

A COR NAS COISAS

Quando falamos de experiência cromática, falamos da “necessidade de estar presente, presente à cor no minuto da cor”¹, nada substitui, nem nada existe como base da experiência cromática, a não ser o nosso próprio corpo. Mas, a experiência cromática como experiência fenomenológica, não é uma descrição da experiência directa, pois aquela é, na verdade e por definição, indescritível.²



Foto de Eli Jacobson

Toda a descrição de um mundo dado e anteriormente existente é e só pode ser, uma reelaboração e uma reconstrução de uma experiência que nada tem de verbal. Na verdade, a utilização do termo “fenomenologia” é tomado neste artigo no sentido de Bachelard e não tanto no de Merleau-Ponty. Isto significa que a fenomenologia da cor é aqui tomada como *a consideração do seu nascimento na consciência individual*. Ora, se a experiência cromática é

João Menezes de Sequeira

Departamentos de Arquitectura e de Ciências da Comunicação, Artes e Tecnologias da Informação. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

¹ Trata-se aqui de uma adaptação das palavras de Gaston Bachelard, *Poética do Espaço*, Martins Fontes, S. Paulo, 1996.

² Contrariamente ao que Merleau-Ponty nos diz, na sua “Fenomenologia da Percepção”.

uma experiência simbólica, é porque se elabora e se constrói, na fronteira entre o *logos* e a *bios*, “nasce onde a força e a forma coincidem”³. Para tentar compreender a experiência cromática, sob o ponto de vista daquele que, artificialmente, a irá produzir (o designer), é fundamental entender que o próprio estudo científico dos mecanismos fisiológicos é comandado pela experiência fenomenológica.

Irei, por isso, discutir apenas o processamento cromático mais abstracto, não abordando, para já, o processamento das superfícies e das categorias.

Não existe nenhuma experiência humana igual à que nos dá a ver a cor das coisas. *A cor é uma propriedade psicológica da experiência visual, não uma propriedade física dos objectos ou luzes*. Isto é, as propriedades dos objectos e luzes (pigmentação e comprimentos de onda), que são a base da nossa experiência cromática, são muito diferentes das sensações perceptivas e psicológicas que experimentamos quando vemos uma cor.

Compreender a cor passa por compreender a interacção entre a luz física e o nosso sistema nervoso, isto é, passa por aceitar, de uma vez por todas, que a percepção (em geral e em particular da cor) é um acto construtivo e não uma mero acto passivo.

Embora, ao nível da investigação, o fenómeno cromático tenha tido importantíssimos avanços ao longo do século XX, sendo hoje a área de estudo da visão mais bem compreendida, continua a ser uma verdadeira incógnita para o comum dos mortais. Por isso, talvez, caiba aqui fazer uma abordagem sintética e generalista ao mundo da visão cromática.

Um dos sistemas mais recentes de abordagem ao fenómeno visual, sob um ponto de vista funcional, é o dos três sistemas de processamento de informação de David Marr. Com as devidas adaptações e de modo genérico, aqueles níveis de análise podem ser definidos como:

- a) Uma descrição da informação como evento, que comporta a ideia de informação de chegada (*input*), de processo de transformação e de informação de saída (*output*).
- b) Um sistema de análise recursiva⁴, que decompõe toda a informação complexa em sistemas mais simples num nível inferior (e mais concreto).
- c) A incorporação do nível mais abstracto da informação na materialidade de um sistema físico, tomando como representações os estados desse sistema e como processos as alterações daqueles estados.

A descrição do evento passa, como vimos atrás, pelos dois lados da moeda, a luz física e o sistema nervoso.

Não iremos aqui “descascar toda a teoria física da luz” mas convém saber que a actual teoria⁵ considera que a luz consiste em pacotes mínimos de energia, designados por fotões, que se comportam, quer como ondas, quer como partículas (na maioria dos estudos a luz é considerada como partículas, mas no que diz respeito à cor, ela é considerada como onda)⁶. A nossa sensibilidade à cor

³ A definição de símbolo é de Paul Ricoeur, *Teoria da Interpretação*, Ed. 70, Lisboa, 1996.

⁴ Aqui uso o termo de Stephen E. Palmer, já que o de David Marr seria designado como nível algorítmico dada a aplicação computacional do seu sistema.

⁵ É importante ter a noção de que existe ainda alguma celeuma sobre a composição real da luz. Sobre este assunto, remeto para o estudo de Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 1934, sobretudo capítulo dedicado às ondas e crepúsculos.

