumina uma cena, nossa percepção sobre as cores dos objetos pouco se altera, não acreditamos que suas cores tenham efetivamente mudado, apesar de diferenças notáveis na iluminação. Essa tendência da cor em parecer sempre a mesma chama-se *constância de cor*, e ela existe por

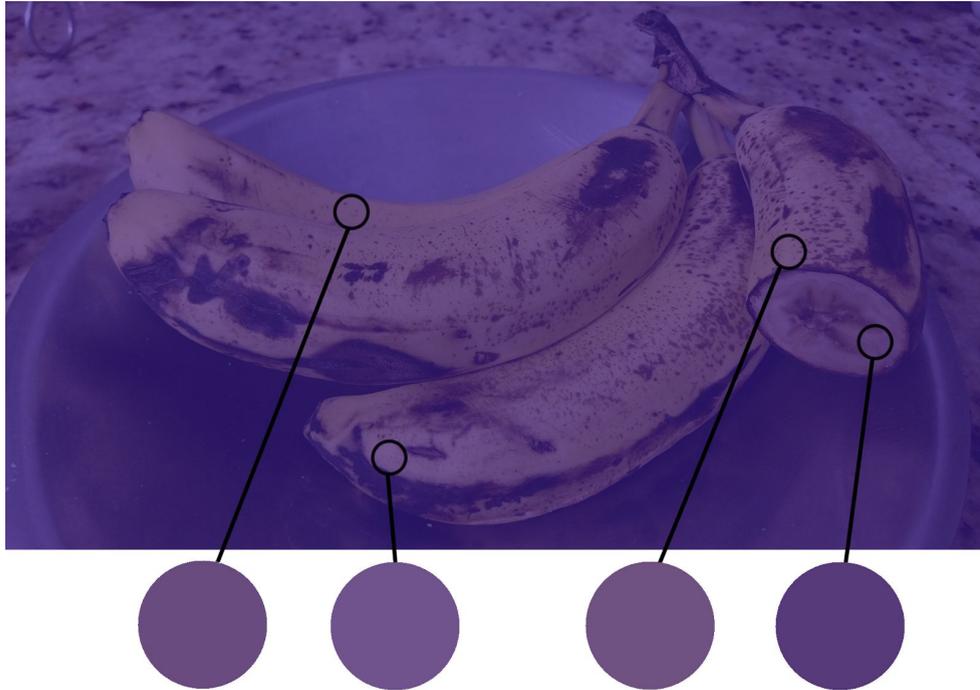
razões práticas de reconhecimento do mundo exterior. Provavelmente evoluiu em nossa espécie para regular nossas reações às mudanças naturais de luminosidade ao longo de um dia e sob diferentes condições climáticas, tendo se tornado também útil à nossa adaptação a luzes artificiais de diferentes tonalidades.

As cores dos objetos são uma ferramenta fundamental para sua identificação, se uma banana nos parecesse violeta teríamos dificuldade de reconhecê-la e talvez perdêssemos o apetite. No entanto, mesmo sob a luz mais violetada podemos “ver” o amarelo da banana, embora tenha na realidade se rescindido por completo. Isso ocorre graças a comparação automática feita sobre a diferença equivalente de luminosidade entre um objeto e o restante da cena, o *efeito de fundo* (resultado pelo *contraste simultâneo*), e graças à nossa expectativa de ver a banana amarela.

Nosso conhecimento sobre as cores dos objetos, e expectativa de corroboração constante de nossas experiências prévias, nos faz ver nos objetos familiares as cores que esperamos neles encontrar. A essa cor mentalmente projetada pela memória Ewald Hering (1920) chamou *cor mnemônica*.

Figura 11 – Exemplo de constância de cor e cor mnemônica. Com um filtro violeta sobre a imagem original as bananas ainda aparentam ser amareladas, apesar de não mais haver “amarelo” nelas.





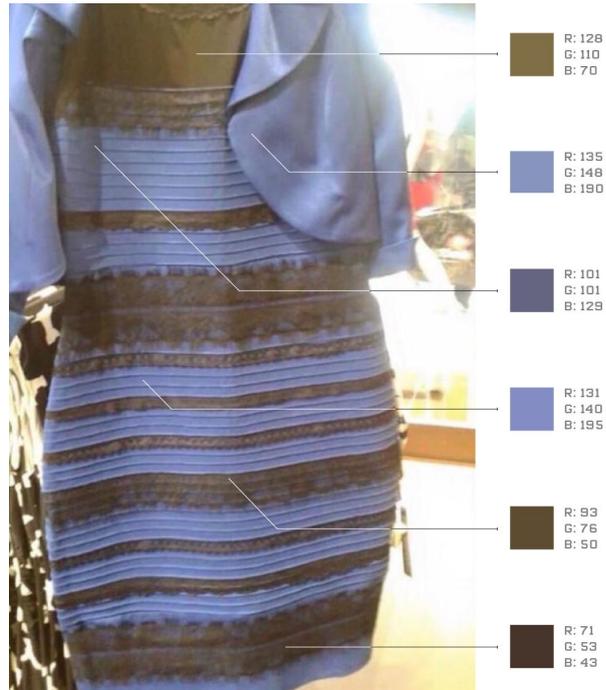
Fonte: Elaborada pelo autor.

Outro fator importante para a constância de cor é a *adaptação cromática*. Como vimos, a exposição prolongada de uma cor leva à projeção interna de uma cor complementar, dessa forma levando a visão a um estado de neutralização da cor constante. Quando estamos dentro de um cômodo iluminado por uma luz de tungstênio, amarelada, somente percebemos o predomínio dessa cor nesse ambiente quando saímos para outro cômodo de luz fluorescente, azulada, que por sua vez parecerá radicalmente azul até que a adaptação aconteça novamente. (SCHIFFMAN, 2005)

Um curioso exemplo da constância de cor em ação, e como a interpretação pode ser alterada segundo o entendimento de uma imagem no cérebro de cada um, é a fotografia do vestido azul-preto/branco-dourado (figura 11), que viralizou na internet em 2015, causando grande polêmica entre as pessoas. Segundo uma pesquisa publicada três meses após a imagem se tornar viral, 57% dos entrevistados viam azul e preto, 30% branco e dourado, 11% azul e marrom e 2% outras combinações. A imagem é ambígua por conta do recorte e iluminação, possibilitando mais de uma interpretação. O vestido de fato é azul e preto, porém na fotografia está superexposto à uma luz amarelada. Dependendo da interpretação

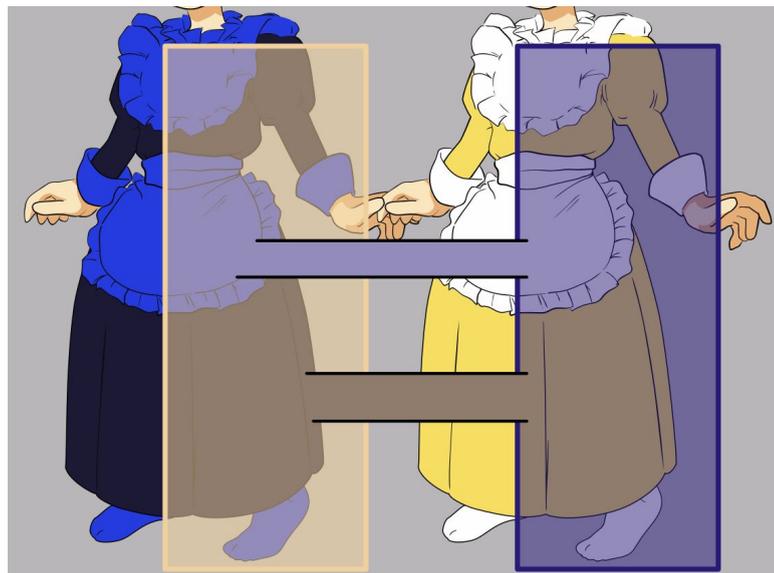
adotada pelo cérebro o vestido pode ser entendido como azul e preto superexposto, ou como branco e dourado subexposto, colocado à sombra, em contraste com o fundo luminoso. (LAFER-SOUSA et al., 2015)

Figura 12 – O polêmico vestido de cores ambíguas.



Fonte: www.wired.com.

Figura 13 – Ilustração que demonstra como as cores do vestido podem ser vistas de duas formas segundo a condição de luminosidade interpretada pelo cérebro.



Fonte: commons.wikimedia.org

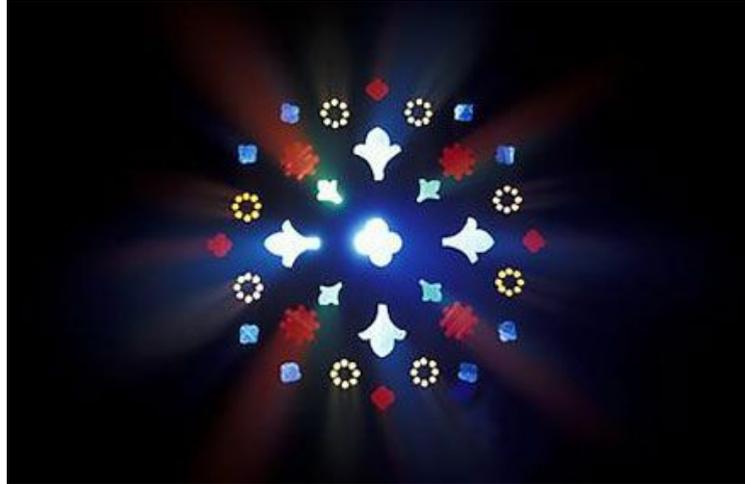
3.1.4 Cores Subjetivas

Esta categoria poderia incluir o efeito de pós-imagem, parte do de contraste simultâneo e a cor mnemônica, já comentados. Mas aqui ela corresponde a uma série de diferentes fenômenos de cor que se relacionam pelo fato de terem origem na própria visão, manifestando-se na ausência de estímulo luminoso externo, e que, por isso, podemos chamar também de *cores entópticas* (dentro do olho, ou visão). Não é claro, em alguns casos, o quanto desses fenômenos ocorre de fato com envolvimento dos olhos e o quanto é formado apenas por processamentos neurais.

O primeiro fenômeno que devemos observar são os *fosfenos*, sensações luminosas e coloridas de pontos, linhas e padrões geométricos que se formam naturalmente na visão quando o olho é pressionado. Esse fenômeno, tendo sido observado pelos antigos filósofos gregos, originou a teoria dos *raios visuais e luz do olhar*, que afirmava que os olhos possuem luz própria, deles emanada em analogia à luz exterior, formando entre objeto e observador a imagem do mundo. Goethe revitaliza essa concepção com suas observações de fosfenos e sonhos coloridos. No entanto, já está bem comprovado que não há necessidade de raios saindo dos olhos para a formação da visão, basta que a luz exterior o penetre. Nem por isso, não há alguma sabedoria nesta ideia, pois é possível que os olhos sejam de fato capazes de produzir uma baixa bioluminescência (PEDROSA, 2003; BÓKKON, 2014), e mesmo que isso não aconteça, a mente é de todo modo capaz de produzir sua própria sensação luminosa, na ausência de estímulo luminoso.

Fosfenos podem ser induzidos não apenas por pressão ocular, mas também por luzes estroboscópicas, observadas de olhos fechados, através das pálpebras. Diferentes velocidades de intermitência da luz podem formar diferentes sensações de cor e forma, com alguma consistência. Podemos chamar de fosfenos também as visões primárias formadas no *estado hipnagógico* (limiar entre vigília e sono), com o uso de psicotrópicos, e no *cinema do prisioneiro* (fenômeno mental de produção espontânea de alucinações em resposta à ausência de estímulos, a privação sensorial), como acontece a um prisioneiro a dias em uma cela escura e silenciosa.

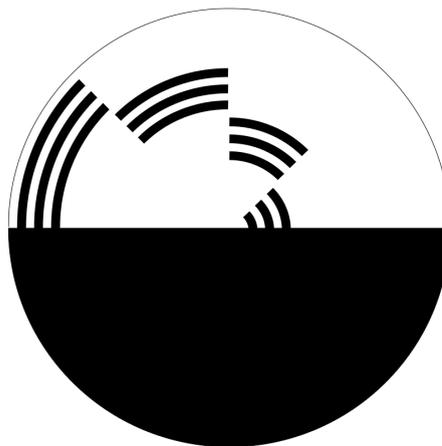
Figura 14 – *Still* do filme *The Prisoner's Cinema*, 2008, de Melvin Moti. Representação artística de fosfenos induzidos a partir de privação sensorial.



