

1

A cor na fotografia

Este capítulo descreve as propriedades da luz com relação à cor e apresenta os princípios aplicados à fotografia colorida, tanto analógica quanto digital. Você verá como a cor é produzida a partir da luz visível e como podemos obter informações sobre a cor de uma fonte de luz. A cor se origina de diferentes tipos de fontes, e uma das principais questões na fotografia colorida é a diferença de cor entre diversos tipos de fontes de luz. Isso é importante quando se deseja obter cenas com cores equilibradas. Este capítulo apresenta modos de medir a cor das fontes de luz e de controlar a cor.

As cores existem devido ao modo como nosso sistema visual interpreta a sensação da luz. Assim, uma introdução ao sistema visual humano está incluída neste capítulo, com ênfase em nossa visão colorida. Isso inclui a *teoria tricromática de Young-Helmholtz*, na qual se baseiam a fotografia e as imagens coloridas, e a *teoria das cores opostas*.

O trabalho com as cores tornou o desenvolvimento de sistemas de classificação de cores algo essencial. Com esses sistemas, qualquer cor pode ser descrita por um conjunto específico de números. Diversos sistemas já foram formulados e três deles são apresentados aqui. A cor, no entanto, é um fenômeno perceptivo. As características da visão humana foram, portanto, levadas em consideração no desenvolvimento de alguns sistemas de classificação de cores.

Por fim, este capítulo discute o efeito do julgamento subjetivo ao se olhar para fotografias coloridas. Você verá como a adaptação às cores produzida pelo sistema visual humano afeta as cores que enxergamos. O efeito da fadiga ocular e influências psicológicas na percepção das cores também são apresentados e discutidos.

Luz e cor

A sensação de cor é produzida por raios de luz refletidos ou transmitidos por um objeto. Um raio de luz pode ser considerado uma *onda eletromagnética*, parte da série mais ampla de ondas eletromagnéticas que viajam pelo espaço, e ela é descrita por seu *comprimento de onda* e por sua *frequência*. O comprimento de onda é a distância entre dois pontos adjacentes correspondentes no padrão de onda, como mostrado na Figura 1.1, enquanto a frequência se refere ao número de ondas passando por um ponto determinado a cada segundo. O produto do comprimento de onda pela frequência é igual à velocidade da onda.

O *espectro eletromagnético* se estende desde comprimentos de onda de 0,0000001 nanômetro (nm) a 1000 km. Aquilo que chamamos de luz é a parte visível do espectro, de aproximadamente 400 nm até cerca de 700 nm. Levando-se em consideração que 1 nm é igual a 1/1000000000 m, fica claro que o espectro visual representa uma parte bem pequena do espectro eletromagnético.

Abaixo dos 390 nm se encontra a faixa de radiação ultravioleta (UV) e acima dos 760 nm se encontra a faixa infravermelha (IV). As radiações UV e IV, portanto, não são visíveis. Em câmeras digitais, os sensores eletrônicos (ver Capítulo 6) do tipo *dispositivo de carga acoplada* (CCD – *charge-coupled device*) e o *semicondutor de óxido metálico*

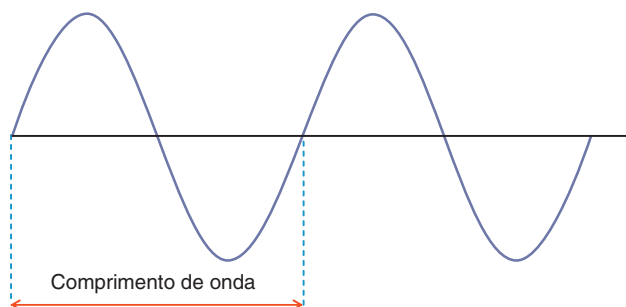


Figura 1.1 O comprimento de onda é a distância entre dois pontos adjacentes correspondentes no padrão de onda.



Figura 1.2 Uma fotografia infravermelha capturada com uma câmera Sony DSC-F707 usando um filtro infravermelho Heliopan RG780.

complementar (CMOS – *complementary metal oxide semiconductor*) são sensíveis aos raios infravermelhos. Para eliminar o efeito dos raios IV, um filtro especial é colocado defronte ao sensor de imagem. Em algumas câmeras digitais, este filtro pode ser removido e é possível fazer registros na região IV. Outra opção é usar um filtro que só captura a radiação IV (Figura 1.2). Com câmeras de filme, você pode registrar a luz IV com o uso de um filme IV. O filme fotográfico é sensível a uma faixa de comprimentos de onda entre 350 nm e 700 nm, sendo sensível, portanto, a raios UV. Por essa razão, um filtro UV é geralmente colocado defronte à objetiva para impedir que essa radiação chegue ao filme. Veja o Capítulo 11 para fotografia UV e IV.

Raios X e raios gama têm comprimentos de onda inferiores aos dos raios UV. Embora eles não façam parte do espectro visível, existem aplicações, como exames médicos de imagem, em que esses raios são registrados. Entre os raios com comprimentos de onda mais longos do que o IV encontram-se as ondas de radar e de rádio.

A luz branca é uma mistura de raios coloridos. Na segunda metade do século XVII, Sir Isaac Newton mostrou que quando a luz branca incide em um prisma de vidro transparente, ela não é apenas desviada, como também refratada em muitos raios coloridos, como exibido na Figura 1.3, na seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. A magnitude da refração depende do comprimento de onda do raio, o que mostrou que a luz branca consistia em raios de diferentes comprimentos de onda, que correspondem às cores que vemos no espectro. Veja também a página 58 para mais detalhes sobre refração e dispersão quando a luz incide no vidro.

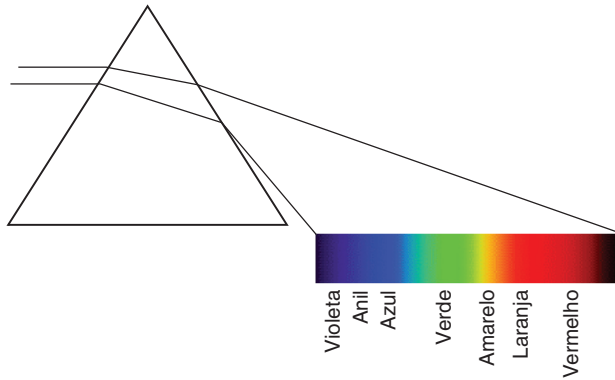


Figura 1.3 Luz branca refratada gerando as cores do espectro visível.

O sistema visual humano

As cores existem devido a nossa percepção visual e, especificamente, ao nosso *sistema visual*, que interpreta as diferentes composições de comprimentos de onda de luz como cores (Figura 1.4).

Muitas invenções engenhosas se baseiam em “observações da natureza”. O modo como os filmes coloridos e os sensores de imagem funcionam se deve muito aos estudos básicos dos cientistas sobre o que é a cor e como os olhos humanos respondem a ambientes coloridos. Em 1802, Thomas Young sugeriu que a retina do olho humano não contém receptores para cada matiz discernível. Ao invés disso, ela possui uma mistura de três tipos diferentes de receptor – sensível ao vermelho, ao verde e ao azul. Young denominou essas cores como *cores primárias de luz* (não o mesmo que cores primárias de pigmento, conhecidas dos artistas como azul, amarelo e vermelho). Essa “visão tricolor” dá ao seu cérebro a sensação de cor, derivada por ele a partir da combinação dos sinais recebidos. A teoria foi quantificada por Helmholtz em 1886 e é conhecida como *teoria da visão colorida de Young-Helmholtz* (também chamada de *teoria tricromática*). Outra teoria desenvolvida no final do século XIX por Ewald Hering foi a *teoria das cores opostas*. De acordo com essa teoria, as cores são percebidas com três canais cromáticos: verde-vermelho, amarelo-azul e branco-preto. Sendo assim, uma cor não pode ser percebida como verde avermelhado ou azul amarelado. Alguns espaços coloridos tridimensionais como o CIELAB se baseiam na teoria das cores opostas. As teorias atuais sobre as cores combinam a teoria tricromática e a teoria das cores opostas.

Hoje está bem estabelecido que nossas retinas contêm milhões de células em forma de bastonetes e cones. Os bastonetes são mais sensíveis à luz, mas não discernem cores. Eles se encontram distribuídos na área periférica da retina, onde a imagem é formada. Existem cerca de 75 a 150 milhões de bastonetes nessa área. Os cones, que são menos sensíveis, reagem à cor com seus três tipos de recepção determinados por conteúdo químico. Eles se encontram concentrados no centro da retina e são menos abundantes do que os bastonetes, na casa dos 6 a 7 milhões.

Alguns aspectos da visão colorida não são completamente explicados pela teoria tricromática, mas as descobertas desses cientistas do século XIX continuam sendo altamente relevantes para se compreender a fotografia colorida. Ao mesmo tempo, lembre-se de que seus olhos são praticamente uma extensão do seu cérebro, conectados a ele por mais de 750 mil fibras em cada nervo óptico. No que diz respeito à visão colorida, a capacidade de interpretação do cérebro é tão relevante quanto o estímulo propriamente dito recebido pela reação ocular.