⁶ A primeira teoria a aparecer foi a teoria ondulatória da luz, pela mão de Cristian Huygens em 1670; dois anos depois, Isaac Newton (em 1672), surge com a teoria corpuscular da luz. Já em pleno século XVIII, as experiências de Thomas Young e Augustin Fresnel, sobre interferência e as medidas da velocidade da luz em líquidos, realizadas pelo cientista francês L. Foucault, demonstraram a

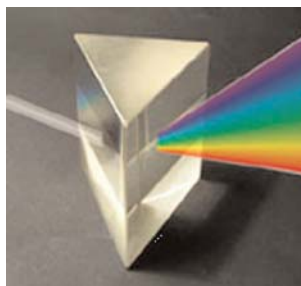
abrange apenas os comprimentos de onda entre os 400 e os 700 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9}$ metros) ficando de fora todos os restantes comprimentos de onda do espectro (raios X, micro-ondas, rádio, etc.).

O segundo pólo que nos interessa (o *output*) é o da descrição psicológica, na qual encontramos, logo ao nível estrutural, argumentos que justificam a frase provocadora no início deste texto, “*A cor é uma propriedade psicológica da experiência visual, não uma propriedade física dos objectos ou luzes.*”

O espaço da cor, que é a experiência subjectiva de uma superfície colorida, pode ser descrito apenas segundo três dimensões: a tinta (ou classe de cor), a saturação (pureza ou opacidade da cor) e a intensidade (grau de claridade ou de obscuridade). A estrutura física da luz apresenta um infindável número de valores contínuos de comprimentos de ondas.



Pintura a lápis da aluna do curso de design, Teresa Piedade (2004)



Prisma de Newton (1672) e espectro cromático da luz, S.N.C. de Harris (1766)

existência de fenómenos ópticos para os quais só a teoria ondulatória tinha resposta. Na segunda metade do século XIX, James Clerk Maxwell, através da sua teoria de ondas electromagnéticas, provou que a velocidade com que a onda electromagnética se propagava no espaço era igual à velocidade da luz, cujo valor é, aproximadamente: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300\,000 \text{ km/s}$. Hertz, 15 anos após a descoberta de Maxwell, comprovou experimentalmente a teoria ondulatória, usando um circuito oscilante. Quando parecia que realmente a natureza da luz era a onda electromagnética, surge o fenómeno de emissão fotoelétrica – ejeção de electrões quando a luz incide sobre um condutor – para voltar a baralhar tudo e todos. Foi Einstein já em 1905 que, com base na ideia de Planck (1900), mostrou que a energia de um feixe de luz era concentrada em pequenos pacotes de energia, denominados fotões, que explicava o fenómeno da emissão fotoelétrica. Desde essa data que se considera que a luz tem um carácter dual: os fenómenos de reflexão, refração, interferência, difracção e polarização da luz podem ser explicados pela teoria ondulatória e os de emissão e absorção podem ser explicados pela teoria corpuscular.

Existe assim, sob um ponto de vista objectivo, uma enorme redução de complexidade, quando passamos da descrição física da luz para a descrição psicológica da cor. De tal modo que diversas combinações de comprimentos de ondas electromagnéticas podem produzir uma única experiência cromática igual.

A estrutura física da luz é descrita como um contínuo linear que vai do maior comprimento de onda visível até ao extremo oposto, onde se encontra o menor comprimento de onda visível. A estrutura psicológica da cor é, desde a Idade Média, descrita como um círculo contínuo que abrange todo o espectro visível e onde os mais curtos comprimentos de onda (violeta) se aproximam “naturalmente” dos maiores comprimentos de onda (vermelho).

Resta perguntar: como é que comprimentos de onda se relacionam com a experiência subjectiva da cor?

A correspondência psicofísica só pode ser feita com base em hipóteses laboratoriais. Podemos considerar, de modo grosseiro, que a média de comprimentos de onda determina o tom ou classe de cor, que a área espectral determina a intensidade e que o estreitamento e altura do comprimento de onda determina a saturação. Estas hipóteses são grosseiras e laboratoriais porque simplificam o fenómeno experimental, pressupondo situações que raramente encontramos no mundo natural.