Fonte: mmtheprisonerscinema.files.wordpress.com

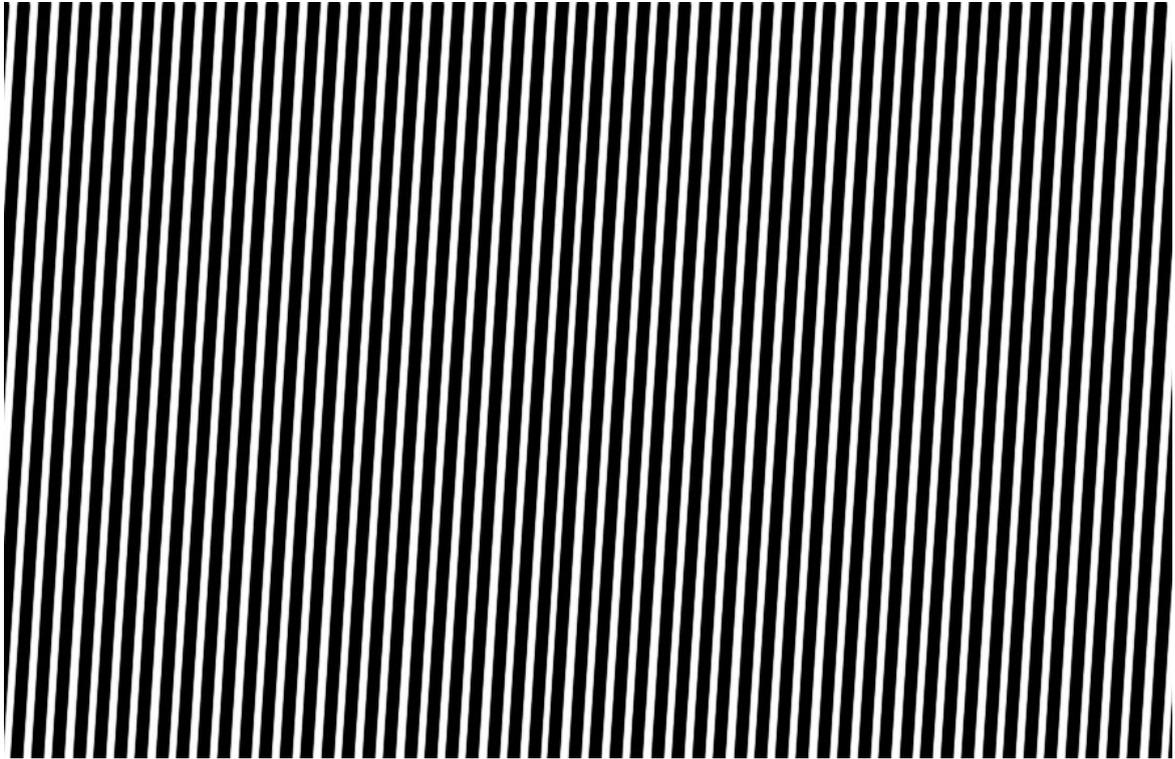
Nos *discos de Benham* e em imagens de linhas brancas e pretas intercaladas proximamente, é possível à maioria das pessoas perceber sutis formas de cores subjetivas. Veem nos discos de Benham, dentro dos círculos formados pelo movimento dos padrões desenhados, sensações de cores distintas em cada círculo, embora algumas pessoas não as percebam. Nas linhas enfileiradas pode surgir, perpendicularmente a elas, a sensação de sutis “raios” coloridos e dinâmicos, zigzagueando. Essas sensações de cor não são originadas pela luz de fato, mas acontecem no processamento neural “confuso” das linhas em constante movimento sobre os fotorreceptores. (SCHIFFMAN, 2005)

Figura 15 – Disco de Benham



Fonte: commons.wikimedia.org

Figura 16 – Experimento de cores subjetivas em linhas paralelas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em sonhos, em estados hipnóticos e hipnagógicos, em fosfenos mecanicamente induzidos, no cinema do prisioneiro, em “enxaquecas visuais”, em alucinações de Charles Bonnet e em alucinações causadas por drogas psicotrópicas (especialmente algumas psicodélicas que atuam vigorosamente no córtex visual), surge no campo sensorial todo tipo de sensação luminosa e colorida possível ao organismo e mente humana por sua própria volição. Como observam Aldous Huxley (2015) e Oliver Sacks (2012), as cores subjetivas podem possuir caráter espectral, fantasmagórico e dinâmico, podem ser sutis ou extremamente vívidas e adquirir tonalidades que pareçam novas, raras e até “impossíveis” à percepção ordinária do dia-a-dia.

3.1.5 Teorias da percepção de cores

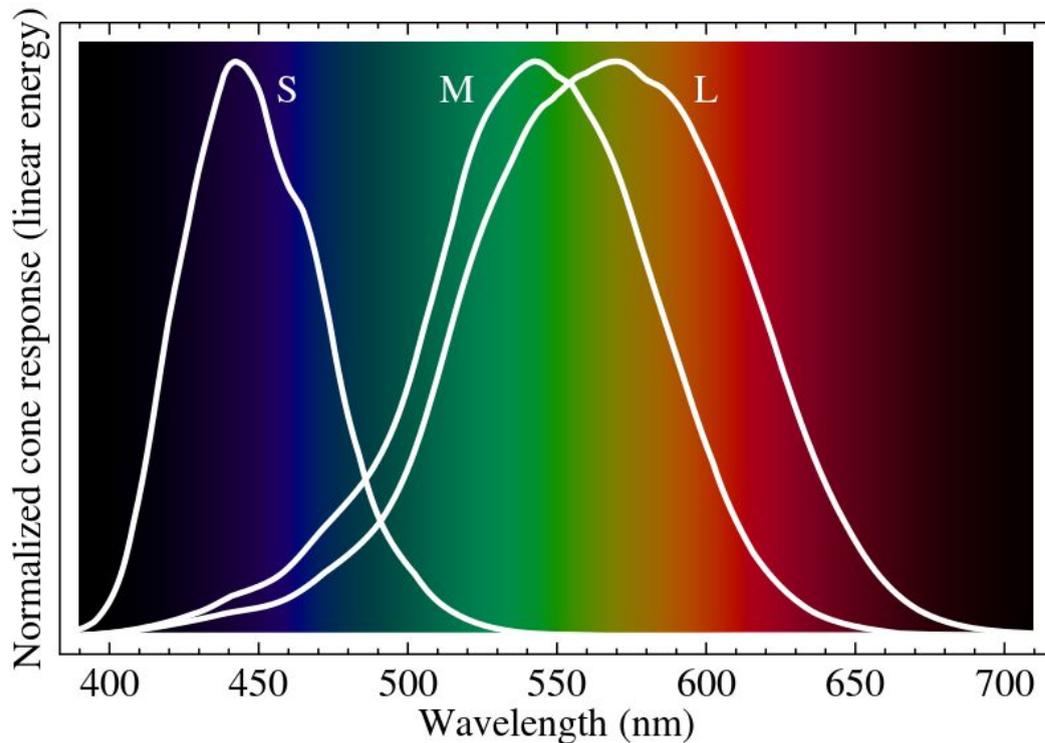
Finalmente chegamos a uma explicação científica para a visão colorida possibilitada pelos mecanismos do órgão visual. Carecemos, no entanto, de uma breve explicação da origem física da cor, se quisermos compreender o funcionamento dos olhos. Uma explicação mais detalhada se apresenta no tópico seguinte. O que precisamos saber aqui é somente que a luz branca é composta por raios de vários comprimentos de onda, entre 380 nm e 700 nm (nm – nanômetros, um bilionésimo de metro). E que esses raios de diferentes frequências, combinados, produzem nos olhos todas as cores que a visão alcança.

Como, no entanto, o olho é capaz de produzir essas cores? Duas teorias oferecem as mais convincentes explicações para esse fenômeno, a *Teoria tricromática do receptor* (Teoria de Helmholtz-Young) e a *Teoria do processo oponente*, atribuída a Ewald Hering. Essas teorias parecem, afinal, se complementar.

A *teoria tricromática* prevê que há na retina três diferentes tipos de células fotorreceptoras especializadas na visão de cor, chamadas *cones*. Além dos cones, estão presentes na retina, em quantidade muito maior, fotorreceptores chamados de *bastonetes*, que não são capazes de fornecer a sensação de cor, mas são sensíveis à luz de mais baixa intensidade, possibilitando uma visão noturna razoável.

Fortes evidências fisiológicas indicam a existência de três tipos de cone. Cada um dos tipos de cones possui em seu interior um fotopigmento especialmente sensível a determinado comprimento de onda da luz: um possui sensibilidade máxima a raios de comprimento de onda curto, de mais ou menos 445 nm; outro, a raios de comprimento de onda médio, de 535 nm; e outro, a raios de comprimento de onda longo, de 570 nm. São chamados de receptores de ondas curtas (S – do inglês, *short*), médias (*M – medium*) e longas (*L – long*). A curva de sensibilidade dos três se cruzam. Os cones L e M são sensíveis à maior parte do espectro visível, enquanto os S respondem à menos da metade.

Figura 17 – Curvas de sensibilidade dos cones da retina.



Fonte: commons.wikimedia.org

Para vermos todas as cores, precisamos apenas desses três receptores, e cada um deles “vê” uma cor distinta em relação aos demais, essas três cores são o *azul*, o *verde* e o *vermelho*. Quando apenas raios de 445 nm são enviados aos olhos, os cones S são aqueles que os sentem com máxima intensidade, e enviam a informação recebida ao cérebro, que a interpreta como “azul”. Raios de ondas médias geram a sensação de verde, de ondas longas a de vermelho.

O vermelho, o verde e o azul são cores primárias geradoras, o que significa que, com apenas essas três cores, o conjunto olhos-cérebro é capaz de formar todas as demais cores que vemos. Um estímulo de luz de 580 nm, na faixa do amarelo espectral, ativa os cones L e M ao mesmo tempo. Quando são apresentados aos nossos olhos duas luzes, uma vermelha e outra verde, o que nós vemos é, também, amarelo. A ativação simultânea de cones L e M interpostos na retina é interpretada como “amarelo”. A combinação da ativação dos cones M e S resulta em ciano, a dos cones S e L em magenta. A combinação da ativação igual

de todos num só momento resulta na sensação de branco, ou cinza, enquanto a ausência de estímulo, a escuridão, resulta em preto. Uma explicação mais detalhada da mistura aditiva de cores está dada no tópico seguinte.

A *teoria do processo oponente*, assim como a tricromática, defende a existência de três mecanismos independentes para a percepção de cores. No entanto, cada um desses mecanismos seria composto de um par de processos cromáticos ou sistemas neurais *oponentes*. A ideia é que cada processo seja capaz de produzir duas respostas antagônicas, ora uma, ora outra. Esses processos são o amarelo-azul, vermelho-verde e preto-branco (este último responsável pela sensação da intensidade da luz, e não tonalidade). Deste modo, só se é possível experimentar, por exemplo, o amarelo *ou* o azul, e não o amarelo e o azul. A combinação de dois estímulos contrários leva à anulação de ambos, resultando em ausência de cor, ou seja, branco ou cinza.

Ambas as teorias são consistentes com as pós-imagens complementares. Na do processo oponente uma cor exige a outra. Já na teoria tricromática, os cones naturalmente perdem sensibilidade ao serem expostos prolongadamente a uma luz. Se tomarmos como exemplo um estímulo de cor amarela sendo apresentado aos olhos, os cones M (verdes) e L (vermelhos) são ativados e, gradualmente, perdem sensibilidade ao estímulo, se adaptando. Quando o estímulo é removido e se olha para uma superfície branca, os cones S (azuis), não-adaptados, se ativam mais intensamente, formando assim um pós-imagem azulada, complementar do amarelo.

Afinal, conclui-se que ambas as teorias explicam a visão colorida em diferentes níveis: a *teoria tricromática* a nível retiniano, oferecendo uma resposta ao funcionamento dos fotorreceptores; e a *teoria do processo oponente* a nível de um estágio posterior do sistema visual, explicando o processamento neural dos estímulos captados pela retina. Essa proposta, elaborada por Hurvich e Jameson, estabelece que a cor é um *processo de dois estágios*, com os processos oponentes acontecendo após a estimulação dos cones tricromáticos. (SCHIFFMAN, 2005)

3.1.6 Daltonismo

Defeitos da visão colorida são chamados de discromatopsia, discromopsia ou “daltonismo”, em homenagem a um dos primeiros cientistas a descrevê-los e também seu portador, o químico inglês John Dalton. Estudos sobre o daltonismo foram importantes ao desenvolvimento das teorias da percepção de cor, pois revelam bastante sobre o processamento fisiológico da luz em cor ao mostrar que nem todos são capazes de ver todas as cores que a maioria consegue, na maior parte dos casos por diferenças fisiológicas da retina. Cerca de 5 a 8% dos homens e menos que 0,5% de mulheres possuem algum defeito na visão a cores.

Existem três tipos abrangentes de daltonismo: o *tricromatismo anômalo*, o *dicromatismo* e o *monocromatismo*. Cada um desses tipos se subdivide em outros específicos. O tricromatismo anômalo compreende a *protanomalia* (deficiência do pigmento do cone L), a *deuteranomalia* (do cone M), o tipo mais comum de todos, e a *tritanomia* (do cone S). O dicromatismo compreende a *protanopia* (ausência do pigmento do cone L), a *deuteranopia* (do cone M) e a *tritanopia* (do cone S). Já o monocromatismo é caracterizado pela ausência ou deficiência grave de todos os pigmentos, ou apenas dois deles.

No tricromatismo anômalo, os cones L e M tem um pico de sensibilidade mais próximo um do outro, sendo ativados em intensidade quase igual por um mesmo comprimento de onda, o que leva a indiferenciação entre os estímulos e, assim, à percepção quase uniforme de uma faixa do espectro. Verdes e vermelhos parecem quase a mesma coisa, mas mais diferenciados do que nos dicromatas.

Para os dicromatas protanopos e deuteranopos, o espectro fica basicamente dividido em azuis, que percebem bem, e amarelos. A indiferenciação entre os espectros para verde e vermelho resulta na sensação de amarelado e acinzentado. Os tritanopos, muito mais raros, não percebem os azuis, e assim os amarelos são igualmente apagados, indistinguíveis de cinzas. Eles percebem as onda longas como avermelhadas e as médias e curtas como esverdeadas (ou cianadas).

Figura 18 – Percepção do espectro em diferentes tipos de daltonismo.



Fonte: chroma-glass.ucsd.edu .

Monocromatas, ou *acromatas*, ainda mais raros, são verdadeiramente cegos para cor. Todas as cores que tricromatas veem são a mistura de três, para os dicromatas, de duas, mas para os monocromatas, mesmo que percebam um tipo particular de comprimento de onda com um cone funcional, a informação só é útil ao entendimento de luminosidade de uma cena, pois uma cor não pode ser vista senão em relação a uma outra, complementar. Para eles as cores são gradações de cinza, algumas mais claras e outras mais escuras, pois os bastonetes são mais sensíveis a uma faixa específica de comprimento de onda. Monocromatas, além de não perceberem cor, possuem severa perda da acuidade visual.

Um outro tipo de daltonismo conhecido é um causado não por deficiências na retina, mas no processamento neural. Esse tipo de daltonismo é chamado de *acromatopsia*, uma completa cegueira cortical para cores, e é causado por algum dano na área do córtex cerebral especializada na codificação de cores.

Um caso de acromatopsia descrito por Oliver Sacks (1995) revela muito sobre a importância da cor para o espírito humano. O Sr. I, 65 anos, era um bem-sucedido pintor de arte abstrata, que vivia das cores, até sofrer uma concussão em um acidente automobilístico e, deste dia em diante, passar a enxergar o mundo em

preto-e-branco. Vermelhos e verdes lhe pareciam pretos, enquanto amarelos e azuis, quase brancos. Havia uma falta de gradação de brilho e os contrastes eram excessivos. No entanto, para além da perda na visão, essa mudança repentina na percepção do mundo causou um terrível impacto psicológico no Sr. I.