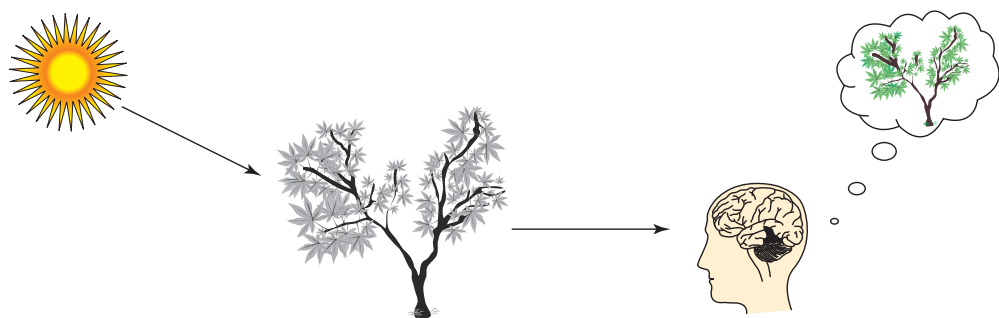


Figura 1.4 A cor é percebida quando comprimentos de onda de uma fonte de luz são refletidos pela superfície de um objeto. O sistema visual humano interpreta as composições de comprimentos de onda como a cor do objeto.

Métodos de reprodução de cor

Existem dois métodos de reprodução de cor: o *método aditivo* e o *método subtrativo*.

Método aditivo

James Clerk Maxwell comprovou a teoria tricromática nos anos 1850 ao demonstrar como a luz de lanternas com filtro azul (B – *blue*), verde (G – *green*) e vermelho (R – *red*) se sobrepunha em uma tela. Diminuindo ou aumentando a luminosidade de cada lanterna, era possível recriar todas as cores do espectro, enquanto uma mistura igual das três cores primárias formava um espaço branco na tela. A combinação de duas cores primárias resulta em uma cor secundária. Isso é mostrado na Figura 1.5(a). Esse tipo de mistura de cores é denominado *aditivo*. Vale observar que durante os anos 1870 e 1880 a técnica do pontilhismo foi usada por pintores franceses impressionistas como Monet, Pissarro e Seurat. O pontilhismo é a técnica de justapor minúsculas pinceladas de cores fortes e luminosas com tons sutis. É bastante significativo o fato de que os primeiros materiais de fotografia colorida a serem postos à venda eram fabricados na França (o “Autochrome”, dos irmãos Lumière, em 1907) e funcionavam com base naquilo que se conhece como princípio aditivo. Com o método aditivo, você pode criar qualquer cor ao variar as proporções e intensidades dos pontos vermelhos, verdes e azuis em uma imagem. Ao olhar uma imagem de uma certa distância, os olhos enxergam uma cor uniforme e não pontos coloridos individuais. Uma das aplicações deste método é o projeto de telas de televisão e de computador (ver página 184). As cores são formadas por minúsculos pixels vermelhos, verdes e azuis, que só podem ser discernidos inspecionando-se a tela muito de perto. O método aditivo também já foi usado para materiais de fotografia instantânea e para o projeto de sensores digitais de imagem.

Método subtrativo

Outro método, o *método subtrativo*, tem suas origens no trabalho do cientista francês Louis Ducos du Hauron, no final do século XIX. Ele publicou um livro, *Les Couleurs en Photographie*, antevendo diversos dos sistemas de reprodução de cores que atualmente utilizamos. Entretanto, foi somente nos anos 1880 que as pesquisas do Dr. Hermann Vogel, na Alemanha, com aditivos sensibilizadores possibilitaram que as emulsões ortocromáticas e pancromáticas complementassem os materiais sensíveis ao azul, que até então eram os únicos disponíveis. A reação pancromática a todas as cores, e a capacidade de controlar a sensibilidade à cor, abriu as portas para a prática da fotografia colorida.

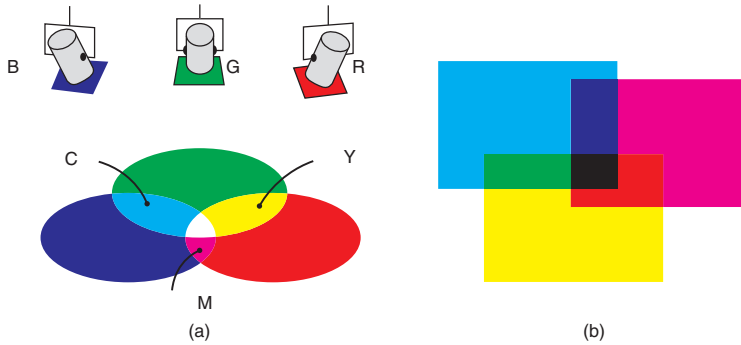


Figura 1.5 Os métodos aditivo (a) e subtrativo (b) para criar cores. No método aditivo, a mistura de duas cores primárias, vermelho (R – red), verde (G – green) ou azul (B – blue), cria uma cor complementar, ciano (C), magenta (M) ou amarelo (Y – yellow). A mistura de todas as três cores resulta no branco. No método subtrativo, duas cores complementares criam uma cor primária.

O método subtrativo se baseia na absorção de luz usando-se as cores complementares ciano (C), magenta (M) e amarelo (Y – yellow). Podemos usar, por exemplo, um conjunto de filtros com cada uma dessas três cores. O filtro ciano subtrairá o vermelho, o magenta subtrairá o verde e o amarelo subtrairá o azul. Se os filtros ciano e magenta se sobrepuserem, eles transmitirão azul. Isso ocorre porque os dois terão subtraído o vermelho e o verde. O mesmo se aplica para as outras duas combinações, ciano com amarelo, que transmite verde, e magenta com amarelo, que transmite vermelho. Quando o ciano, o magenta e o amarelo são combinados, o vermelho, o verde e o azul são subtraídos, e o resultado é o preto. Isso é ilustrado na Figura 1.5(b). O método subtrativo é utilizado em filmes fotográficos (ver Figura 1.6), em impressão colorida (haleto de prata ou digital) e em outras aplicações que utilizam corantes. A atual tecnologia de impressão a jato de tinta baseia-se no método subtrativo, mas muitos modelos utilizam mais do que quatro cores de tinta (ciano, magenta, amarelo e preto). Veja o Capítulo 7 para mais detalhes sobre a tecnologia de impressoras a jato de tinta.

Fontes de luz e suas características

A quantidade de luz que é emitida por uma fonte de luz a cada comprimento de onda é chamada de *potência espectral relativa*. Se representarmos a potência espectral relativa versus o comprimento de onda, teremos um gráfico com a curva da *distribuição espectral da potência* da fonte. Se usarmos energia em vez de potência (energia = potência \times tempo), teremos a *distribuição espectral da energia* de uma fonte de luz. Informações e gráficos sobre a distribuição da potência espectral são frequentemente fornecidos como dados técnicos para fontes de luz.

A partir dos gráficos de distribuição espectral, é possível determinar a cor de uma fonte de luz. Eles também fornecem informações que permitem determinar se uma fonte de luz específica tem um espectro contínuo e emite luz a todos os comprimentos de onda ou se tem um espectro descontínuo e emite apenas a certos comprimentos de onda. Entre as fontes de luz com espectros contínuos estão as fontes incandescentes (materiais que brilham com o calor a partir de uma determinada temperatura) e o sol. Fontes de luz como lâmpadas de vapor de sódio e vapor de mercúrio têm um espectro descontínuo. Existe ainda um terceiro tipo de fonte de luz que emite amplas faixas de espectro contínuo com magnitudes que variam conforme o comprimento de onda. Um exemplo dessa fonte de luz é o tubo de descarga.