Estas dificuldades espelham-se numa outra problemática que, aparentemente, parece ser uma questão meramente teórica, mas que sabemos não ser bem assim. Refiro-me à problemática da mistura das cores. Quem já estudou um pouco este tema sabe que existem dois tipos de misturas diferentes: a mistura de luzes coloridas e a mistura de pigmentos reflectores. A primeira mistura designa-se por síntese aditiva, dado que a adição das três primárias (vermelho, verde e azul) gera, em condições de controlo absoluto, a luz branca. A segunda mistura designa-se por subtractiva, dado que a mistura das três cores primárias (cyan, magenta e amarelo) tende para o preto (cinzento muito escuro). Como o leitor pode constatar, refiro aqui a existência de três cores “primárias” que são diferentes conforme falamos de mistura de luzes (aditiva) ou de mistura de pigmentos (subtractiva). Todos os aparelhos emissores de luz, como a TV ou o monitor dos computadores trabalham apenas com três cores (RGB – acrónimo de **R**ed, **G**reen e **B**lue) conseguindo gerar toda a gama de tons captáveis pelo olho humano. Do mesmo modo, qualquer designer ou profissional de tipografia, sabe que as impressões cromáticas usam percentagens de CMYK (acrónimo de **C**yan, **M**agenta, **Y**ellow e **blacK**) que são as três cores primárias (subtractivas) mais o negro (o uso do negro deve-se à necessidade de cortar a reflexão ao cinzento escuro resultante da mistura das três primárias, por deficiência de pigmento). Uma vez mais, todos os designers sabem que existem algumas dificuldades na aferição (*matching*) entre as cores que usam nas aplicações informáticas e nos dispositivos de visualização, e as cores que serão impressas em suporte material pelas impressoras.



Síntese aditiva



Síntese subtractiva

Esta dificuldade, ao nível da descrição do evento, torna-se ainda mais aguda, quando falamos sobre as Teorias da Cor.

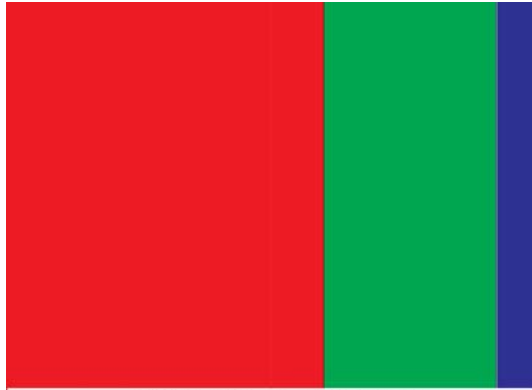
Desde a teoria cosmológica de Pitágoras, que pressupõe uma relação entre a escala dos tons e a posição dos planetas, passando pelas sete cores do dia de Aristóteles, ou pela dramática teoria platónica do confronto entre os “raios visuais” e as partículas emanadas dos objectos, muito se percorreu até aos nossos dias. Em meados do século XX, existiam duas teorias concorrentes, a teoria tricromática e a teoria das cores opostas. Procurarei descrevê-las o mais genericamente que me for possível.

A primeira deve-se a G. Palmer (1777) e a T. Young (1802) e postula a existência de três tipos de células fotoeléctricas (sensíveis à radiação luminosa) na retina do olho humano, um tipo sensível aos comprimentos de onda longos (responsável pelas sensações de vermelho), outro aos médios (responsável pelas sensações de verde) e outro aos comprimentos de onda curtos (responsáveis pela sensação de azul). Assim, embora os receptores funcionem em conjunto e por graus e não individualmente e em absoluto, haveria receptores, (designados por cones), que seriam directamente responsáveis pela gama das diversas sensações cromáticas. Por exemplo, a forte activação dos cones das ondas longas e uma alteração média dos cones das ondas médias resultaria numa sensação de laranja, etc. Na verdade, esta teoria manteve-se inabalável durante um século, porque explicava de modo elegante e simples uma série de fenómenos visuais, nomeadamente as anomalias cromáticas ou cegueiras cromáticas (daltonismo⁷, fraqueza cromática, etc.).