A comida era melhor apreciada sem ser vista, pois sua aparência, sempre cinza, causava asco. A pele das pessoas lhe parecia “cor de rato”. Como artista, muito da sua alegria de vida era providenciada pelas cores, e as tendo perdido, perdeu também o ânimo e passou por difíceis depressões. Com o tempo, felizmente, se habituou à nova condição e passou a criar marcantes obras em preto-e-branco. (SCHIFFMAN, 2005; SACKS, 1995)

3.2 CORES FÍSICAS

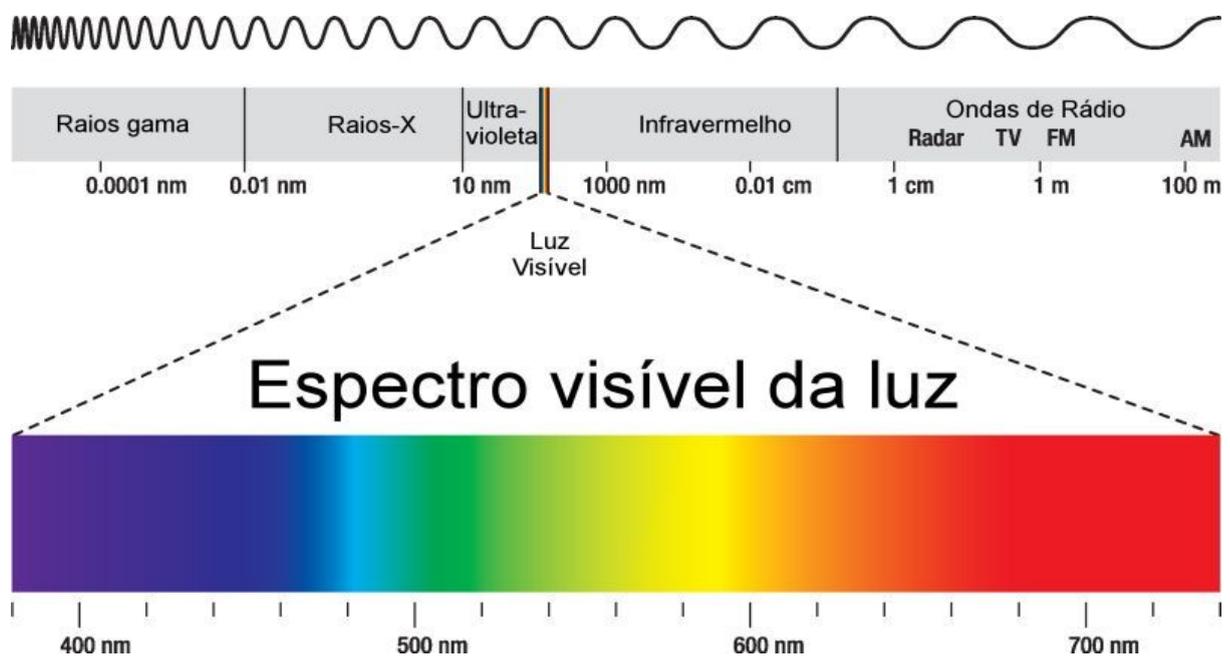
Os Raios, por assim dizer, não são coloridos. Neles nada há senão o Poder e Disposição de excitar a Sensação desta ou daquela Cor. (...) então Cores no Objeto nada são senão a Disposição de refletir este ou aquele tipo de Raios mais copiosamente que os demais. (NEWTON, 1730, p.125, livre tradução)

Nada há na luz que a faça colorida por si mesma. As cores não estão nela contidas de fato, mas pela graça de seu efeito sobre os olhos elas se manifestam na visão. A definição de “luz” é o primeiro problema que temos que investigar aqui. A princípio, luz é aquilo que é visível. Através da visão conhecemos a luz e, por seu efeito, a definimos. Porém, para a física, a luz é mais do que aquilo que podemos ver: é uma entidade física, um tipo de *radiação eletromagnética*. A luz visível é, portanto, uma faixa específica dentro do *espectro eletromagnético*, que vai desde *ondas de rádio*, de comprimento de onda longuíssimo (de quilômetros), a *raios gama*, de comprimento de onda curtíssimo (de trilionésimo de metro).

3.2.1 Espectro eletromagnético visível

Precisamos compreender que a luz branca solar contém todas as cores do arco-íris e que elas são manifestas a partir de radiação eletromagnética de diferentes comprimentos de onda. Um prisma refrata os diferentes comprimentos de onda presentes na luz branca, decompondo-a, tornando visível cada comprimento de onda presente. É a diferença de refração entre os diferentes comprimentos de onda que faz surgir, em sequência, as várias cores do arco-íris. Os comprimentos curtos refratam-se mais, e os longos, menos. Esses raios refratados, que se apresentam como cores, chamamos de *espectro eletromagnético visível*.

Figura 19 – Espectro eletromagnético visível.



Fonte: infoescola.com

Para a maioria dos animais vertebrados o espectro eletromagnético visível se compreende entre, aproximadamente, 380 nm a até 760 nm. Isso abrange apenas cerca de um setenta avos do espectro total. Com uma visão tricromática padrão, a radiação de comprimento de onda mais longa, em um extremo, gera a sensação do vermelho, e a de comprimento de onda mais curta, no outro, a de violeta, e entre

elas todas as demais cores espectrais (do arco-íris). Alguns animais, como o pavão e algumas borboletas, são sensíveis à radiação ultravioleta, que se encontra logo após o violeta e é invisível para o ser humano. Certas cobras possuem órgãos receptores específicos para o infravermelho e são assim capazes de “ver” o calor emitido pelos corpos. (SCHIFFMAN, 2005)

É importante esclarecer que na decomposição da luz branca encontramos apenas cores espectrais, e elas não compreendem todas as cores que a visão humana pode criar. Existem também cores chamadas de *extra-espectrais*. A maioria difere das espectrais somente por diferenças em intensidade e saturação, são geralmente compreendidas apenas como variações destas cores, somente em alguns casos possuindo uma denominação específica, como “marrom”, por exemplo.

No entanto, há uma cor extra-espectral muito singular e absolutamente necessária à harmonia do círculo cromático, pois une os extremos do espectro visível: o *magenta*. O magenta somente vem a ser quando raios de comprimento de onda longa (vermelho) e de comprimento de onda curta (azul) afligem uma área da retina num mesmo momento (ativando os cones L e S). Não há um único comprimento de onda que corresponda ao magenta. Pelo fato do vermelho espectral ser amarelado (pois ativa também cones M), e o magenta ser o tom ideal para misturas de pigmento (como veremos), é considerado muitas vezes um “vermelho mais puro” (GOETHE, 1840; HELLER, 2013).

3.2.2 Cores primárias geradoras

Quando Newton dominou o espectro visível com seu prisma, concluiu que as “sete” cores que observou eram primárias, ou seja, todas eram necessárias à síntese final do branco. Acreditava que a complementar de uma eram todas as demais. Thomas Young e Hermann von Helmholtz foram capazes de comprovar com seus experimentos que apenas três comprimentos de onda, três cores-luz

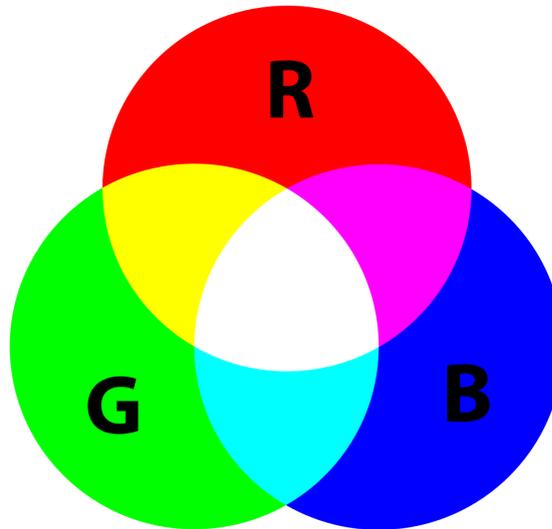
(cores emanadas diretamente de uma fonte luminosa) são necessárias para a síntese da luz branca. Projetando luzes coloridas em uma tela perceberam que *vermelho*, *verde* e *violeta* eram as únicas cores necessárias à criação do branco, assim como de todas as demais cores. Notem aqui que “violeta” não nos diz muita coisa a não ser que saibamos exatamente a que tom e comprimento de onda se refere. O mesmo poderia ser chamado de “azul”, como é feito hoje em dia, lembrando que o azul espectral possui uma inclinação ao violeta. (ARNHEIM, 2016)

Contemporaneamente se definem *vermelho*, *verde* e *azul*, como as três cores *primárias geradoras* ou *aditivas*, formadas a partir de luzes coloridas, de três comprimentos de onda distintas (que ativam cada um dos três cones, como já vimos). São chamadas de *cor-luz*, em oposição à *cor-pigmento* das *primárias subtrativas*, que como veremos seguem diferentes regras para sua utilização.

Os comprimentos de onda definidos como vermelho (570 nm), verde (535 nm) e azul (445 nm) puros são aqueles que resultam na máxima ativação dos cones L (sensível ao vermelho), M (verde) e S (azul), respectivamente. Se precisamos de apenas três cores para produzir todas as cores, precisamos também de apenas três cones. Misturando alternadamente pares dessas três cores-luz obtemos outras três cores, chamadas de *cores secundárias*. Essas cores são *magenta*, *amarelo* e *ciano*, e correspondem às três *primárias subtrativas*. Por resultarem da adição de duas luzes (e da ativação de dois tipos de cones), essas cores secundárias são mais luminosas que as primárias.

A complementar de um par de primárias é a outra primária. Desse modo, temos: vermelho e verde formando amarelo, que é então complementar ao azul; verde e azul formando ciano, complementar ao vermelho; e azul e vermelho formando o magenta, complementar ao verde. A soma de uma cor-luz à sua complementar, assim como a soma das três primárias, causa a sensação de branco. Para se obter todas as demais cores possíveis à percepção, basta que os três cones se ativem em diferentes intensidades, ou seja, que estímulos luminosos coloridos, vermelho, verde e azul, sejam apresentados em diferentes níveis de intensidade.

Figura 20 – Primárias geradoras (aditivas).



Fonte: commons.wikimedia..org

É esse o fundamento para o funcionamento adequado de tecnologias de imagem televisiva e digital. Não são necessários raios no comprimento do amarelo, digamos 550 nm, para que se produza a sensação de amarelo. Uma combinação de raios do vermelho, de aproximadamente 570 nm, com raios do verde, de 535 nm, causa virtualmente uma sensação idêntica de amarelo ao causado pelos raios de 550 nm. De todos os comprimentos de onda contínuos presentes no espectro, precisamos de apenas três deles para satisfazer nossa visão a cores. (SCHIFFMAN, 2005)

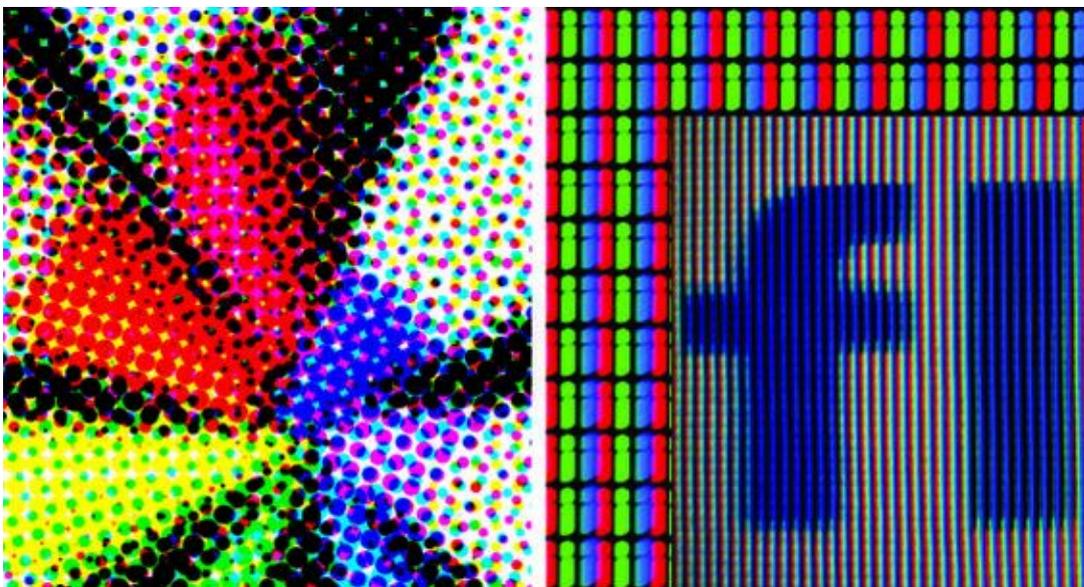
3.2.3 Mistura óptica

Os aparelhos de televisão e monitores atuais, capazes de produzir imagens coloridas, utilizam um sistema de *pixels* (menor unidade da imagem digital) divididos em três faixas de cor, vermelho, verde e azul, chamado internacionalmente de *RGB* (do inglês: *Red, Green, Blue*). Cada uma dessas faixas de cor no *pixel* pode apresentar menor ou maior intensidade em relação às demais. Quando um grupo

suficientemente grande de diminutos *pixels* é observado à distância é impossível ver as unidades, vê-se apenas o conjunto. Se em uma área de vários *pixels* estão ativadas somente as faixas azuis e verdes o que se verá nessa área é ciano, ou seja, o resultado da mistura aditiva destas cores. No entanto, neste caso, os raios não são sobrepostos (apenas parcialmente, por um efeito de irradiação), e sim justapostos e paralelos, causando de todo modo o mesmo efeito retinal, ativando os cones M e S que se encontram também justapostos. Ou seja, a mistura óptica das imagens digitais funciona, pois utiliza dos mesmos fundamentos do funcionamento da visão colorida em nossos olhos.