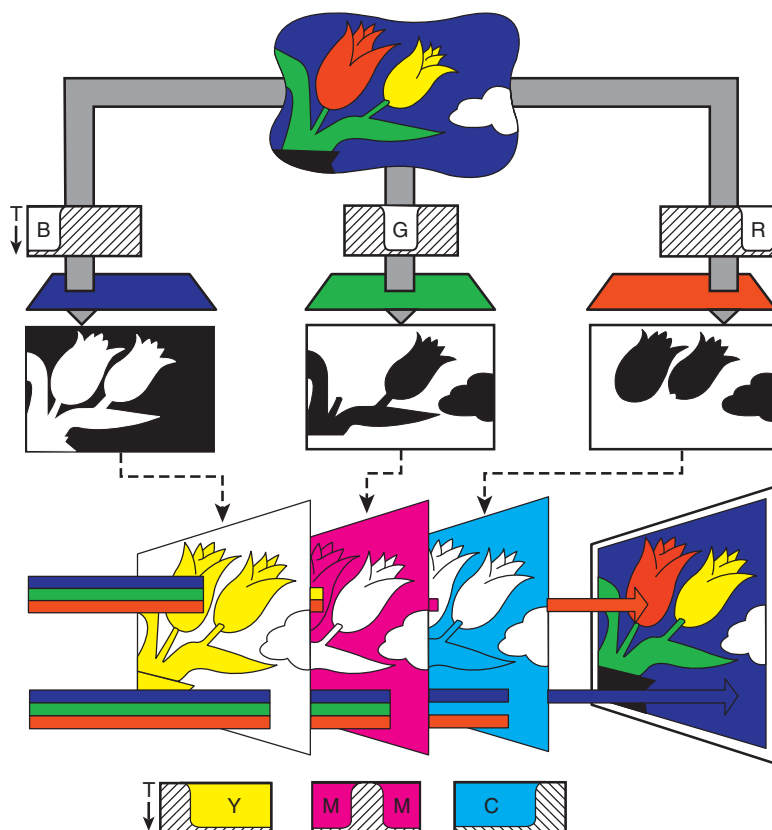


Figura 1.6 Princípios da reprodução subtrativa de cores. Acima: assunto exposto em filme pancromático através dos filtros azul, verde e vermelho (ou, mais comumente, em três camadas de emulsão sensível a azul, verde e vermelho). Cada imagem registra um terço de espectro. Abaixo: a transparência, ou impressão, final consiste em três imagens positivas, cada uma em um pigmento complementar a reação de cor de sua camada de "tomada". Cada uma dessas cores complementares transmite (T) dois terços do espectro e subtrai um terço da luz branca visível. A maioria dos filmes coloridos funciona com base nesses princípios.

Temperatura de cor

Conforme descrito anteriormente, as fontes incandescentes de luz apresentam espectros contínuos. A proporção relativa dos comprimentos de onda longos e curtos produzidos por essas fontes varia amplamente. Essa variação depende da temperatura da fonte. Como exemplo, podemos supor duas lâmpadas caseiras de 100 W, uma carregada na voltagem correta e a outra subcarregada em uma fração da voltagem correta. A lâmpada subcarregada não apenas é menos luminosa como também produz uma iluminação mais alaranjada. De modo similar, se compararmos duas lâmpadas de 500 e de 100 W carregadas corretamente, a fonte mais fraca produz uma proporção maior de comprimentos de onda vermelhos e uma menor proporção de azuis. Sua luz é mais vermelho-alaranjada.

A curva da distribuição espectral da potência fornece informações sobre a cor da fonte, como vimos anteriormente. Em fotografia, porém, a cor de uma fonte de luz também é expressa por uma unidade de medida, a *temperatura de cor*. Isso se baseia no fato de que os espectros contínuos emitidos por fontes incandescentes de luz a uma mesma temperatura de cor são iguais, produzindo os mesmos resultados em filme. A temperatura de cor é definida com base no *radiador de corpo negro*, ou *radiador planckiano*, da seguinte forma: a temperatura de cor de uma fonte de luz branca é a temperatura em Kelvin (K) de um radiador de corpo negro perfeito quando emite luz correspondente à fonte sob teste.

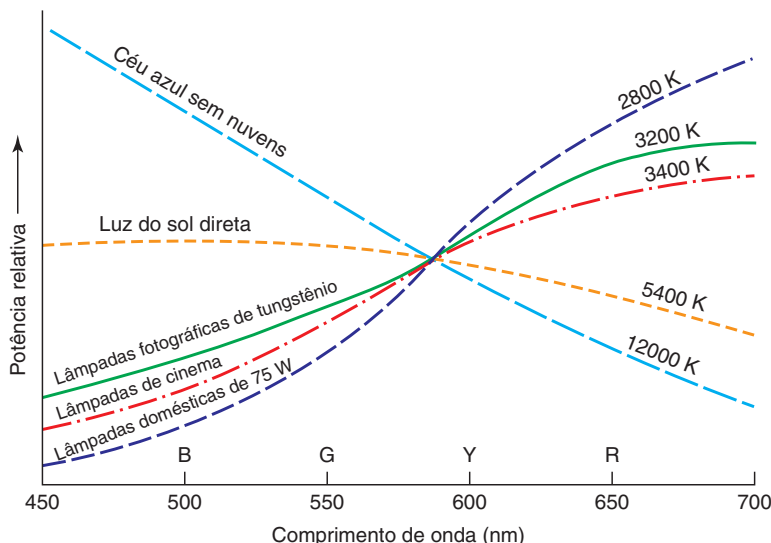


Figura 1.7 As curvas de distribuição espectral da potência para algumas fontes de luz branca. Cada uma contém um “coquetel” de todos os comprimentos de onda visíveis – algumas ricas em azul e escassas de vermelho, outras o inverso. Elas também podem ser descritas por suas temperaturas de cor em Kelvin.

O radiador de corpo negro é um corpo sólido de metal que não reflete luz incidente. Quando aquecido, ele se torna incandescente e emite radiação de forma contínua e bem distribuída, porém não uniforme, por todo o espectro. Ele começa transmitindo a cor vermelha e, à medida que a temperatura aumenta, sua cor muda para o azul ou para o “branco ardente”. A temperatura de cor é medida usando-se a escala absoluta em Kelvin ($0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$), que homenageia o nome do cientista Lorde Kelvin. A Figura 1.7 ilustra as curvas de distribuição espectral da potência de algumas fontes brancas e suas temperaturas de cor correspondentes em Kelvin.

Quando a temperatura de cor é baixa, a fonte de luz emite mais comprimentos de onda em vermelho e em amarelo e menos em azul. Um exemplo é a típica chama de vela, que tem uma temperatura de cor de 1900 K (Figura 1.8).

O filamento de uma lâmpada fotográfica de 500 W produz mais comprimentos de onda azuis e menos vermelhos e possui uma temperatura de cor mais elevada, cerca de 3200 K. A luz do dia varia consideravelmente em temperatura de cor, de acordo com



Figura 1.8 A chama de uma vela tem uma aparência amarelo-avermelhada devido a sua baixa temperatura de cor.

Condições da luz do dia	Temperatura de cor (K)	
	Mínima	Máxima
Na sombra (luz apenas do céu azul)	12000	27000
Na sombra (luz apenas do céu levemente nublado)	7500	8400
Luz do sol + luz do céu claro, meio-dia	6000	6500
Luz do sol + luz do céu claro, manhã ou tarde	5700	6200
Luz do sol + luz do céu levemente nublado	5700	5900
Apenas a luz do sol, meio-dia	(Média = 5400)	
Apenas a luz do sol, manhã ou tarde	4900	5600
Luz do sol ao entardecer	1900	2400

Figura 1.9 A luz natural do dia não é consistente em temperatura de cor, como mostram estes números.

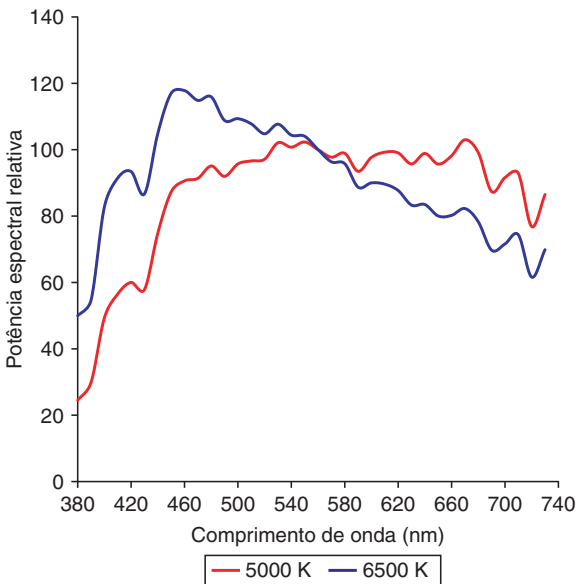


Figura 1.10 Curvas de distribuição espectral da potência de fontes de luz com temperaturas de cor de 5000 e 6500 K.

a hora do dia e com as condições atmosféricas, como mostrado na Figura 1.9. A temperatura de cor da “luz do sol direta” (uma média, medida no nível do solo durante o ano em Washington, DC, Estados Unidos) é de 5400 K. Na sombra, com luz apenas do céu azul, a temperatura de cor é de 12000 K, enquanto no pôr do sol é de 1900 K.

Um exemplo de curvas de distribuição espectral da potência e das temperaturas de cor correspondentes de dois iluminantes de luz do dia é apresentado na Figura 1.10. Observe que é importante evitar qualquer confusão entre os termos cores “quentes” ou “frias” (frequentemente usados em referência à composição de imagens) e a temperatura de cor. No caso da temperatura de cor,

o oposto é verdadeiro: uma baixa temperatura de cor resulta em cores vermelhas e uma temperatura de cor elevada resulta em cores azuis.

Existem também fontes de luz não incandescentes que emitem luz sem gerar calor. Entre elas encontram-se as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas de sódio e o flash eletrônico. Eles apresentam um espectro descontínuo e a energia é produzida em linhas e faixas com grandes lacunas no espectro nas quais pouca ou nenhuma energia é emitida, como mostrado na Figura 1.11.