A segunda teoria deve-se a E. Hering (1872), mais tarde (1955) retomada e relembada pelos psicólogos L. Hurvich e D. Jameson. A *teoria das cores opostas* parte da fenomenologia da cor, isto é, da natureza subjectiva da experiência cromática. Como defesa desta teoria considera-se que as anomalias cromáticas nunca se verificam apenas numa das três cores da teoria tricromática, mas sempre aos pares. Isto é, não existem anomalias puras do tipo da protanopia ou da deuteranopia, pois sempre que existe uma deficiência nos receptores vermelhos os receptores verdes são afectados e vice-versa, tal como se verifica na tritanopia em relação aos amarelos e azuis. Por outro lado, a teoria fenomenológica baseia-se também num velho tema, o da experiência do amarelo que desde as primeiras teorias cromáticas (que Newton formalizou) se tem considerado como uma cor pura, ou melhor, como uma sensação “pura” ou experiência “única”. O violeta parece vermelho e azul, mas o amarelo não se parece com um vermelho esverdeado. Nesta teoria, considera-se que todas as sensações de cor são produzidas por dois pares de receptores: um produzirá sensações de vermelho ou de verde e o segundo de amarelo ou de azul. Os membros de cada par são opostos, pois não podemos sentir um azul amarelado ou um verde avermelhado. Quando ambos os membros de um dos pares são estimulados de igual modo anulam-se mutuamente num cinzento. É esta reacção de anulação que explica, segundo J. E. Hochberg, a presença do amarelo “em todas as reacções às ondas longas: porque a luz em 650nm estimula tanto a reacção vermelha como a amarela, a luz em

⁷ O nome deriva do cientista que a descobriu, John Dalton, também pai da teoria atómica dos corpos. Outros nomes são usados para este tipo de cegueira cromática: duocromáticos (aqueles que apenas possuem sensibilidade a duas cores); ou monocromáticos (aqueles que apenas possuem sensibilidade a uma cor). Os mais comuns são os duocromáticos que podem ter: protanopia (cegueira ao vermelho); deuteranopia (cegueira ao verde); ter tritanopia (cegueira aos azuis e amarelos). Na verdade, nada está provado no que diz respeito à diferenciação entre a protanopia e a deuteranopia, pois quando existe cegueira ao vermelho, existem anomalias na sensibilidade ao verde e vice-versa. O ponto neutro do primeiro situa-se nos 492nm e o do segundo nos 498nm, o que diz tudo.

530nm estimula as reacções ao verde e amarelo e só o amarelo permanece depois do vermelho e o verde se neutralizarem reciprocamente (não porque o amarelo seja composto de sensações de vermelho e verde, como a teoria de Young-Helmholtz afirma)".⁸



Abstração dos comprimentos de onda segundo as três tipos de cones (L, M, S)

Na verdade, as duas teorias estão correctas, mas referem-se a dois estádios da percepção visual e só através de uma teoria sequencial dupla se pode compreender o processamento visual cromático. A ideia de uma teoria de processamento duplo aparece pela primeira vez com Von Kries no início do século XX sendo depois desenvolvida e consolidada, primeiro por Muler e Schrodinger e posteriormente por Leo Hurvich e Dortha Jameson (1957). Esta hipótese aceita que o mecanismo dos receptores está de acordo com a teoria tricromática, mas que a reacção dos receptores aos comprimentos de onda se realiza de acordo com a teoria das cores opostas (princípio das complementares). Sabe-se hoje que estes dois estágios se processam sobretudo em dois níveis: o da retina e a caminho do córtex visual primário, nos núcleos laterais do tálamo (LGN – *lateral geniculate nucleus*).

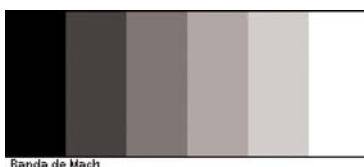
Por um lado, verificou-se que a quantidade relativa dos três cones na retina (fotoreceptores sensíveis aos comprimentos de onda) não é equitativa, mas antes uma relação de 10:5:1 (onde L:M:S – longas, médias e curtas), por outro lado, as reacções que confirmam a teoria das cores opostas verificam-se, sobretudo, ao nível dos LGN (*lateral geniculate nucleus*) já depois do chiasma óptico e do nervo óptico, mas também nas células bipolares e ganglionares da retina.

Existem várias teorias que procuram dar resposta à transformação que ocorre entre aqueles dois níveis de processamento, mas nenhuma tem ainda a aprovação necessária. Podemos, no entanto, constatar que existe uma parametrização, isto é, uma mudança de variáveis que controla o comportamento do sistema. Do sistema tricromático (SML) até ao sistema das complementares opostas mais o par preto/branco, existe uma transformação em que o par preto e branco pode ser visto como o “volume de luz” (a intensidade) enquanto os dois pares de opostas representam duas dimensões (x e y, por exemplo), que podem ser mais ou menos saturadas e pertencer a uma classe de cor mais ou menos pura. Esta ideia reflecte o fenómeno de proximidade das cores e da sua influência mútua. Isto é, os contrastes de brilho e os contrastes de complementares, com os

⁸ Julian E. Hochberg “Percepção” Zahar editores, Rio de Janeiro, 1982, nota à figura 16 na p. 43.

consequentes contrastes simultâneos e sucessivos, só podem ser explicados com a ajuda da transformação realizada pela teoria dos dois níveis de processamento cromático.