Outra forma de mistura óptica é a dada por pontos de pigmento justapostos, como realizada pelas pinturas *pontilhistas* ou *divisionistas*. Embora alguns autores defendam que se trata de uma mistura aditiva, tal qual a realizada com pontos de luz, essa lógica não se verifica na realidade. Há particularidades na mistura óptica de pontos de pigmento. Ela acontece graças a um efeito subjetivo de assimilação de cor, e parece funcionar subtrativamente, assim como a mistura na palheta ou por sobreposição. Essa forma de mistura óptica é, em parte, responsável pelo efeito de mistura de cor nas impressões gráficas por retícula.

Figura 21 – À esquerda um exemplo de mistura óptica de pontos de cor-pigmento em impressão gráfica. À direita um exemplo de mistura óptica de cor-luz em monitores e imagens digitais.



Fonte: sumidoiro.flies.wordpress.com

3.2.4 Dimensões das cores

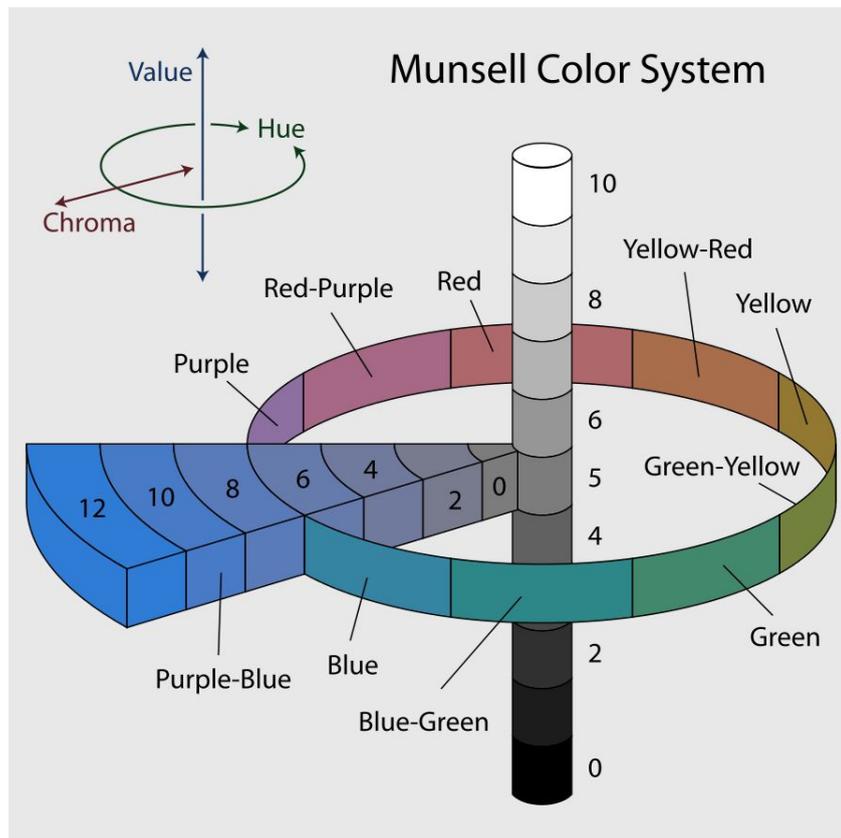
Agora que temos uma explicação completa da fisiologia e física da luz é mais fácil a compreensão da *dimensões das cores*. A cor se transforma se movendo por três eixos, ou dimensões, que podemos chamar de *matiz*, *brilho* e *saturação*, entre outros nomes. Precisamos primeiro identificar essas *dimensões psicológicas* da percepção de cor, para podermos então descrever a relação mensurável entre as sensações cromáticas e as três propriedades físicas da luz que as determinam, as *dimensões físicas: comprimento de onda, intensidade e pureza espectral*.

O *matiz* significa o mesmo que *cor, coloração, tom e tonalidade*, ou seja, se refere a “cor” propriamente dita. A dimensão total do matiz podemos chamar de *escala cromática*. Associamos essa dimensão da cor ao comprimento de onda dos raios visíveis (ou combinações deles). Há raios para o laranja, amarelo e violeta, por exemplo, e esses nomes se referem ao matiz que esses raios apresentam. Lembrando do sistema aditivo de cor e da teoria tricromática do receptor, diferentes quantidades relativas de raios do vermelho, verde e azul (e das demais cores) geram a sensação na visão de diferentes matizes. Os nomes básicos de cor, “vermelho, amarelo, verde e azul”, se referem ao tom, cor ou matiz, enquanto nomes como “claro e escuro” se referem à luminosidade ou *brilho*.

O *brilho*, também chamado de *luminosidade* ou *valor* indica a *intensidade* de uma luz. Quanto mais intensa for uma luz, mais brilhante, quanto menos, mais escura. Uma alteração na intensidade de uma luz de determinados comprimentos de onda altera não somente o brilho, mas também a tonalidade e saturação. Aumentando a intensidade de uma luz de raios de ondas longas, do vermelho, aumenta-se a sensação de avermelhado. No entanto somando-se raios de demais comprimentos de onda, a sensação de intensidade (o brilho) aumenta em direção ao branco, perdendo saturação. Cores que resultam da ativação de mais de um tipo de cone também parecem mais luminosas, ou seja, as secundárias em cor-luz são mais luminosas que as primárias (este é o *efeito Bezold-Brücke*). Alterações no brilho causam alterações na tonalidade, e também na *saturação*.

A *saturação*, ou *croma* e *pureza*, se refere à *pureza espectral* de uma cor. Se uma luz apresenta raios de apenas um comprimento de onda ela é uma luz de cor *pura*, *saturada*. Quanto mais comprimentos de onda diferentes se apresentam numa luz, mais *dessaturada* sua cor é. A mais alta saturação representa a maior pureza de uma cor, se diminuirmos a saturação mais “desbotada” ela se parece, se aproximando de uma neutralidade. (SCHIFFMAN, 2005)

Figura 22 – Fuso de dimensões das cores no sistema Munsell.
Chroma = saturação; *Hue* = matiz; *Value* = brilho.



Fonte: commons.wikimedia.org

3.3 CORES QUÍMICAS

As cores que vemos na natureza, em plantas e animais, não são em sua maioria provenientes de luzes emitidas diretamente pelos objetos ou por eles refratadas. Tratam-se de *cores químicas*, ou *cores-pigmento*. Essas cores são aquelas que vemos nos objetos que carecem de luz própria ou que não possuem o poder de refratar a luz, mas apenas de absorver determinados comprimentos de onda e refletir os demais. Para os pintores, essas cores eram um problema a ser dominado: para a execução mais precisa de suas pinturas; e para as indústrias de tingimento e impressão gráfica: no objetivo de uma melhor reprodutibilidade das cores, com maior economia.

São cores químicas aquelas provenientes de substâncias que, por particularidades de suas composições físico-químicas, são capazes de absorver somente alguns comprimentos de onda do espectro luminoso e assim refletir outros, que, por sua vez, chegam aos nossos olhos nos informando sobre a cor daquela substância. Uma banana é amarela, pois, ao ser iluminada por uma luz branca, ela absorve todos os comprimentos de onda para o azul e violeta e reflete comprimentos de onda do vermelho ao verde, interpretados como “amarelo”. Veremos, no entanto, que a composição espectral das cores químicas é bastante variável, por mais que duas cores pareçam idênticas ao olhar.

3.3.1 Composição espectral dos pigmentos

Dois amarelos podem parecer idênticos os nossos olhos, porém, um pode ser composto principalmente da reflexão de raios do espectro do amarelo, e outro pode carecer destes raios e refletir apenas raios do verde e vermelho, como já vimos. Apesar da *composição espectral* de diferentes substâncias variar bastante, se as respostas produzidas na retina forem praticamente iguais, as cores parecerão

idênticas para nós. Essas cores são chamadas de *metaméricas*. É importante para artistas ou técnicos trabalhando com pigmentos e misturas de cores que estejam consciente desta variabilidade na física das cores dos pigmentos. Pois, afinal, essas diferenças em composição espectral significam resultados bastante diversos na mistura dos pigmentos. Cores metaméricas, em certas condições de luminosidade, se revelam diferentes entre si. (ARNHEIM, 2016)

Prever o tom exato que a mistura de dois pigmentos providenciará é impossível sem que se saiba sobre suas composições espectrais. Na indústria, para se desenvolver pigmentos de mais alta pureza espectral e alcançar uma padronização das cores, foi criada a técnica da *espectrofotometria*, que com uso de aparelhos especiais analisa a composição espectral de uma cor-pigmento.

3.3.2 Cores primárias subtrativas

As cores primárias subtrativas, ainda hoje, são ensinadas nas aulas de arte mundo a fora como sendo a tríade: *vermelho*, *amarelo* e *azul*. Desde a revelação do gravador alemão J. C. Le Blon (1730) de que “todas” as cores poderiam ser produzidas (com pigmentos) a partir desta tríade, esta proposição se tornou “senso-comum” dentro das artes, sendo defendida por muitos artistas e teóricos da cor. Porém, com o desenvolvimento de pesquisas físicas e químio-físicas, necessárias para resolver os problemas práticos e econômicos das indústrias gráficas e de emulsões e películas para filmes a cor, ficou claro que as verdadeiras primárias em cor-pigmento eram outras: *magenta*, *amarelo* e *ciano*. (PEDROSA, 2003)

Figura 23 – Círculo de cor de Johannes Itten, com vermelho, amarelo e azul como primárias.



Fonte: commons.wikimedia.org

Pedrosa nomeia a tríade “vermelho, amarelo, azul” de *cores-pigmento opacas*, e a tríade moderna “magenta, amarelo, ciano” – internacionalmente conhecida por CMY (do inglês, *Cyan, Magenta, Yellow*) – de *cores-pigmento transparentes*. Segundo Pedrosa, a tríade CMY encontra melhor resultado em precisão cromática nas emulsões transparentes (impressões gráficas, películas fotográficas, aquarelas etc.), e a tríade “vermelho, amarelo, azul” é mais utilizada em tintas opacas (encáustica, óleo, têmpera etc.) – não realmente por trazerem melhor resultado, mas por serem mais prontamente disponíveis e baratas nesses meios.

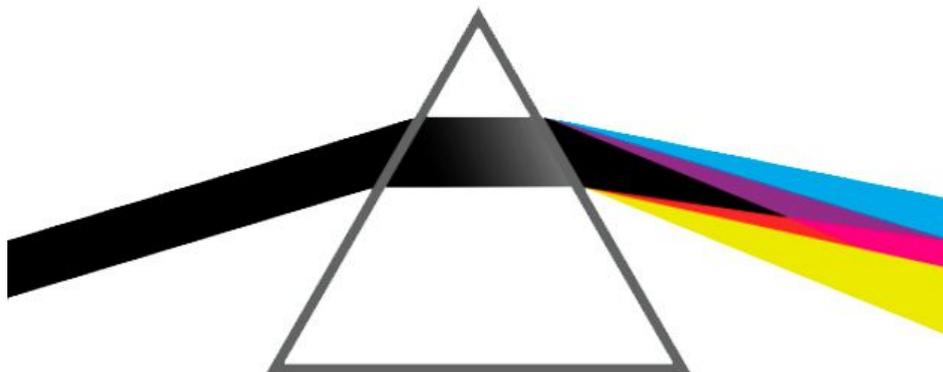
É preciso enfatizar, portanto, que as “cores-pigmento opacas” não passam de uma convenção determinada por Pedrosa para oficializar o uso histórico destas primárias. No entanto, a regra de utilização de pigmentos transparentes e opacos (divisão por si questionável) é, na prática, a mesma, pois a física não se altera. As primárias adequadas para qualquer tipo de material são: *ciano, magenta e amarelo*.

Talvez dois fatores sejam responsáveis pela consagração da tríade “vermelho, amarelo, azul”. O primeiro, o fato destas cores serem *primárias psicológicas* e *vocabulares*. Estes nomes são denominações básicas de cor, enquanto *magenta* e *ciano* são nomes específicos, elegidos arbitrariamente a relativamente pouco tempo, e muito pouco conhecidos. Vermelho, amarelo, azul e verde compreendem as quatro cores primárias psicológicas apontadas por

pesquisas, como mencionado no capítulo dois. Talvez por essa razão, muitos artistas e teóricos da cor adotaram também o verde como cor primária. Goethe (1840) foi o primeiro a observar as primárias magenta, amarelo e ciano, em suas experiências de *espectro negativo*, mas por uma limitação vocabular chamava o magenta de “púrpura” ou “vermelho”, senão “vermelho-purpúreo”, e o ciano de “azul”. Popularmente, o magenta é chamado de “rosa” ou “cor-de-rosa” (que podem se referir também ao vermelho esbranquiçado) ou comercialmente por nomes como “rosa-choque”. (HELLER, 2013)

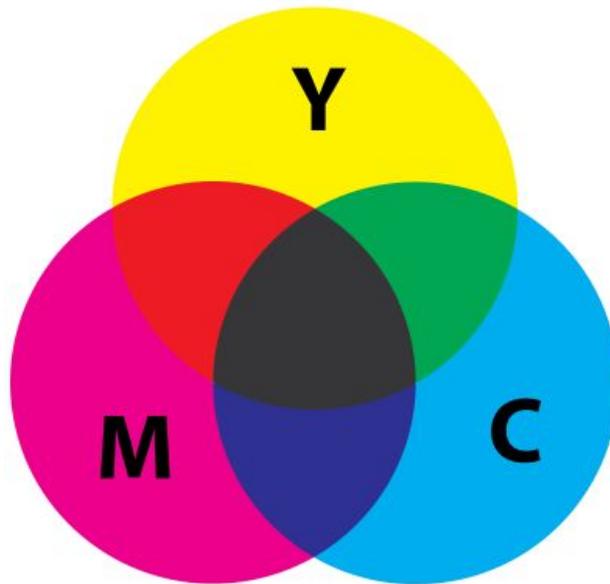
O outro fator surge da possibilidade de que as tintas utilizadas apresentam variações de matiz, graças a características físico-químicas próprias ao pigmento ou a impurezas presentes na tinta. Uma tinta vermelha pode se “amagentar” quando diluída, e uma tinta azul, se “acianar”, possibilitando melhores resultados nas misturas. O “azul” das cores-pigmento opacas chamaremos aqui de *azul-cobalto*, segundo o pigmento mais utilizado, fazendo uma diferenciação entre o azul espectral (azul-violetado) e o ciano, pois se trata de uma cor terciária no sistema RGB e CMY, intermediária entre estes dois tons. O vermelho possui na sua composição espectral e sensorial um pouco de amarelo, o que faz com que sua mistura com o azul-cobalto não resulte em um violeta apropriado. Um verde de boa saturação também não pode vir do azul-cobalto com o amarelo, pois estas cores são quase complementares.