O conceito de temperatura de cor está baseado na cor de um material aquecido até a incandescência. Fontes não incandescentes, que geram luz por outros meios, não podem ser estritamente designados com uma temperatura de cor. Neste caso, o termo *temperatura de cor correlata* é usado. A temperatura de cor correlata é a temperatura do corpo negro quando ele tem a mesma ou quase a mesma aparência de cor, para um observador humano, que uma fonte de luz não incandescente. As temperaturas de cor típica e correlata são mostradas na Figura 1.12. A Figura 1.13 ilustra as cores de fontes de luz misturadas.

A Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) definiu as distribuições espectrais de potência de fontes de luz conhecidas como *iluminantes*. O iluminante A representa a luz incandescente com uma temperatura de cor equivalente a 2856 K. Os iluminantes D50 e D65 foram definidos para a luz do dia. Para o iluminante D50, a temperatura de cor correlata é de 5000 K, e para o D65, é de 6500 K. Suas distribuições espectrais de potência são mostradas na Figura 1.10. Os iluminantes CIE são amplamente utilizados na fotografia digital, dentre outras aplicações. Por exemplo, eles são usados em gerenciamento de cores e para calibrar e estabelecer perfis em dispositivos fotográficos (ver Capítulo 8).

A reprodução precisa de cores em fotografia com filme pode ser facilmente alcançada se a fonte emitir luz em todos os comprimentos de onda do espectro e se o filme estiver em balanço com essa fonte. Felizmente, a maioria das lâmpadas de tubo fluorescentes usadas em lojas de varejo, caixas de luz, etc., tem tanto um espectro contínuo quanto um descontínuo. O tubo produz um espectro contínuo sobreposto a um espectro de faixa fluorescente do invólucro do tubo. Isso é mostrado na Figura 1.14. A adequação de um tubo fluorescente para fotografia em filme depende da proporção

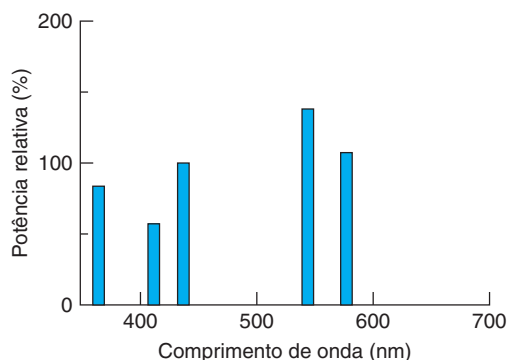


Figura 1.11 Gráfico da distribuição espectral da potência de uma lâmpada de vapor de mercúrio. São produzidas apenas faixas de comprimentos de onda. Essa lâmpada não emite potência alguma em comprimentos de onda vermelhos.

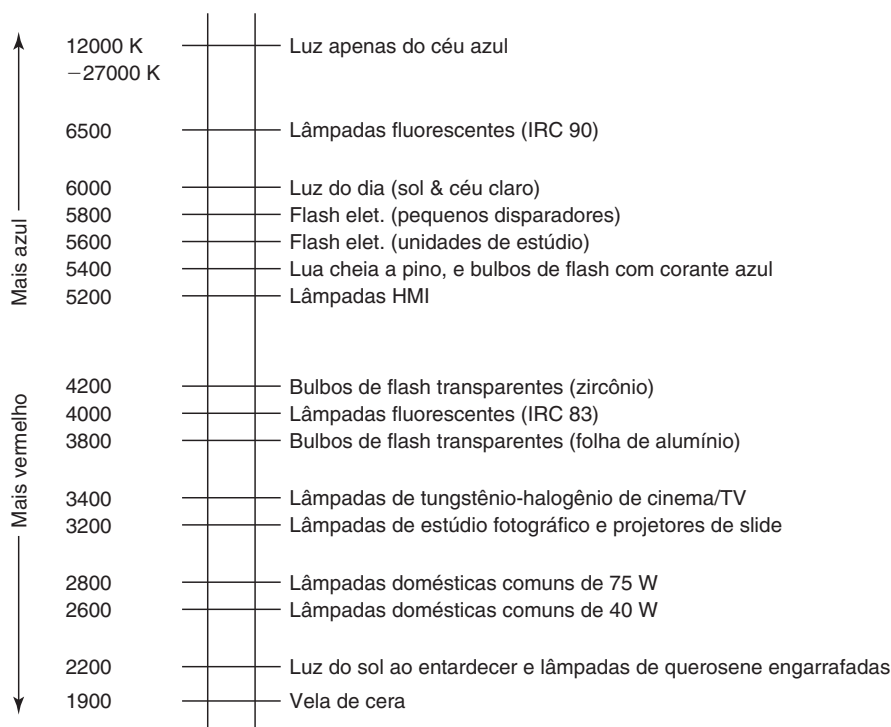


Figura 1.12 Temperaturas de cor para algumas fontes de luz típicas. IRC é a sigla de Índice de Reprodução de Cor, informado por fabricantes de tubos fluorescentes. Lâmpadas HMI (Hydrargyrum Medium-Arc Iodide) utilizam um arco de halogeneto metálico e produzem uma iluminação livre de oscilação.



Figura 1.13 Fotografia tirada ao entardecer. As fontes de luz misturadas produzem uma variedade de cores.

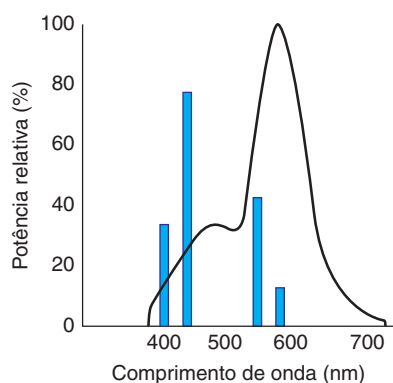


Figura 1.14 Um tubo fluorescente que imita a luz “branca” do dia produz uma mistura de espectro em faixas e espectro contínuo. Isso é adequado para a fotografia colorida, mas provavelmente exigirá um filtro magenta-claro para reduzir o verde.

de espectro contínuo no total de luz emitida. Quanto maior a proporção de espectro contínuo, mais adequada é a fonte de luz para fotografia. Tubos de flash fotográfico apresentam espectros lineares devido ao gás em seu interior. Contudo, por causa da pressão e da descarga elétrica de alta densidade, as linhas se alargam, tornando-se faixas que se sobrepõem, formando um contínuo.

A maioria dos filmes fotográficos é projetada para condições de iluminação com uma temperatura de cor de 5500 K. Ao empregar fontes de luz com uma temperatura de cor de 3200 K (tungstênio), você pode utilizar filmes com balanço para tungstênio ou tipo B (como o Kodak Ektachrome 160T ou o Fujichrome T64) para essa temperatura de cor, ou então filme para luz do dia com um filtro adequado na objetiva.

As câmeras digitais oferecem ajustes para compensar diferentes tipos de iluminação, tais como tungstênio, fluorescente e luz do dia. A

câmera também pode ser ajustada para “balanço automático de branco”, no qual a correção de cor se baseia em medidas conduzidas na luz incidente no sensor digital. Outra opção disponível em algumas câmeras digitais é o “padrão” ou “pré-ajuste” de balanço de branco, no qual você utiliza um cartão branco ou cinza como referência. Medidas feitas com o cartão são usadas para determinar a correção de cor necessária para imagens capturadas

sob este ajuste. Você pode ler mais sobre câmeras digitais e temperatura de cor nos Capítulos 2 e 4.

Medindo a temperatura de cor

Há casos, porém, em que mesmo quando você ajusta o balanço de branco correto (temperatura de cor) na sua câmera digital ou quando utiliza o tipo adequado de filme para a fonte de luz, as cores de sua imagem não saem certas. Isso pode ocorrer devido a uma ou mais das seguintes razões:

1. Uma lâmpada é usada em uma voltagem menor ou maior do que a taxa estipulada (ver Figura 1.5). (Isso não se aplica da mesma forma para tubos de flash, que são alimentados a partir de capacitores de armazenamento. Assim, variações na carga alteram o tempo que esses capacitores levam para recarregar.)
2. A luz é desviada por um refletor ou passa através de um difusor (ou elemento óptico de uma lâmpada) que não é totalmente sem cor. De forma similar, um entorno colorido bem próximo à área da figura pode tingir seu conteúdo.
3. Condições atmosféricas filtram a luz do sol. A temperatura de cor também se altera durante o dia ou a época do ano.
4. Outros tipos de fontes de luz potentes com temperaturas de cor diferentes estão presentes.