Ao nível da retina, existe um mecanismo designado por “inibição lateral” que se caracteriza por uma inibição de reacção que os neurónios provocam em neurónios vizinhos. Este mecanismo é responsável pelo contraste simultâneo e pela ilusão na banda de Mach.



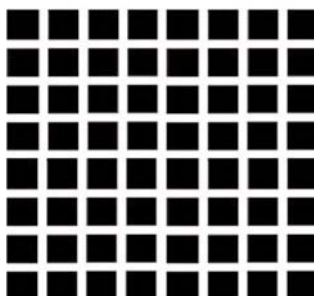
Banda de Mach

O contraste simultâneo pode ser constatado: quer na grelha de Hermann, quer em situações de contexto envolvente mais iluminado.

Acredita-se que existam outros mecanismos em jogo (expectativas ou processamento num terceiro nível do córtex), pois a inibição lateral é realizada apenas em pequenas fracções de 1 grau, enquanto os contrastes simultâneos observados são bastante mais abrangentes e extensivos.



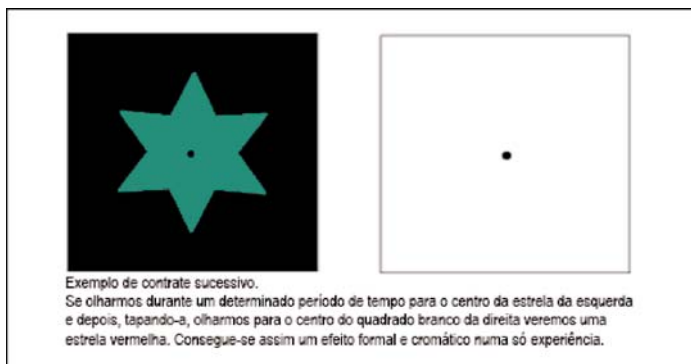
Contraste simultâneo por inibição lateral.
O quadrado central da esquerda parece mais escuro que o da direita



Grelha de Hermann.
Fora do centro da atenção todos os cruzamentos parecem conter pequenos quadrados cinzentos.

Ainda considerando as transformações entre os dois estágios de processamento cromático, temos um outro fenómeno a considerar: a adaptação cromática e o seu corolário, o contraste sucessivo. A adaptação cromática é produzida pela dessensibilização ocorrida quando existe uma

contínua exposição a um determinado estímulo. Se olharmos fixamente para um campo cromático, dessensibilizamos os cones receptores ao ponto de começarmos a ver esse campo acinzentado. O mesmo princípio, agora associado à complementaridade cromática (e em defesa da teoria das cores opostas), está subjacente ao contraste sucessivo⁹.



No caso da figura da estrela verde, o que acontece é que o prolongado estímulo das células G^+R^- (verde activo e vermelho inibido) faz com que as referidas células se tornem cada vez mais dessensibilizadas. Se depois olharmos para um campo neutro, as células G^-R^+ (verde inibido e vermelho activo) serão mais sensíveis, atendendo ao seu longo período de inibição. Em todo o caso o vermelho resultante não terá o mesmo nível de saturação que o verde, tornando-se mais próximo do magenta. O mesmo acontece com todos os pares de cores da teoria de Hering, mas o fenómeno verifica-se também com cores menos saturadas.

Todos estes fenómenos que acabámos de referir são de conhecimento necessário, sobretudo se quisermos tirar partido dos efeitos provocados pela inibição lateral e pelos contrastes sucessivos e simultâneos. Mas o estudo da cor só pode aprofundar os seus objectivos quando se estudam os efeitos de superfície, a categorização e o simbolismo cromático.

Bibliografia

- Byrne, A. & Hilbert, D.R. (eds.). (1997). *Readings on color: Vol. 2. The science of color*. Cambridge: MIT Press.
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. Cambridge: MIT Press.
Kaiser, P. K. & Boynton, R. M. (1996). *Human color vision*, Washington, DC: Optical Society of America.

⁹ Também conhecido como "color afterimage" ou cor fantasma.