Figura 24 – Espectro negativo de Goethe com as cores-luz secundárias, primárias em cor-pigmento.



Agora podemos tratar das misturas das cores-pigmento magenta, amarelo e ciano. Como vimos, estas cores são secundárias no sistema RGB (vermelho, verde, azul), de cor-luz, ou seja, resultam da combinação de dois comprimentos de onda correspondentes a duas das cores-luz primárias. As cores-pigmento primárias são: ciano, amarelo e magenta; e as secundárias: vermelho, verde e azul.

Figura 25 – Primárias subtrativas.



Fonte: commons.wikimedia.org

Magenta com amarelo, em partes iguais, resulta em vermelho. Magenta e ciano, em azul. Amarelo e ciano, em verde. (Com as primárias de “cores-pigmento opacas”: vermelho, amarelo e azul, obtemos as secundárias: laranja, verde e violeta – segundo os muitos modelos de harmonia e mistura de cor que as adotam).

Para exemplificar como se dá a *mistura subtrativa das cores*, podemos imaginar, e se possível experimentar, uma sobreposição de filtros coloridos: um magenta e um amarelo, por exemplo. O magenta absorve os comprimentos de onda do espectro do verde, refletindo os espectros do vermelho e do azul. O amarelo absorve o “azul”, e reflete o “vermelho” e o “verde”. Quando sobrepomos o filtro amarelo ao filtro magenta, estamos aumentando o índice de absorção da luz: se o magenta absorve o “verde”, e o amarelo o “azul”, sobra apenas “vermelho”. Desse

modo, as cores secundárias em cor-pigmento são sempre mais escuras que as primárias. Cores terciárias e além são obtidas com diferentes proporções das primárias em combinação. A combinação de todas em igual quantidade resulta em cinza ou (idealmente) preto, pois absorvem o máximo de raios em todos os comprimentos de onda.

O preto obtido pela combinação dessas cores é sempre menos escuro do que o que se obtém por pigmentos carbonizados. Por essa razão, e por uma questão econômica, o sistema de cores em impressoras é o CMYK, em que o “K” (*key*, do inglês, *chave*) representa o preto em adição ao ciano, magenta e amarelo. Por isso, também não é verdade que os impressionistas abdicassem do uso do preto em suas pinturas. Auguste Renoir, perguntado sobre a abolição do preto, “essa ‘não cor’”, teria respondido: “o preto uma ‘não-cor’? De onde vocês tiraram isso? O preto é a rainha das cores (...)”. Ele havia tentado substituí-lo por uma mistura de pigmentos azul e vermelho, mas não se convenceu. (HELLER, 2013, p. 127)

A ideia de que artistas utilizam as três cores-pigmento primárias, sejam as “opacas” ou as “transparentes”, sem o auxílio de outros pigmentos, pouco se verifica na prática. Por conta das limitações dos pigmentos, jamais se alcançam todas as cores visíveis com três primárias e nada mais. Pigmentos secundários ou “especiais” (fluorescentes, metálicos) podem ser acrescentados para melhores resultados.

4 EXPERIÊNCIA DA COR: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA

É através dos sentidos que conhecemos o mundo e ficamos curiosos em desvendar seus mistérios. Não é sábio então que confiemos simplesmente na palavras de outros para saber o que no mundo há e como as coisas são. Se a história da ciência se fez no questionamento dos fenômenos naturais diretamente observados, faz sentido que o conhecimento adquirido por qualquer indivíduo se inicie pela sua própria observação do fenômeno estudado e de sua própria experimentação, antes que se apresente a teoria já desenvolvida.

Em todo caso, creio que o melhor caminho para o conhecimento começa por observação e prática e, apenas então, busca-se a teoria de forma a complementar aquilo que foi antes avaliado pelos sentidos e pela cognição, livres de influências. Assim como no livro *A interação da cor* (2009), de Josef Albers, inverto a concepção acadêmica de “teoria e prática”, colocando a prática antes da teoria, que é afinal sua conclusão.

A interação da cor é um livro essencial a qualquer professor que busque aprimorar seus métodos pedagógicos para o ensino da cor. Com ele, aprendemos que a cor nunca é aquilo que esperamos, ela engana. Quando colocada junto a outras ela se transforma, transformando também as demais. Os exercícios sugeridos pelo livro tem como objetivo o desenvolvimento da percepção da cor através da experiência, de tentativa e erro, e desse modo nos serão aqui muito úteis.

Precisamos conhecer a nossos alunos, o que estão buscando, o que conhecem e quais suas particularidades. Segundo isso, o professor deve escolher a melhor forma de introduzir os conceitos apresentados neste trabalho. Não trato aqui de propor uma pedagogia da cor voltada a um público e faixa etária específicos, mas de pontuar alguns métodos e exercícios que podem ser aplicados em uma aula de forma a possibilitar aos alunos um conhecimento direto das próprias percepções. Nesse sentido, a pedagogia aqui proposta pode ser inclusive expandida para outros assuntos e áreas de conhecimento. O que quero enfatizar, como exposto no capítulo um, é que, na educação, a exploração dos próprios sentidos e a observação

imediate e controlada dos fenômenos são mais adequadas como ponto de partida. Só então se deve complementar o que foi observado com conhecimentos e teorias desenvolvidas sobre estes fenômenos. Ou seja, como abordagem de ensino, começamos pela *fenomenologia*, seguimos com *experimentalismo* e concluímos com uma busca *transdisciplinar* de teorias sobre o fenômeno estudado.

Penso que seja importante perguntar aos alunos sobre suas próprias experiências e ideias sobre o fenômeno da cor antes de começar qualquer atividade. Afinal, é preciso saber de onde partir, levando em conta seus conhecimentos. Talvez nada saibam sobre “cor” além do que observaram. Talvez saibam sobre a fisiologia e física das cores, mas nunca desenvolveram um olhar para elas. Talvez tenham domínio de teorias de harmonia de cores, sem no entanto questionar a validade dessas teorias cruzadas com suas próprias experiências. Talvez alguns sejam daltônicos, e talvez não saibam disso até participarem de uma aula sobre cor. Precisamos conhecer nossos alunos e respeitar suas diferenças de conhecimentos e percepções, pois, afinal, o que queremos ensinar é sobre a individualidade, variabilidade e dinamismo das percepções, para que eles possam ser observadores ativos dos próprios sentidos e pensamentos, ao invés de passivamente tomarem por “real” aquilo que veem ou que lhes dizem ser real, e que reconheçam na percepção do outro, uma visão de real tão válida quanto a sua.

4.1 CORES INTERIORES

Antes de iniciar de fato alguma “prática”, acredito que no ensino da cor é interessante propor aos alunos uma observação ativa dos fenômenos de percepção de cor mais subjetivos, as *cores fisiológicas* (ou *psicofisiológicas*), como visto no capítulo três. Foi com a observação de *pós-imagens* e *fosfenos* que surgiram as primeiras teorias da visão, me parece, portanto, um caminho interessante para se começar uma exploração fenomenológica da cor.

4.1.1 Exercícios: Fosfenos

É provável que alguns alunos já tenham percebido coisas estranhas em suas visões, como manchas coloridas ou pontinhos de luz que pareçam pertencer ao próprio olho. Uma primeira experiência que se pode propor a eles, para que percebam a criação espontânea na visão da sensação de cor, é que pressionem com leveza a lateral dos olhos por alguns segundos. Logo deve começar a se formar na visão diferentes sensações de forma e cor em rápida transformação: *os fosfenos*.

Pode ser que alguns tenham dificuldade em notar esta sensação interior, pois ela nos é estranha em relação às sensações provindas dos estímulos luminosos, é dinâmica e sutil, surgindo da escuridão das pálpebras. Nosso cérebro tem a função de cancelar muitos dos efeitos visuais que conflitam com a informação recebida de fora, assim acabamos não notando que nossa percepção é um construto e acabamos confiando demais nela. Notar os fosfenos é um primeiro passo para compreender a importância dos olhos para a visão. Ela não é passiva, os olhos também “agem” para criar formas visíveis. Perguntar sobre os sonhos dos alunos, se são coloridos ou não, é outra forma de indicar a eles a face interior da visão à cor.

Além da observação de fosfenos por pressão mecânica, é possível com os materiais adequados apresentar outros experimentos de cor subjetiva. Em primeiro lugar: fosfenos estimulados por luzes estroboscópicas (que não podem ser usadas em hipótese alguma em pessoas epiléticas, pelo risco de convulsões); e em segundo: as cores subjetivas que surgem perpendiculares à finas linhas monocromáticas e nos *discos de Benham*.

4.1.2 Exercícios: Pós-imagens

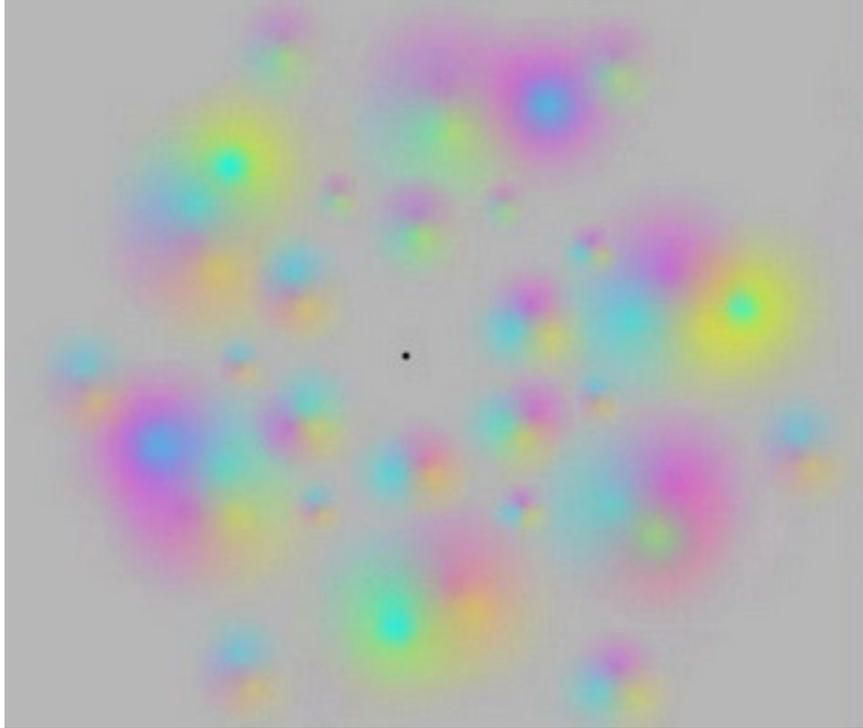
Um experimento bastante importante para se compreender sobre *complementaridade de cor*, a mais fundamental propriedade da cor, com a qual ela não seria possível, são as *pós-imagens negativas*. Deve-se apresentar aos alunos uma área de cor sólida para que se realize com eles os experimentos explicados no capítulo anterior. Seria interessante, ao fazer esse exercício com os alunos, permitir que eles reproduzam a cor complementar vista com algum material, como tinta, recorte de papel colorido ou imagem digital. É possível que, para as mesmas cores, as tonalidades percebidas como complementares variem levemente. Essa acaba sendo uma prova das diferenças perceptivas nos indivíduos.

Outro exercício, que demonstrará as diferenças de percepção de matiz e luminosidade, consiste na sobreposição de recortes de diferentes cores e na geração de uma pós-imagem de uma sobre a outra. Quando se olha separadamente para dois papéis de cores diferentes é difícil averiguar corretamente qual deles é mais escuro que o outro, a maioria do alunos erra na maior parte das vezes em testes. Para verificar isso sem erro, sobrepõe-se uma sessão de dois recortes de cor, fixando o olhar por vários segundos nessa sessão e removendo o papel que está por cima. A pós-imagem ou irá parecer mais clara ou mais escura que a cor de fundo. Se parecer mais clara, a cor que estava por cima era a mais escura.

As pós-imagens são um grande indicativo da existência de uma película sensível à luz no fundo de nossos olhos: a retina. Nossa visão responde àquilo que vê com uma resposta contrária, ela se fatiga e busca a harmonia: a *totalidade cromática*. Com esses exercícios de visualização de cores interiores, os alunos poderão averiguar que a visão é um processo dinâmico, sempre em *adaptação*, que os olhos respondem àquilo que veem, produzem cor e forma por sua volição, e que há uma “lei natural” para a harmonia de cor: a visão busca por si própria o equilíbrio.

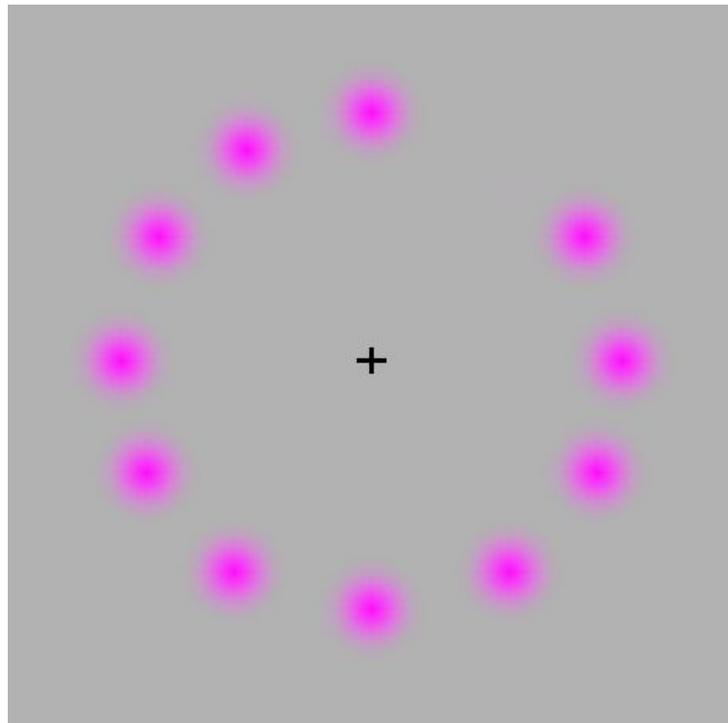
Outros experimentos de pós-imagem podem ser encontrados na *internet* e até mesmo reproduzidos, se possível. A seguir estão alguns exemplos:

Figura 26: Exercício de adaptação cromática. Fixando o olhar no centro da imagem, a “nuvem” colorida parece começar a desaparecer após algum tempo.