Nos casos em que a iluminação é incerta, é bastante útil medir a temperatura de cor utilizando um medidor de temperatura de cor (ver Figura 1.16). Esses aparelhos, no entanto, são utilizados principalmente para fotografia em filme e quando se deseja controlar a cor das fontes de luz por meio de filtros (p. ex., quando você quer equalizar as fontes de luz). Na fotografia digital, você pode usar a função “balanço de branco padrão” da câmera, como mencionado anteriormente. A maioria dos medidores de temperatura de cor possuem três fotocélulas de silicone com filtros para detectar o vermelho, o verde e o azul sob um difusor integrado. Os circuitos do medidor obtêm um perfil do conteúdo espectral de sua iluminação ao comparar as reações relativas das três cores. Por exemplo, a célula vermelha apresenta uma reação maior do que a azul ao se medir lâmpadas de tungstênio, ao passo que a luz do dia produz o efeito oposto. A gama de fontes de luz que podem ser medidas varia de um modelo para o outro, e alguns deles incluem a possibilidade de medir fontes de luz breves como flashes eletrônicos.

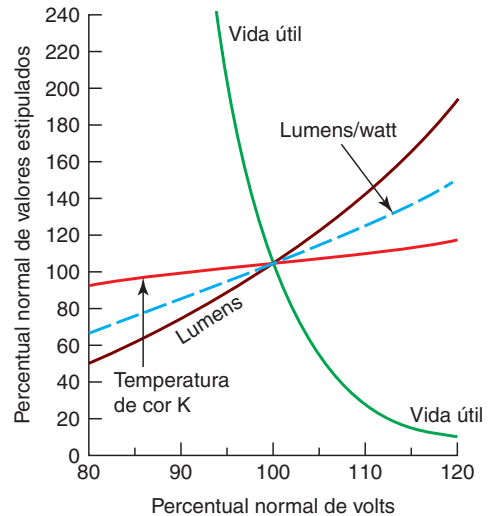


Figura 1.15 Os efeitos da diminuição ou do aumento da voltagem aplicada a uma lâmpada de tungstênio. A redução de carga aumenta a vida útil, mas reduz a temperatura de cor. Além disso, menos lumens de luz são produzidos por watt consumido, e a iluminação se enfraquece.



Figura 1.16 Medidores de temperatura de cor medem a luz por meio do disco difusor em sua parte superior. O medidor é programado para o tipo de filme (luz do dia ou tungstênio, por exemplo) e gera em sua tela uma referência para o filtro de compensação de luz necessário na objetiva da câmera ou na fonte de luz. Imagem cortesia de Gossen Foto-und-Lichtmesstechnik GmbH.

Os medidores de temperatura de cor fornecem uma leitura direta em Kelvin. Existem modelos que levam em consideração o balanço de cor do filme e que fornecem como resultado a temperatura de cor da luz em Kelvin, junto com o valor de qualquer filtro de correção de luz necessário. Os filtros podem ser ou encaixados na objetiva da câmera ou colocados na frente da fonte de luz (ver Capítulo 4). A informação sobre o filtro de correção é apresentada em valores de *filtro de balanceamento de luz* (LB – *light-balancing*) e valores de *filtro de compensação de cores* (CC). O valor LB se refere ao filtro LB vermelho ou azul e é a diferença entre o requerimento de temperatura de cor do filme selecionado e a temperatura de cor da fonte de luz medida. Os valores para esses filtros são dados em mireds (*micro reciprocal degrees* – micrograus recíprocos). O valor CC é o valor nominal do filtro requerido para a compensação de cores, geralmente verde ou magenta. Vale ainda ressaltar que dentro dos limites de operação do medidor, a intensidade de sua iluminação não é importante. As células do instrumento ainda podem fazer suas comparações quer a iluminação venha de uma lâmpada de 60 W ou da luz solar.

O uso de um medidor de temperatura de cor com uma boa gama de filtros fornece a você um bom controle das cores da iluminação ao trabalhar ao ar livre. Você também pode conferir sua iluminação de estúdio para identificar quaisquer enganos ou mudanças. Veja a página 98 para saber como utilizar os filtros na prática.

COMO MEDIR A TEMPERATURA DE COR

Ao medir a cor de uma fonte de luz com um medidor de temperatura de cor, você deve posicioná-lo junto ao assunto a ser fotografado, com o difusor de luz branca apontando em direção à fonte de luz. Como os medidores de temperatura de cor fazem leituras da

luz incidente, se eles estiverem apontando diretamente para o assunto, medirão a cor do assunto, em vez da cor da luz que o ilumina. Para medir a temperatura de cor de um flash, aponte o medidor com seu difusor voltado de frente para a câmera, de preferência da mesma posição do assunto ou, pelo menos, de onde se recebe a mesma iluminação.

Filtros de “aquecimento” (valores mired positivos)		Filtros de “esfriamento” (valores mired negativos)	
85B	+127	80A	–125
85	+112	80B	–110
85C	+86	80C	–81
81EF	+53	80D	–55
81C	+35	82C	–45
81B	+27	82B	–32
81A	+18	82A	–18
81	+10	82	–10
CC20M	+8	CC30G	–10
CC10M	+4	CC10G	–4

Figura 1.17 Os valores de variação em mired de alguns filtros Kodak.

mired além de um número (veja a Figura 1.17). A razão pela qual utiliza-se a escala mired no lugar da Kelvin deve-se ao fato de que o próprio conteúdo de cor das fontes de luz não muda em conformidade com a temperatura de cor. Isso ocorre porque a escala da temperatura de cor se baseia na temperatura física, não no conteúdo de cor proporcional. Por isso, um filtro que eleva a temperatura de cor de 100 K a 2800 K tem um efeito de 130 K a 3200 K e um efeito de 300 K a 5000 K, como mostrado na Figura 1.18. Para solucionar o problema da calibração de filtros, você converte Kelvin em mireds dividindo 1.000.000 pelo valor em Kelvin da fonte:

$$\text{Valor em mireds} = 1.000.000 \div \text{pela temperatura de cor em K.}$$

Mireds

Como mencionado anteriormente, os medidores de temperatura de cor podem fornecer o filtro de correção LB de que você precisa em termos de mireds ou, mais precisamente, em valor de variação em mired, em vez de um número de referência de um fabricante. Na verdade, todos os filtros para correção de temperatura de cor, de qualquer que seja a marca, tendem a trazer uma especificação em

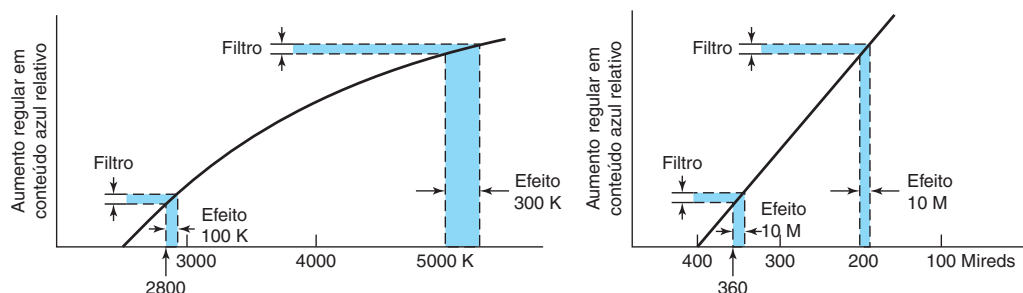


Figura 1.18 Por que mireds são usados. Esquerda: o conteúdo azul relativo de uma fonte de luz (incandescente) não aumenta proporcionalmente com a temperatura de cor. Portanto, um filtro mais azulado, que possui uma influência positiva fixa sobre o conteúdo azul, gera uma mudança maior em Kelvins quando a iluminação é de 5000 K do que quando é de 2800 K. Não é possível estabelecer um “valor de variação em Kelvin”. Direita: ao converter Kelvins em mireds, temos uma escala regular diretamente relacionada ao conteúdo azul. Um filtro possui o mesmo “valor de variação em mireds”, tanto em posições altas quanto baixas na escala.

Mudanças iguais na escala mired correspondem a variações aproximadamente iguais em cor.

Observe que quanto maior o valor em mireds, menor a temperatura de cor, e vice-versa. Sendo assim, filtros de “aquecimento” laranja-amarelados possuem valores positivos em mireds e filtros de “esfriamento” azulados os possuem negativos. Por exemplo, o valor em mireds de lâmpadas caseiras de 2800 K é de 357 M, enquanto o filme colorido tipo B é projetado para 3200 K (312 M). Para que um filtro faça o balanceamento do filme com a lâmpada, ele precisa ter um valor de variação em mireds de 245 M, ou o mais próximo possível disso. Usado com uma iluminação por lâmpada fotográfica de 3400 K (294 M), o mesmo filtro mudaria o conteúdo de cor para 249 M, que corresponde a 4000 K. Repare como o mesmo filtro resultou em uma mudança de 400 K no primeiro caso, enquanto resultou em uma mudança de 600 K no segundo, em termos da escala de temperatura de cor. É possível, portanto, designar a um filtro um valor de variação em mireds (+ ou -), o qual se mantém praticamente constante, independente da temperatura de cor da fonte de luz. Às vezes, os filtros e os medidores de temperatura de cor mencionam “decamireds”, em vez de mireds. Um decamired equivale a 10 mireds; assim, um filtro de 100 mireds possui 10 decamireds.