Fonte: www.quertime.com/

Figura 27: Ilusão de pós-imagem em gif. Quando um ponto magenta some, parece deixar no lugar um esverdeado. Para ver a animação, siga o *link* abaixo da imagem.



Fonte: http://www.quertime.com/wp-content/uploads/2011/12/afterimage_best_optical_illusion.gif

Figura 28: Ilusão de pós-imagem. A pós-imagem deixada pela imagem negativa colore a dessaturada. Basta olhar para o centro da imagem negativa por 30 segundos e então para o centro da imagem sem cor. Para melhor visualização seguir o *link* da fonte.



Fonte: <http://www.instructables.com/id/afterimage-illusion/> Acesso em: 7 jul. 2017

4.2 INTERAÇÃO DA COR

Seguindo as instruções do livro de Albers (2009), é possível realizar com os alunos diversas práticas que os possibilitam reconhecer o caráter dinâmico e intrinsecamente subjetivo da percepção de cor, mesmo quando ela é “dada” pelos objetos e luzes exteriores. Esse caráter é definido pelos efeitos subjetivos de *contraste (simultâneo, sucessivo e misto)* e *assimilação de cores, constância de cor e a cor mnemônica*.

Os experimentos propostos são melhor realizados com a utilização de recortes de papel coloridos. Eles permitem manipular os elementos de cor sem as dificuldades das tintas, que são complicadas de controlar, estão sujeitas a alterações e a fazer sujeira. O papel não altera de cor quando manipulado. Com tecnologias digitais, cada dia mais presentes e indispensáveis, é possível substituir, quando necessário, os papéis e demais meios físicos. No entanto, ainda é ideal para o trabalho em sala de aula a experimentação com papéis, pois ela permite maior controle e interatividade e, com isso, a averiguação das transformações das cores por simples questão de relações estabelecidas entre elas. O aluno poderá alterar essas relações e ver, no material claramente “imutável”, a mutação de suas cores no olhar. Como diz Albers:

O fato de que a imagem consecutiva ou contraste simultâneo constitui um fenômeno psicofisiológico deve demonstrar que nenhum olho normal, nem mesmo o olho mais treinado, é imune à ilusão da cor. Aquele que afirma ver as cores independentemente de suas mudanças ilusórias engana apenas a si mesmo e a mais ninguém. (ALBERS, 2009, p. 30)

Na nossa prática estamos tentando possibilitar aos estudantes a produção de uma *experiência singular*. Experiências são o próprio desenrolar da vida, os movimentos de resistência e conflito estabelecidos entre o eu e o mundo. Porém, a experiência vivida é muitas vezes incipiente. “As coisas são experimentadas, mas não de modo a se comporem em uma *experiência singular*”. (DEWEY, 2010, p. 109)

A experiência singular possui uma unidade, ela se dá num intervalo de tempo e se caracteriza por uma propriedade dominante, que faz dela uma “experiência real”, conscientemente vivida e absolutamente memorável. Uma experiência integral, total, que possui uma qualidade ímpar que a perpassa por completo. Após a experiência, ela pode ser lembrada e, assim, identificamos nela uma propriedade dominante, que a caracteriza como um todo. Sem este tipo de experiência, nenhum pensador poderia exercer sua ocupação (DEWEY, 2010). Essa experiência, na nossa prática do ensino da cor, é uma experiência sensorial e intelectual, no qual se investiga a própria percepção, introspectivamente, em busca de uma resolução estética, isto é, do prazer da conclusão harmônica da experiência, que a torna marcante e, assim, verdadeiramente educativa.

4.2.1 Tom “típico”

Um primeiro exercício que pode ser realizado com recortes de papel é a seleção de variações de matiz e brilho de uma só cor. Se verá que não há na mente uma imagem definitiva de um “vermelho”, por exemplo, mas sim uma imagem genérica, que corresponde a todas as variações que pertencem a esta categoria, que é em último caso, como vimos, uma categoria arbitrária, dependente do vocabulário e da percepção subjetiva de cor. Os alunos devem então selecionar dentre os diversos tons aquele que lhes pareça mais “típico”.

Haverá uma significativa diferença nas escolhas dos alunos, e isso pode refletir inclusive a relação afetiva que estabelecem com uma cor. Geralmente quando uma mesma cor é apontada por um grupo como preferida e por outro como menos agradável, é em tons diferentes que as tipificam. Para os apreciadores de verde, por exemplo, o mais típico é o verde saturado e brilhante da vegetação, e para os depreciadores, é um verde escuro, desbotado, sujo. (ALBERS, 2009; HELLER, 2013)

Figura 29 – Seleção de diferentes tons de vermelho, com destaque para o escolhido como “típico”.



Fonte: ALBERS, 2009, p. 111.

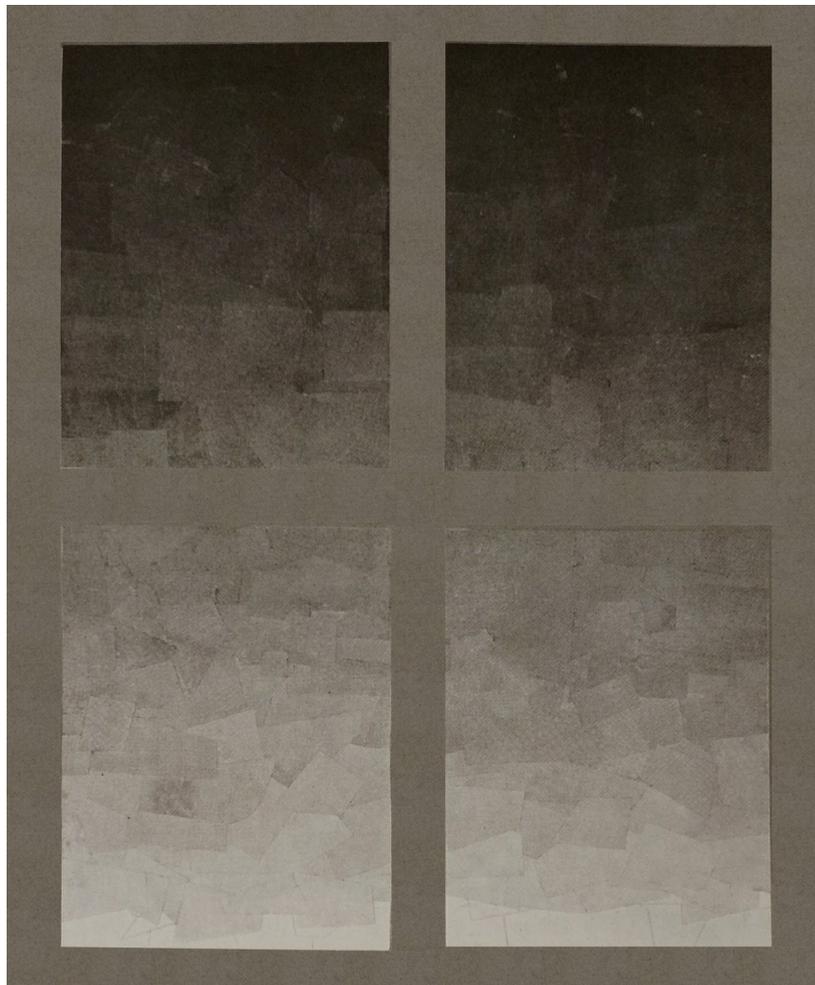
Em seguida, demonstramos a relatividade da cor ao verificar que cada recorte de cor por si próprio se comporta de modo diferente quando unidos em diferentes combinações. Simplesmente observando as cores, as testando sobre diferentes fundos e justapostas com outras de muitas formas, perceberão que elas nunca se mantêm as mesmas, por mais que o material e a luz em si nunca se alterem. Não é importante nestes exercícios um resultado visualmente agradável, mas sim a criação de diversos efeitos diferentes.

4.2.2 Contrastes e assimilações

Um exercício interessante para treinar a percepção dos alunos para variações de luminosidade, consiste em fazer uma seleção de papéis em diferentes escalas de cinza (pedaços de jornal são um bom material), e então dispor estes papéis em uma gradação do mais claro ao mais escuro. Sobre um fundo cinza homogêneo se verificará um efeito de contraste simultâneo que faz com que o fundo se escureça,

próximo a parte mais clara da escala, e se clareie, próximo a mais escura. Esse exercício pode ser feito também com papéis de diferentes tons, em diversas variações, e assim se experimentar com as gradações de matiz. Caso se utilizem recortes quadrangulares de áreas sólidas de cor em sequência aritmética de tom ou matiz, podem perceber a aparição das *bandas de Mach* ou *efeito de canaleta*.

Figura 30 – Estudo de gradação.

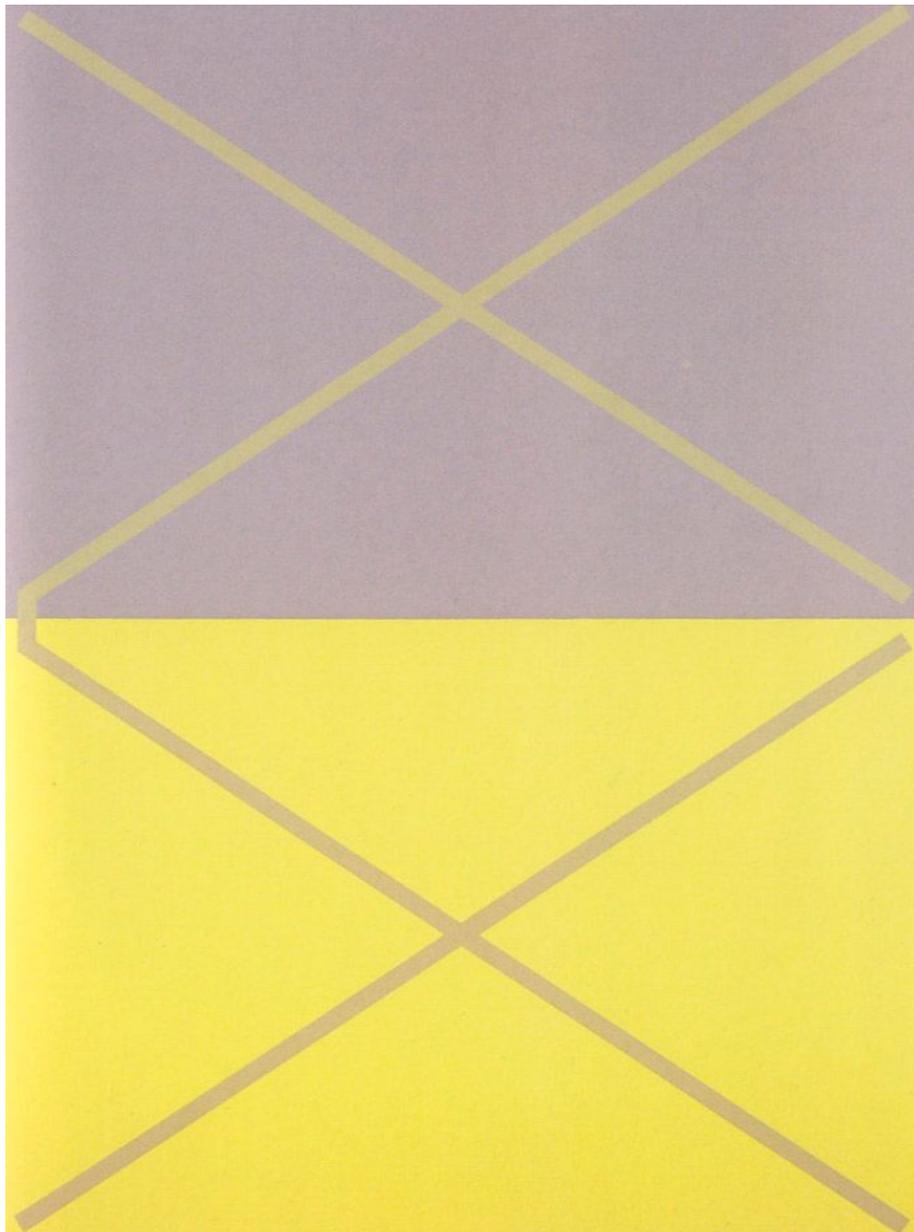


Fonte: ALBERS, 2009, p. 108.

Um exercício de contraste simultâneo de cor revelará que uma cor pode parecer duas, ou duas podem parecer uma. “Vimos que as diferenças de cor são causadas por dois fatores: a tonalidade e a luminosidade e, na maioria dos casos, por ambas ao mesmo tempo” (ALBERS, 2009, p. 27). Essas relações nos revelarão a força dos contrastes. Mediante seu uso, podemos “expandir” a luminosidade e/ou a tonalidade em direção aos seus opostos.

Em um exemplo de *fundos invertidos*, três cores se comportam como duas. Um tom intermediário entre um amarelo e acinzentado parecerá mais amarelo sobre o fundo cinza e mais cinza sobre o fundo amarelo. A pergunta que este estudo nos coloca é: “Que cor é capaz de desempenhar esses papéis complementares em uma única demonstração”? (ALBERS, 2009, p. 112)

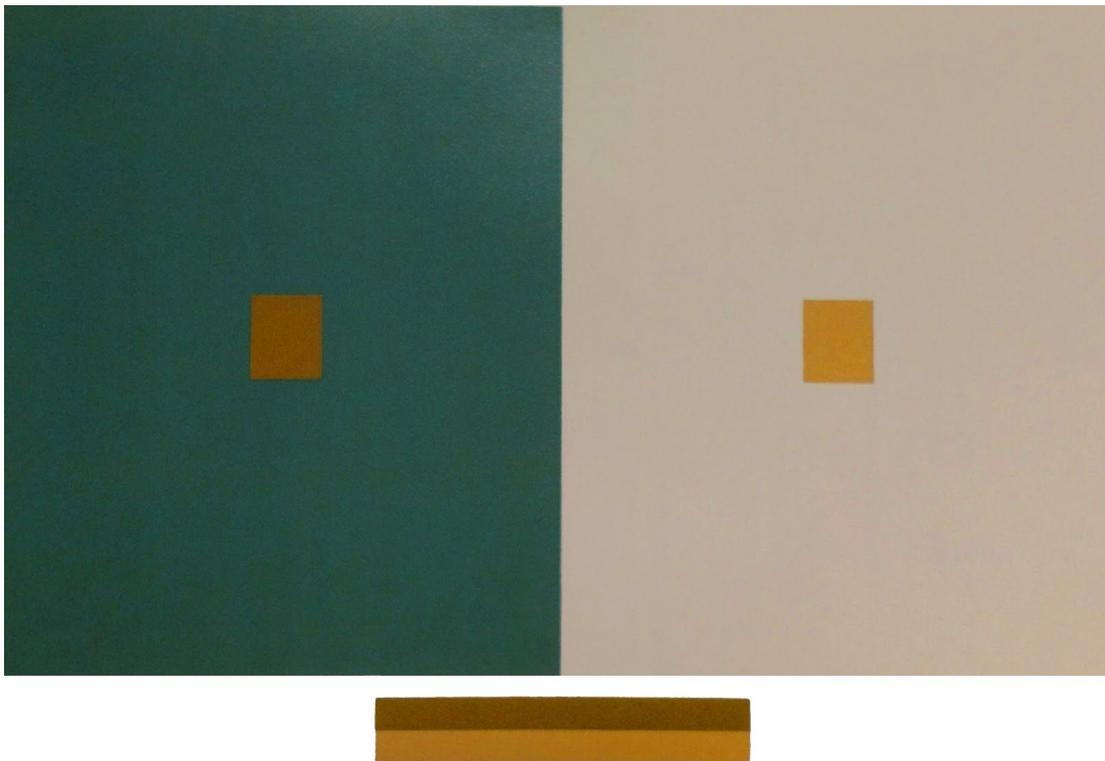
Figura 31 – Uma cor parece duas, ou três parecem duas.



Fonte: ALBERS, 2009, p. 113

Em outro experimento, duas cores diferentes se tornam a mesma pela relação que estabelecem com o fundo. No exemplo abaixo, uma faixa de cor verde-acastanhada é colocada ao lado de uma amarela, quase ocre, mais clara. A diferença entre os dois tons é nítida dessa forma. No entanto, dentro de áreas de diferentes tons e luminosidade – a amarelada no fundo branco e a verde-acastanhada em um fundo escuro, esverdeado (perceptivamente selecionado pelo aluno) –, essas cores perderão distinção uma da outra, assemelhando-se.

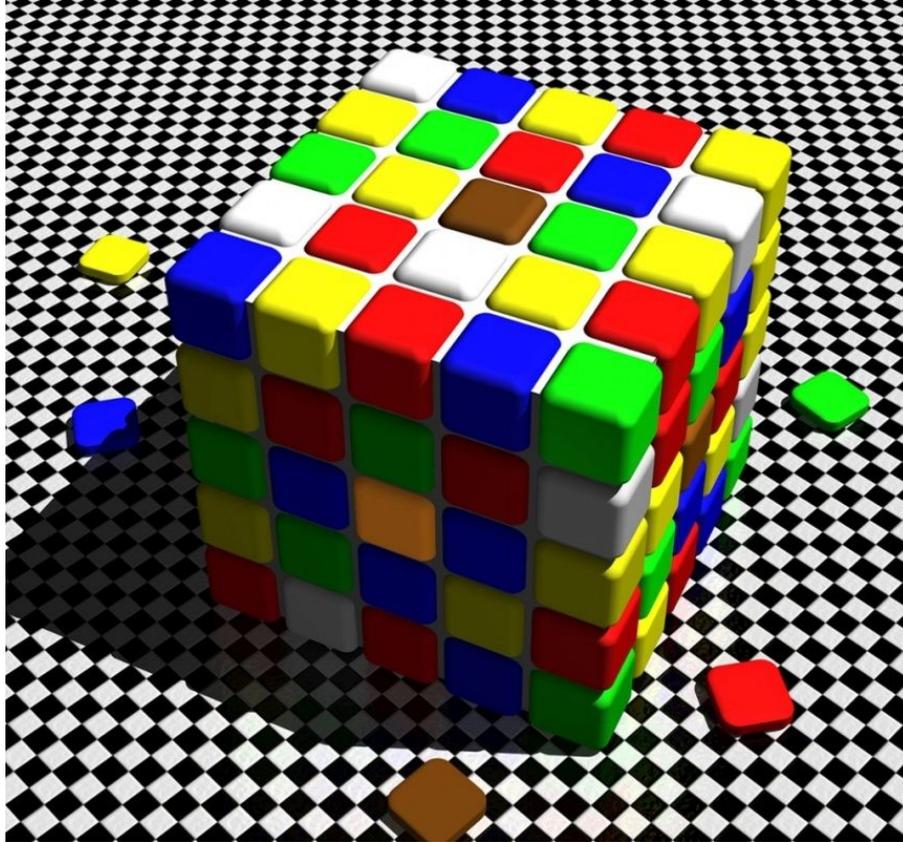
Figura 32 – Duas cores se tornam uma.



Fonte: ALBERS, 2009, p. 117

Como vimos, a constância de cor é em parte determinada por um *efeito de fundo*, que é o próprio contraste simultâneo de cor em ação, que altera a cor que vemos em uma figura em relação à cor de fundo ou arredores. A seguir trago mais alguns exemplos de contraste simultâneo e constância de cor extraídos da *internet* e que com ferramentas digitais podem ser verificados ou mesmo recriados:

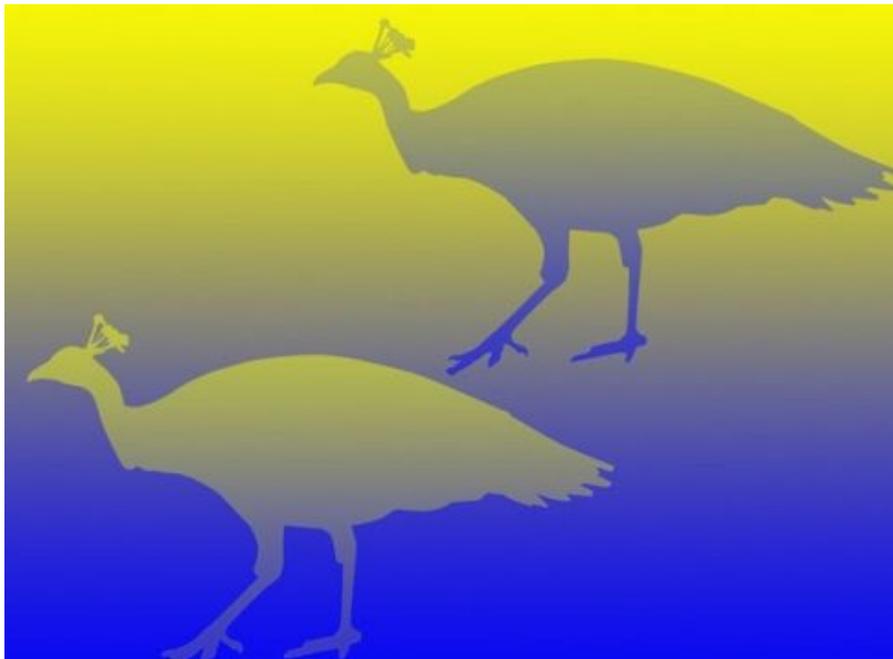
Figura 33: O quadrado no centro da face do cubo à sombra é idêntico ao do centro da face superior, apesar de não parecer.



Fonte:

<https://brightside.me/article/16-bewildering-and-beautiful-colour-illusions-that-will-easily-trick-your-brain-41705/>

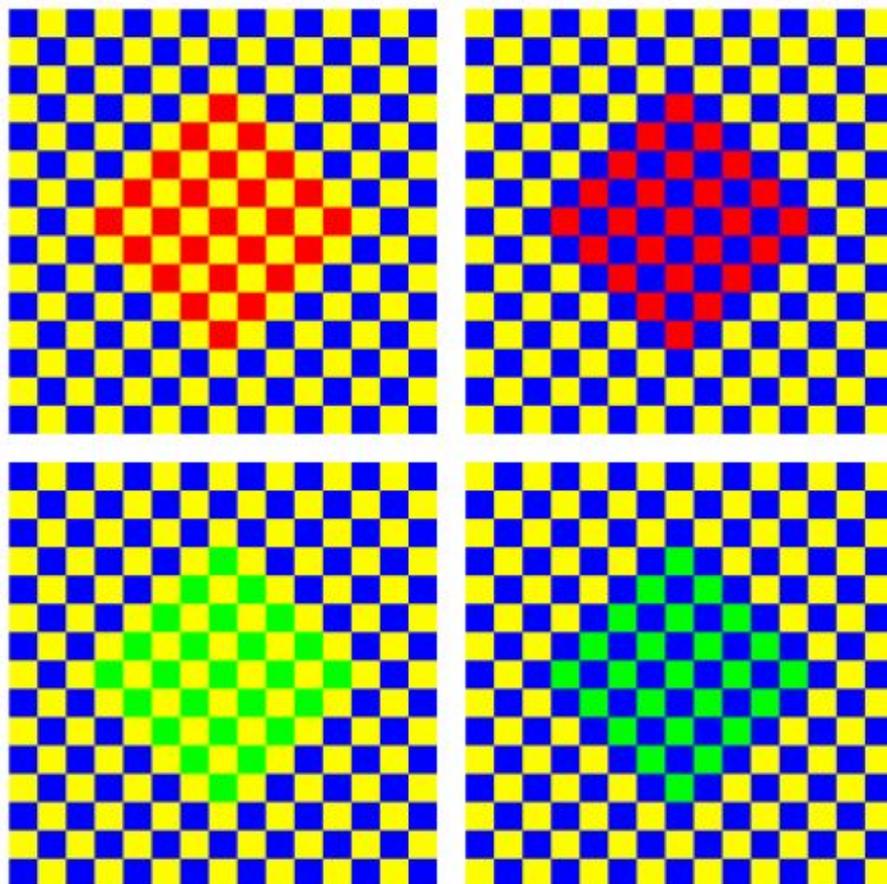
Figura 34: Um pavão parece mais azulado e o outro mais amarelado, graças a relação com o fundo, quando são em realidade, os mesmos.



Fonte: <http://www.whatispsychology.biz/tag/color-illusion>

Outro efeito que se pode experimentar é um de *assimilação* que ocorre quando uma cor é intercalada por pontos pretos ou brancos, ou coloridos. Uma certa mistura óptica pode produzir um efeito de escurecimento da cor, quando intercalada por preto, e de clareamento, quando intercalada por branco (ALBERS, 2009). Mas é possível também que o oposto aconteça e entre em ação um efeito de *contraste*. No exemplo abaixo deve ser possível perceber com clareza uma assimilação das cores em diferentes meios. O vermelho intercalado por amarelo parece se alaranjar, o mesmo vermelho intercalado por azul parece avioletar. O verde intercalado por amarelo parece mais amarelado que o mesmo verde intercalado por azul, que por sua vez parece acianado:

Figura 35: Assimilação de cor. Quadrados de mesma cor se transformam ao se assimilar com diferentes cores interpostas a eles.



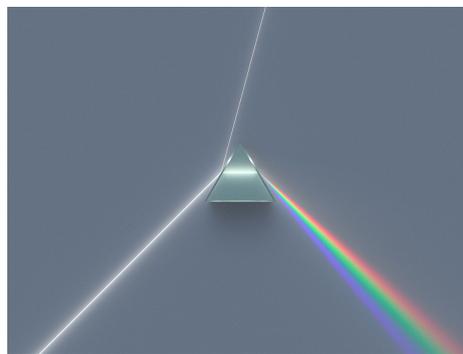
Fonte: <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/cataloge.html> Acesso em: 7 jul. 2017.

4.3 CORES-LUZ

Para que possam conhecer os fundamentos da cor, devem conhecer suas primárias geradoras e o resultado de suas misturas. Experimentos sobre cor-luz podem ser realizados junto com professores de Física e de Biologia, que após as práticas e observações, podem esclarecer o fenômeno das misturas aditivas introduzindo as teorias sobre a física da luz e a constituição fisiológica dos olhos e como estas duas instâncias interagem para a produção da visão e, claro, da cor.

O primeiro experimento neste sentido deve ser feito com prismas. Decompondo uma luz branca focal, é possível demonstrar a origem física da cor, nos diferentes comprimentos de onda que compõe a luz branca. Assim, pode-se reconhecer as cores do espectro. Algumas são mais visíveis, cores básicas, enquanto outras inumeráveis se encontram entre elas. Com um segundo prisma, as cores do arco-íris podem ser “comprimidas” novamente em luz branca.

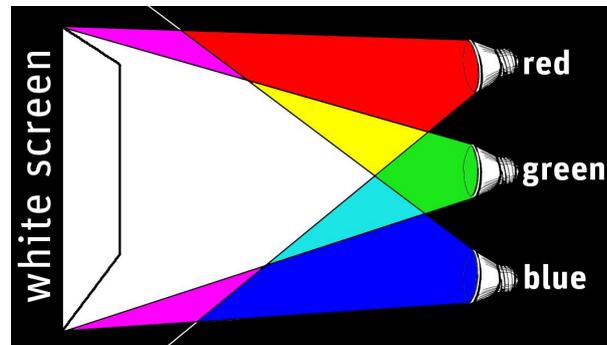
Figura 36 – Prisma decompondo luz branca.