Os filtros podem ser combinados, e isso pode se revelar muito útil quando não se dispõe do filtro com o exato valor em mireds para corrigir a temperatura de cor. Se o seu medidor de temperatura de cor, ou um simples cálculo, mostrar que um filtro de +127 M é necessário para balancear a fonte de luz ao seu filme, você pode ou utilizar um Kodak 85B (+127 M) ou combinar um 85 (+112) com um 81A (+18). Caso os mireds não estejam especificados nas embalagens dos seus filtros, calcule-os e assinale-os. Se você possui um medidor de temperatura de cor, você pode finalmente verificar qualquer filtro segurando-o defronte ao sensor superior e medindo novamente sua fonte de luz. O medidor deve mostrar a cor correta. Uma tabela de conversão Kelvin/mired é mostrada na Figura 1.19.

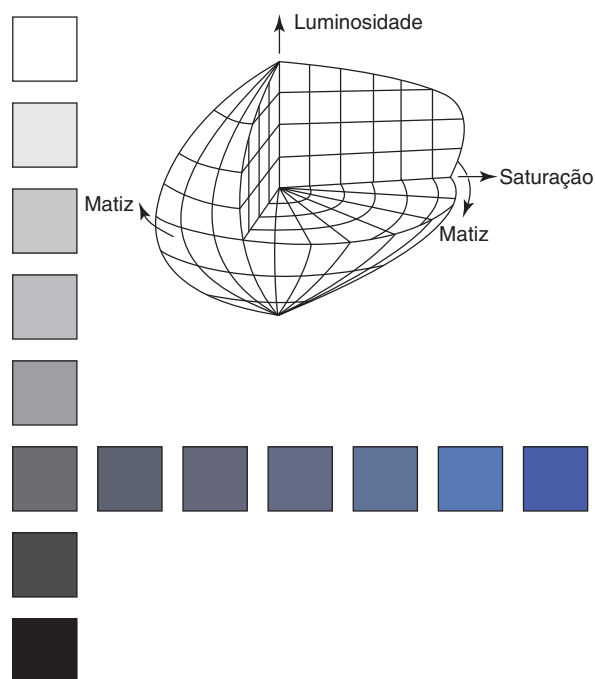
Temperatura de cor (K)	Valor em mired
6500	154
6300	159
6000	167
5800	172
5600	179
5400	185
4200	238
4000	250
3800	263
3400	294
3200	312
3000	333
2800	357
2600	385
2400	417
2200	454
1900	526

Figura 1.19 Tabela de conversão Kelvin/mired.

Classificação da cor

Em nosso cotidiano, descrevemos as cores como verde, avermelhado, rosa, azul-claro, etc. Esses nomes se referem a atributos da cor que foram definidos como *matiz*, *saturação* e *brilho*. O termo “matiz” está relacionado ao comprimento de onda dominante, expresso como um título de cor como verde, amarelo, etc., e está bem próximo do termo geral “cor”. “Saturação” significa a pureza de uma cor, o quanto ela é vívida ou opaca. As cores pastéis têm baixa saturação e as cores berrantes são altamente saturadas. O “brilho” se refere ao quanto uma cor é luminosa ou escura e não está relacionado à saturação. Uma cor escura, por exemplo, pode parecer saturada.

Existem diferentes sistemas que podem classificar uma cor e rotulá-la com um código



	Matiz	Valor (luminosidade)	Croma (saturação)
Branco-titânio	Branco	9,6	0,1
Vermelho-cádmio	6,6R	4,3	13
Verde-esmeralda	4,6G	4,0	8,8
Preto-marfim	Preto	1,5	0,9

Figura 1.20 O sistema Munsell de classificação de cores. O “sólido” de Munsell representa as três dimensões do sistema. O eixo central (neutro) vai de branco, no alto, a preto, na base. A saturação aumenta para longe do eixo central. Na prática, essa esfera toma forma a partir de dezenas de cartelas, empilhadas ao longo do eixo central e cada uma lidando com um matiz diferente. (O formato irregular aqui se deve ao fato de que tintas de impressão precisam ser usadas, em vez de cores teóricas. As tintas ainda têm sérias limitações de cores.) Abaixo são mostradas apenas duas fatias de uma cartela de matiz azul, com a saturação aumentando para a direita e o brilho aumentando verticalmente. Qualquer recorte individual de cor pode ser designada ao se citar as coordenadas de matiz, valor e croma. A tabela fornece quatro exemplos.

numérico. O *Livro de Cores Munsell* foi inventado pelo artista norte-americano A. H. Munsell. Esse sistema é tridimensional e classifica as cores por meio de uma coleção de mais de 40 cartelas com áreas coloridas em três coordenadas: valor, que descreve o brilho; matiz; e croma, que descreve a saturação (ver Figura 1.20).

O sistema Munsell confere a cada cor um número de referência, o qual identifica sua cartela (matiz), e então sua localização vertical (valor) e horizontal (croma), como um atlas de ruas. O eixo vertical vai de branco, no alto, a preto, na base, e o croma aumenta a partir do zero no eixo central. Os números de Munsell são usados como padrões de correspondência para pinturas de artistas, tintas de impressão para quaisquer produtos coloridos pigmentados. Esse sistema é limitado pelos próprios pigmentos disponíveis para a impressão das cartelas, e por essa razão a representação tridimensional do *Livro de Cores Munsell* têm uma representação irregular, ao invés de esférica.

Dois diagramas de cromaticidade, o CIE xy e o CIE u’v’ (Figura 1.21), foram introduzidos pela CIE em 1931 e 1976, respectivamente. Os diagramas de cromaticidade identificam todas as cores do espectro visível ao correspondê-las

a quantidades combinadas de luz azul, verde e vermelha. Cada cor é descrita por coordenadas xy ou u'v' no diagrama, o qual mapeia as forças relativas das três fontes no lócus espectral (ver Figuras 1.21 e 1.22). Todas as cores, quer na forma de pigmento ou de luz, possuem uma posição correspondente em algum lugar no diagrama CIE; assim, é possível descrever qualquer uma delas citando coordenadas gráficas.

A CIE também introduziu sistemas tridimensionais conhecidos como *espaços de cor*, em que cada cor é descrita por três coordenadas. O *espaço de cores CIELAB* foi

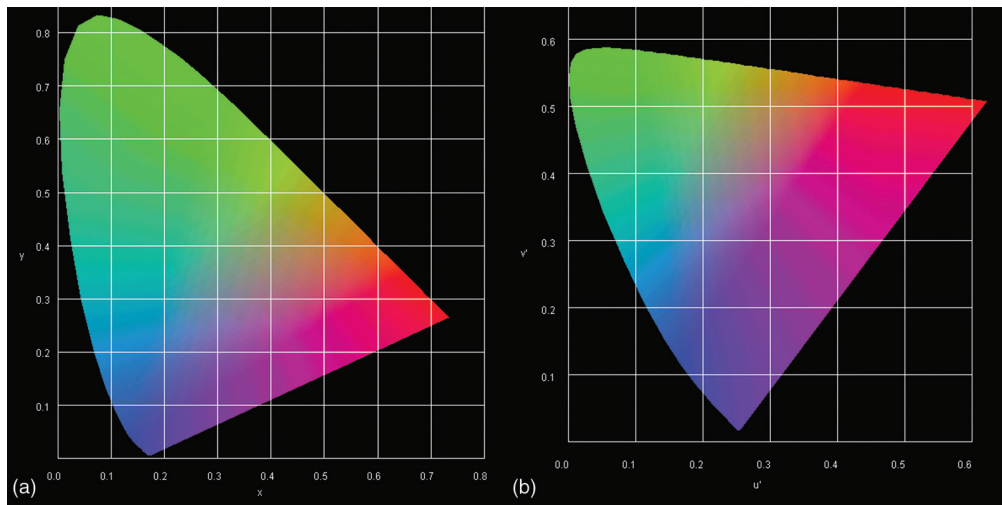


Figura 1.21 Os diagramas de cromaticidade CIE xy (a) e CIE u'v' (b), introduzidos pela CIE em 1931 e 1976, respectivamente. Reimpresso com permissão do The Colour Group (Grã-Bretanha).

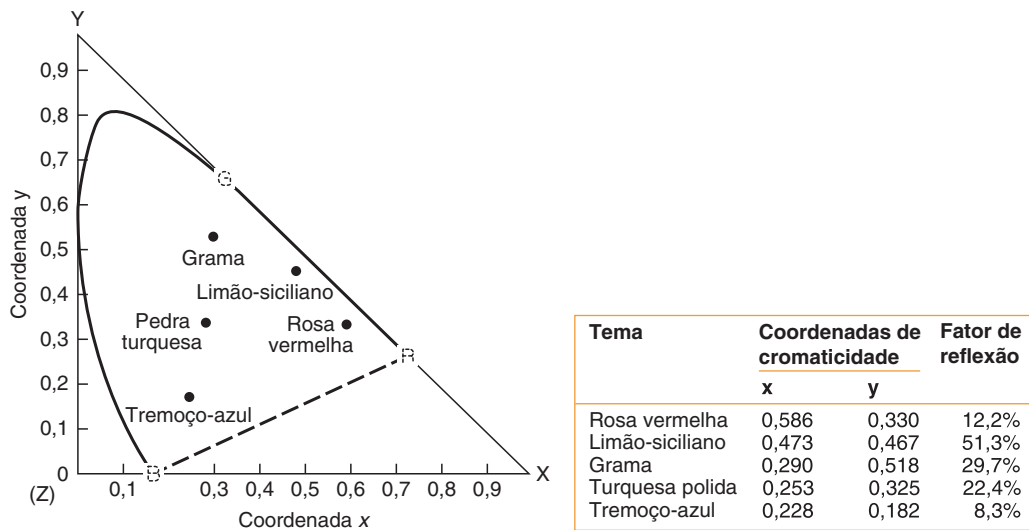


Figura 1.22 Classificação de cores CIE. Em termos básicos, imagine que isso é uma tela branca com luzes – vermelhas, verdes e azuis – brilhando para o interior a partir das três posições (veja as letras pontilhadas). O meio do triângulo formado pelas luzes é branco neutro. A luz vinda de qualquer canto é igual a zero em qualquer ponto ao longo do lado oposto. Cores espectrais do azul ao vermelho estão localizadas ao longo do lócus em forma de domo (linha contínua). Uma referência a coordenadas x e y identifica qualquer cor em termos de correspondência. Cabe observar aqui que as coordenadas de cromaticidade por si só, ignorando a luminância, acabariam considerando os amarelos e os marrons como correspondentes. Isso poderia ser indicado como uma limitação de um mapa de cores bidimensional. A tabela fornece exemplos para alguns assuntos mostrados no gráfico.

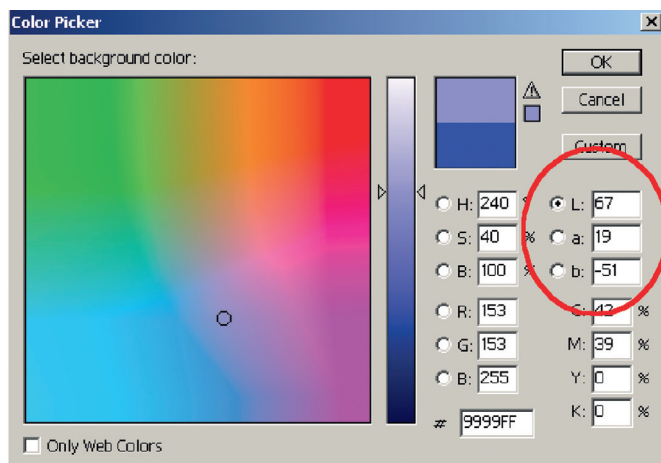


Figura 1.23 A ferramenta Color Picker no Adobe Photoshop inclui as coordenadas CIELAB de uma cor.

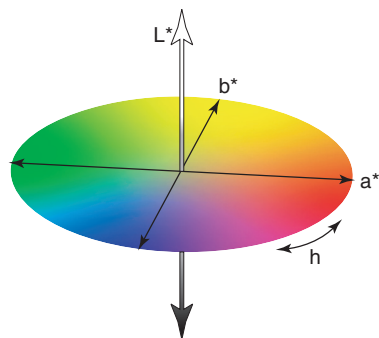


Figura 1.24 Ilustração gráfica do espaço de cores tridimensional CIELAB. O eixo L^* representa o brilho. O eixo a^* representa o valor vermelho/verde e o eixo b^* representa o valor amarelo/azul; h representa o matiz.

introduzido em 1976 e tem sido amplamente usado na fotografia. Você talvez já tenha encontrado esse espaço de cor em pacotes de software como o Adobe Photoshop, no qual ele é um dos modos de imagem. Ele também é uma das opções disponíveis de espaços de cor quando se utiliza o Color Picker, como mostrado na Figura 1.23.

As funções desse espaço de cor são ilustradas na Figura 1.24. O eixo vertical L^* representa o brilho, como

no diagrama de Munsell. Há também dois eixos que descrevem a cor. O eixo a^* representa o valor vermelho/verde e o eixo b^* representa o valor amarelo/azul. Esse sistema tridimensional baseia-se na percepção visual e é aproximadamente uniforme em termos perceptuais. Distâncias iguais entre duas cores no espaço de cores CIELAB representam distâncias aproximadamente iguais entre cores em termos visuais. Existem também espaços de cores desenvolvidos para imagens digitais, e você pode ler mais sobre eles no Capítulo 8.

As cores, é claro, originam-se dos mais diversos tipos de fontes. Isso é o que dificulta a sua reprodução exata com qualquer corante ou pigmento, sem mencionar as misturas dos três corantes em filme colorido, ou três pixels –

vermelho, verde e azul – em telas de cristal líquido (LCD), por exemplo. Todas e quaisquer das seguintes formas de cores podem se encontrar diante de sua câmera:

1. Pigmentos e corantes que refletem, transmitem ou absorvem seletivamente a luz incidente. As cores aqui são altamente influenciadas pela cor da luz e pela superfície do assunto. (A certos ângulos, uma superfície lisa pode refletir sem alteração uma alta proporção de luz incidente a partir de sua camada mais externa, misturando-a e dessaturando a cor seletivamente refletida mais debaixo.)
2. Cores derivadas da luz branca por difusão ou espalhamento – por exemplo, o azul do céu limpo causado pelo espalhamento dos comprimentos de onda mais curtos dos raios de sol pelo vapor d'água e pelas partículas de poeira na atmosfera.
3. Cores formadas por interferência – como as que se vê nas bolhas de sabão (ver Figura 1.15) ou refletidas pelo óleo em uma pista molhada. Esses matizes mutáveis são causados por dois reflexos de uma superfície interna e de outra externa em um filme transparente fino. O deslocamento de meio comprimento de onda interfere e cancela a cor desse comprimento de onda, formando outras cores a partir do restante da luz branca (ver Figura 1.26).



Figura 1.25 Cores vistas em bolhas de sabão devido à interferência destrutiva.

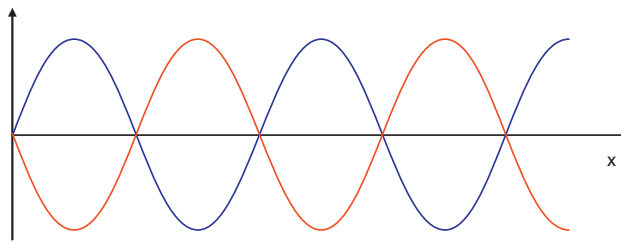


Figura 1.26 A interferência ocorre quando duas ondas coerentes são sobrepostas. Caso ocorra um deslocamento entre as duas ondas por meio comprimento de onda, ocorre então a interferência destrutiva e as ondas se cancelam mutuamente.

4. Cores produzidas por difração – por exemplo, refletidas em um CD (ver Figura 1.27) ou brilho de um tecido raio. Tais efeitos são causados pela mudança de direção de alguns comprimentos de onda na luz branca quando refletidos por uma superfície coberta por um fino padrão de linhas.
5. Cores fluorescentes. Tintas ou revestimentos especiais, como papéis de pôster berrantes, geram luz visível colorida sob a luz do sol ou qualquer outra fonte contendo radiação ultravioleta.
6. Cores fosforescentes. O “brilho” de substâncias que podem armazenar energia da luz e liberá-la de uma forma colorida mais tarde (p. ex., o revestimento colorido nos ponteiros de um relógio).



Figura 1.27 A difração resulta nas múltiplas cores refletidas de um CD.

Como vemos as cores

A visão humana normal é bastante boa quando se trata de comparar dois objetos coloridos e julgar se eles combinam, contanto que sejam vistos juntos sob iluminação idêntica. No entanto, o mesmo não vale para cores vistas isoladamente.

O julgamento, neste caso, varia de pessoa para pessoa e de um conjunto de circunstâncias para outro. As cores se tornam personalizadas e não podemos confiar em nossos próprios olhos. Veja o modo como as pessoas ajustam a televisão para conseguir uma cor “realista” – algumas optam pelo vivo e berrante, enquanto outras pelo tênue e contido.

Existem todos os tipos de inconsistência e de diferenças envolvendo a visão humana entre indivíduos.