Fonte: commons.wikimedia.org

Não são necessárias todas as luzes do arco-íris para criar o branco. Outro experimento pode ser realizado com luzes coloridas vermelha, verde e azul (RGB) – as três primárias geradoras, que se somam para criar a sensação de branco e todas as demais cores, quando em diferentes quantidades. Ligando as luzes vermelha e azul, por exemplo, verifica-se a criação de uma nova cor, o magenta. As demais combinações resultam em amarelo e ciano. As secundárias magenta, amarelo e ciano são as primárias no sistema subtrativo, de cores-pigmento, como já vimos.

Figura 37 – Cores-luz primárias resultando em secundárias e em luz branca.



Fonte: www.exploratorium.edu

Colocando um objeto entre as lâmpadas, observam-se duas sombras projetadas, uma por cada luz. Se a vermelha e a azul estão acesas, gerando magenta, a sombra projetada pela luz vermelha apresentará uma tonalidade azul, pois é ainda iluminada pela luz azul, e a projetada pela luz azul parecerá vermelha. Esse é o fenômeno das *sombras coloridas*.

Figura 38 – Mão iluminada por cores-luz primárias criando sombras coloridas.



Fonte: www.exploratorium.edu

4.4 CORES-PIGMENTO

Com o entendimento das cores-luz primárias, e de como suas misturas resultam em todas as cores, até o branco, faz-se mais adequado o entendimento das misturas subtrativas das cores-pigmento. Ao invés de adicionar mais

comprimentos de onda, as primárias de cor-pigmento combinadas cancelarão comprimentos de onda uma da outra. Estas primárias são o *magenta*, *amarelo* e *ciano* e suas secundárias o *vermelho*, o *verde* e o *azul*, uma inversão da síntese aditiva. Misturando todas, ao invés de branco, o resultado será cinza escuro (idealmente preto), pois bloqueiam os comprimentos de onda que dão cor uma a outra, não retornando quase luz alguma. A ausência da luz resulta no preto.

Provavelmente os alunos já terão sido ensinados sobre as primárias *vermelho*, *amarelo* e *azul*. Essas cores, se usadas como primárias para misturas de cor, serão bastante frustrantes, servindo realmente bem apenas como *primárias psicológicas*. Ensinando-se sobre as primárias corretas, as demonstrando experimentalmente, os alunos terão um melhor entendimento e controle sobre as cores. Não se deve entretanto impor ao estudante de pintura, por exemplo, que utilize somente cores primárias. Saber reconhecê-las é muito importante para que melhor compreendam as misturas de diversos pigmentos, no entanto, como há limitações insuperáveis no sistema subtrativo e diferenças de composição espectral que não podem ser conhecidas (sem equipamentos especiais), somente a prática da mistura de cores poderá revelar suas possibilidades e a possível necessidade de usar cores não-primárias que não podem ser reproduzidas com as três primárias.

Em sala de aula, para evitar as dificuldades do uso de tintas, pode-se utilizar transparências coloridas de diversas tonalidades, mas especialmente nas tonalidades das primárias “corretas”, para que se perceba com clareza a dinâmica da luz absorvida e refletida pelos materiais.

Figura 39 – Transparências de cores-pigmento primárias e preto resultando em imagem colorida.



Fonte: www.exploratorium.edu

4.5 EFEITOS DA COR

(...) cor é o poder que diretamente influencia a alma. A cor são as teclas, os olhos os martelos, a alma o piano de inúmeras cordas. O artista a mão que toca, esta ou aquela tecla, fazendo a alma vibrar. (KANDINSKY, 2004, p. 36 livre tradução)

Wassily Kandinsky (2004) sugere que a cor primeiro cria um *efeito físico* imediato, e apenas então um *efeito psíquico*. O olho seria, numa primeira impressão, “excitado” ou “acalmado” pela ação da cor, porém por apenas uma curta duração, que deixa a alma quase inafetada. Mas por mais que seja esquecida, a impressão superficial de uma variedade de cores pode resultar em um encadeamento de sensações relacionadas. Um fenômeno familiar será superficial, porém “um primeiro encontro com qualquer novo fenômeno exercita imediatamente uma impressão na alma” (KANDINSKY, 2004, p. 32). No decorrer da vida, o ciclo de experiências cresce e adquire uma harmonia e significado espiritual. Com a cor acontece o mesmo, causa uma impressão efêmera e superficial na alma, mas a desenvolve em sensibilidade. “O olho realiza o prodígio de abrir à alma aquilo que não é alma, o bem aventurado domínio das coisas, e o deus destas, o sol” (MERLEAU-PONTY, 1969, p. 100). Abrindo a alma para o mundo, ele a impressiona e transforma com a experiência.

O efeito posterior, psicológico e estético, das cores é o de maior interesse para nós. O que define este efeito é a produção de uma “vibração espiritual” correspondente à cor. A impressão física da cor tem sua importância no objeto que a causa, pois, por associação entre cor e significado atribuído ao objeto, a cor passa a representar uma miríade de diferentes sensações, sentimentos e conceitos. A impressão psicológica quiçá possui uma faceta fundamentalmente arquetípica, porém, creio que se dá principalmente através das associações.

Se utilizarmos as cores na educação de forma a reforçar conceitos sobre outras áreas, por exemplo, associando cores à notas musicais como um exercício consciente e constante, essas relações com o tempo tornam-se tão naturais que se torna impossível ver uma cor sem ouvir uma nota, e vice-versa (KANDINSKY, 2004).

Na alfabetização, a associação de cores com as letras favorece grandemente o aprendizado.

As redes significativas entre cores e demais coisas nas muitas esferas da vida reforçam um senso de realidade simbólica das cores, esta realidade é, no entanto, inteiramente variável segundo as experiências do observador particular. Se o fogo lhe é vermelho e o fogo lhe lembra perigo, ação e dor, essas são associações simbólicas para a cor vermelha. Não parece haver, no entanto, qualquer indicativo de uma simbologia intrínseca à cor. Ela é um *veículo* de significados associados. Cores saturadas mal aplicadas podem parecer monótonas e cores desbotadas bem trabalhadas transmitirem forte poder. Nas mãos do artista habilidoso, as cores são mais do que elas próprias, elas se fundem aos objetos que representam e se tornam veículo de todas as qualidades destes objetos. (DEWEY, 2010)

No ensino da cor, o professor não deve cometer o erro de fazer atribuições simbólicas a cores e tratá-las como fato consumado. Ao invés disso, o melhor seria permitir que os alunos reconheçam e reforcem conscientemente suas próprias simbologias para a cor. Em diferentes indivíduos, os significados e impressões psicológicas de uma cor serão bastante diversos e, se houverem diferenças culturais entre esses indivíduos, essas diferenças podem se tornar verdadeiramente gritantes. Diferentes culturas e tempos atribuem diferentes significados às cores. Na China, o amarelo já foi a cor sagrada, e o azul – que foi sagrado entre os egípcios – de tão pouca importância para os chineses, sequer figurava entre suas cores básicas. O azul já foi, no Ocidente, uma cor intrinsecamente feminina, e o rosa era a cor dos meninos nobres, e não das meninas, pois o vermelho pertencia aos homens adultos. Goethe, que criou um influente sistema de simbologia de cor, associava o verde ao nobre e o azul ao comum, relação que só era verdadeira em seu lugar e tempo, quando o azul era muito usado pela classe trabalhadora graças a pigmentos azuis baratos. Nos tempos em que pigmentos azuis foram raros e caros, sua importância simbólica era elevada graças a seu uso exclusivo pela nobreza e clero. (HELLER, 2013)

Uma categoria simbólica de cor, que se tornou “auto-evidente” de tão comum, é a atribuição de *temperatura de cor*. Não há nada nas cores em si que as façam

mais quentes ou frias, no entanto, por fortes associações, comuns a todos até certo ponto, a ideia de temperatura de cor pode ser considerada universal. As cores do fogo são quentes – vermelho, laranja, amarelo – pois ele é quente. E os azulados da água são frios, pois ela é geralmente fria em nossas experiências. É curioso notar que, em termos físicos, a “temperatura de cor” tem uma relação inversa. Um corpo incandescente primeiro começa a emitir raios do vermelho e amarelo, mas quanto mais quente se torna, mais raios azuis e violetas ele emite. O efeito psicológico da temperatura de cor é também contrário ao fisiológico. Diz-se que o vermelho causa agitação e o azul acalma. Quando se trata da tonalidade da luz, no entanto, os raios “azuis” mantêm a pessoa acordada durante o dia, e os raios “vermelhos” são mais adequados para a iluminação noturna, para não afetar o sono. (SCHIFFMAN, 2005)

Não podemos ignorar nem subestimar a importância dos efeitos físicos e psíquicos da cor no seu ensino. Independente de nossa disposição estes efeitos acontecem e a simbologia das cores se reforça e expande a todo momento. Ela é uma ferramenta fundamental no ensino das cores e não é, porém, universal na sua forma. A simbologia é tão dinâmica quanto as cores e se altera segundo as associações e os contrastes entre as experiências que a cada momento vão se sucedendo. Com isso, temos que ter cuidado como educadores em não nos permitir impingir nossas impressões pessoais ou culturais sobre a cor e tratar com preconceito as percepções e preferências dos alunos, além de ensiná-los também a tratar com respeito e compreensão as diferenças entre si.

Considerações Finais

Não há delimitações absolutas que possam ser traçadas entre as cores que vemos e os objetos que as causam. Elas são os próprios objetos, a própria luz – e a própria visão, independente dos outros fatores. São todas as coisas no mundo visível, ao mesmo tempo são apenas uma inflexão da mente sobre a realidade. Com as cores, nós aprendemos sobre os mistérios da vida. As investigando, por todos os ângulos, penetramos nestes mistérios.

Na educação é fundamental que se apresente aos estudantes meios para o desenvolvimento de raciocínio crítico, os ensinando a questionar os próprios sentidos e pensamentos e a confiar neles quando experimentos e experiências suficientes puderem comprovar a validade de um pressuposto. Com isso, trouxe a sugestão de que a abordagem fenomenológica deve ser complementada pela abordagem experimental na investigação e no ensino da cor para um maior e melhor entendimento do fenômeno cromático e de suas aplicações práticas. Somando-se a isso, deve-se buscar os conhecimentos acumulados pelas ciências e verificar, pela experiência própria, a validade das diversas teorias, sistemas e ideias sobre a cor.

Há muitos exercícios que se pode realizar com alunos para um entendimento, proveniente da experiência direta, sobre a dinâmica das cores. Através destes exercícios, e dos fenômenos de percepção de cor que revelam, é possível perceber que a relação entre mente, olhos e mundo se estabelece num contínuo, sem fronteiras precisas, assim como as cores no espectro.

Somos tanto agentes de criação da realidade quanto o mundo que julgamos exterior. As cores só existem nesta relação de tensão entre mente e realidade material, mediada pelo corpo. E elas se fazem tão presentes e substanciais em nossas vidas que seu poder sobre nós é inegável. As cores nos informam, e nos movem: despertam sensações, sentimentos e ideias. Trazem consigo o mundo, que delas parece indissociável, pela experiência que temos. Compreendendo ao máximo as cores – suas dinâmicas, relações e efeitos – compreendemos melhor nossa realidade, e as muitas realidades construídas pelos olhos ao nosso redor.

Referências

ALBERS, Josef. **A interação da cor**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e percepção visual**: Uma psicologia da visão criadora. Tradução de Ivone Terezinha. Ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

BBC. **Color is in the eye of the beholder**. 2015. Vídeo sobre categoria e percepção de cor dos Himba. Disponível em: <https://vimeo.com/120808489> Acesso em: 26 jun. 2017

BÓKKON, Istvan. Explanations step by step about biophysical picture representation. **EMMIND**. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258342757_Explanations_by_step_by_step_about_biophysical_picture_representation_by_Bokkon_2013_full_version

DEWEY, John. **Arte como experiência**. Tradução de Vera Ribeiro. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

GOETHE, Johann Wolfgang von. **Theory of Colours**. Tradução de Charles Lock Eastlake. London: John Murray, 1840.

GOLDSTEIN, E. Bruce. **Sensation and Perception**. Wadsworth: Cengage Learning, 2010.

HELLER, Eva. **A psicologia das cores**: como as cores afetam a emoção e a razão. Tradução de Maria Lúcia Lopes da Silva. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

HUXLEY, Aldous. **As portas da percepção; céu e inferno**. Tradução de Marcelo Brandão Cipolla e Thiago Blumenthal. 1. ed. São Paulo: Biblioteca Azul, 2015.

LAFER-SOUSA, R.; HERMANN, K. L.; CONWAY, B. R. Striking individual differences in color perception uncovered by ‘the dress’ photograph. **Current Biology**. mai. 14, 2015. Disponível em: <http://www.cell.com/current-biology/home> Acesso em: 17 de jun. 2017.

MACLAURY, R. E.; PARAMEI, G. V.; DEDRICK, D. **Anthropology of Color: interdisciplinary multilevel modeling**. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company, 2007.

MERLEAU-PONTY, Maurice. **O olho e o espírito**. Rio de Janeiro: Grifo, 1969.

NEWTON, Isaac. **Opticks: or, a treatise of the reflections, refractions, inflections, and colours of light**. London: William Innys, 1730.

KANDINSKY, Wassily. **Concerning the Spiritual in Art**. 10. ed. Project Gutenberg, 2004.

PEDROSA, Israel. **Da cor à cor inexistente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial Ltda, 2003.

SCHIFFMAN, Harvey Richard. **Sensação e Percepção**. Tradução de Luís Antônio Fajardo Pontes, Stella Machado. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

SACKS, Oliver. **Hallucinations**. New York: Alfred A. Knopf, 2012.

SACKS, Oliver. **An Anthropologist on Mars**. New York: Alfred A. Knopf, 1995.

WHITEHEAD, Alfred North. **Science and the Modern World**. New York: The New American Library, 1948.

WILFORD, J. N. Homer's sea: wine dark? **The New York Times**, New York, dez. 1983. Disponível em: <https://www.nytimes.com/section/science> Acesso em: 17 de jun. 2017.

ZOLFAGHARIFARD, E. Could our ancestors see blue? Ancient people didn't perceive the colour because they didn't have a word for it, say scientists. **Daily Mail**, mar. 2015. Disponível em: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/index.html> Acesso em: 17 de jun. 2017