Adaptação

Nosso sistema visual se adapta a mudanças na intensidade da luz (adaptação luminosa) e à qualidade espectral da luz (adaptação cromática). Quanto mais fraca a luz, maior fica a íris de nossos olhos (existem cerca de cinco padrões diferentes). Depois disso, a própria retina se adapta lentamente para aumentar a sensibilidade, baseando-se menos nos cones e mais nos bastonetes, que são altamente sensíveis, mas inertes à cor. Após cerca de 20 minutos de adaptação a uma luz extremamente fraca, só é possível vislumbrar as coisas de forma monocromática, com baixíssima resolução e com um grau de “ruído” visual que destrói quase qualquer detalhe. Em um jardim palidamente enlustrado, é possível enxergar apenas os formatos cinza-escuros das flores – mas basta o flash de uma lâmpada para que seu repentino brilho colorido enfatize aquilo que nossos olhos perderam. Em menor medida, a mesma coisa ocorre em uma cena com uma iluminação contrastada – nossos olhos enxergam menos cores em áreas sombreadas do que em meios-tons e altas-luzes. (Uma questão que deve ser lembrada em impressão colorida – imprecisões de cores são menos perceptíveis quando restritas a áreas escuras da impressão.)

Um aspecto importante da adaptação ocorre quando a cor percebida dos objetos permanece constante mesmo se a cor da luz se altera. Isso é conhecido como constância de cor. Quando você caminha de uma área iluminada por lâmpadas fluorescentes que imitam a luz do dia para outra iluminada por lâmpadas incandescentes de tungstênio, você fica, a princípio, consciente do “amarelado” da luz, mas dentro de um minuto, mais ou menos, você passa a aceitá-la como branco neutro. Quando você retorna para a área iluminada por tubo, sua luz parece, inicialmente, “azul”. Um exemplo disso ocorre quando olhamos para uma folha de papel em branco sob essas condições. Ela parecerá “branca” em ambos os ambientes, apesar da mudança na cor da iluminação.

A adaptação ocular é algo contínuo e não é percebida na vida cotidiana. Ela é útil porque serve a diversos propósitos. Como há menor processamento de informações quando as condições constantes são excluídas, a reação às mudanças é mais rápida. Isso também garante que haja uma estabilidade cromática para todos os objetos ao nosso redor, independentemente da hora do dia ou das condições de iluminação artificial.

Entretanto, a adaptação pode causar problemas na fotografia colorida. Filmes coloridos não reagem todos da mesma forma. Uma longa exposição sob luz fraca (apesar dos efeitos de reciprocidade) irá registrar uma gama de cores dos assuntos simplesmente invisível a olho nu. Os filmes também são balanceados para temperaturas de cor específicas, tais como os filmes para a luz do dia ou para iluminação a tungstênio. Sob uma iluminação com uma temperatura de cor diferente, que nossos olhos rapidamente ignoram, um filme não reproduzirá as cores ou os tons neutros com precisão. Você talvez já tenha observado isso ao bater fotos em um local fechado, em um ambiente iluminado por lâmpadas incandescentes de tungstênio, utilizando filme com balanceamento para luz do dia ou o ajuste de branco para “luz do dia” em sua câmera digital. Embora a cena possa lhe parecer iluminada por uma luz branca e neutra após alguns minutos de adaptação, as imagens puxam bastante para o amarelo. É essencial, portanto, estabelecer o balanço de branco correto em sua câmera digital ou, caso esteja utilizando uma câmera analógica, utilizar um filme que esteja balanceado para as condições de iluminação ambiente da cena. Caso isso não seja possível, você precisará utilizar filtros de correção. Com câmeras

digitais, você pode corrigir digitalmente ainda outros desvios cromáticos ao utilizar software para tratamentos de imagem ou filtros.

Fadiga cromática

O exame que nossos olhos fazem de um objeto colorido é altamente influenciado pela cor que o cerca, bem como pelo que vimos anteriormente. A Figura 1.28 é um teste simples que você pode usar para ver o efeito da fadiga cromática. Se funcionar com você, isso quer dizer que os receptores de azul em sua retina ficaram “fatigados”. Contudo, os receptores de vermelho e de verde na mesma área permanecem inalterados, reagindo mais ativamente e produzindo a imagem residual amarela.

De modo similar, uma cor pastel parece mudar de matiz quando é retirada de um cenário fortemente colorido e colocada diante de outro totalmente diferente em cor. Mudanças na sensibilidade ocular também dificultam, muitas vezes, o julgamento de impressões coloridas – quanto mais tempo você compara duas impressões de teste com diferentes matizes, mais você acredita que a cor correta é a intermediária. Isso também se aplica quando julgamos a correção das cores em impressões fotográficas usando filtros

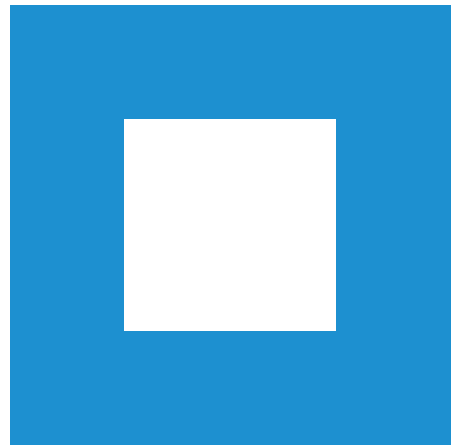


Figura 1.28 Olhe fixamente para esse formato colorido a uma pequena distância de leitura por cerca de 15 segundos. Em seguida, passe a olhar diretamente para o espaço em branco ao lado. Por algum tempo, o formato é visto novamente na folha em amarelo pálido.

Luz do dia



Tungstênio



Figura 1.29 Duas cores podem parecer a mesma sob determinado iluminante, mas podem diferir quando vistas sob outro.

vermelhos, verdes, azuis, cianos, magentas e amarelos (ver página 304). Se olharmos para a impressão de teste por vários segundos através do filtro, o seu efeito sobre a cor da impressão é menos perceptível.

Metamerismo

Em alguns casos, dois objetos com diferentes distribuições espectrais de potência parecem ter a mesma cor sob determinado iluminante. Esses objetos são denominados *metaméricos*. Você talvez já tenha observado o efeito do metamerismo iluminante quando, por exemplo, duas roupas pareceram ter a mesma cor ao serem vistas à luz do dia, mas pareceram ter cor diferente quando vistas em um local fechado sob iluminação incandescente (Figura 1.29). O metamerismo depende não apenas da distribuição espectral da potência, muitas vezes abreviada como SPD (*spectral power distribution*), da fonte da luz (metamerismo iluminante), mas também do observador (metamerismo do observador). Neste caso, os dois objetos com SPDs diferentes parecerão ter a mesma cor sob um determinado iluminante, mas cores diferentes para outro observador. Isso se deve à variação de sensibilidade espectral dentro da população.

Uma aplicação importante do metamerismo encontra-se nos dispositivos de saída, nas impressoras e nas telas, onde as cores podem ser reproduzidas com o uso de um número limitado de tintas. Uma cor específica pode ser criada usando-se uma combinação de tintas, em vez de ser preciso uma cor diferente para cada cor diferente na imagem.

As tintas que são metaméricas, no entanto, podem gerar uma tonalidade indesejada em impressões. Isso costumava ser um problema nas primeiras impressoras à jato de tinta devido ao tipo de tinta que era usado. Isso ficava mais evidente em fotografias em escala de cinzas, nas quais era possível observar um desvio cromático ao examiná-las sob diferentes condições de iluminação. O motivo é que os desvios cromáticos são mais perceptíveis em uma imagem em escala de cinzas do que em uma imagem colorida, especialmente em áreas com cores saturadas. Atualmente, esse problema já não existe, pois os aprimoramentos das tintas minimizaram o efeito do metamerismo.

Visão individual das cores

Cada pessoa difere um pouco no modo como reage às cores. Você pode ter certeza de que vê o mesmo que os outros veem? Cerca de 10% da população masculina e 0,5% das mulheres apresentam alguma forma de deficiência em sua visão colorida. Sua reação tricromática pode ser simplesmente desregular ou, mais gravemente, podem não distinguir entre o vermelho e o verde. Em alguns casos, que são mais raros, há uma visão cromática deficiente para matizes amarelos e azuis. Acrescente-se a isso o fato de que a óptica de nossos olhos desloca-se para o amarelo com a idade, e que aparentemente todos nós devemos ver as cores diferentemente. Em trabalhos envolvendo avaliações críticas – tais como impressão em cores – uma boa visão cromática é essencial. Você pode testar a si mesmo usando imagens do livro *Tests for Colour Blindness*, de S. Ishihara (H. K. Lewis, London).

Influências psicológicas

Também somos todos influenciados, em nosso julgamento das cores “corretas”, pela experiência e pela memória. Posso até não ver o mesmo verde que você, mas para mim a grama naquela fotografia é da mesma cor que parecia ser no gramado. Estudos já mostraram que nos lembramos das cores como mais saturadas do que as da cena original. Também nos lembramos das cores claras como mais claras e das escuras como mais escuras. De maneira similar, sabemos que certas flores favoritas são amarelas, que os ônibus municipais são de alguma outra cor e assim por diante. A familiaridade pode fazer você até mesmo aceitar e ignorar uma cor que está um tanto alterada – você

inconscientemente “lê nela” a cor que ela deveria ter. Por outro lado, certas cores de assuntos como carne e comidas comuns são lidas de modo bastante crítico. Nossos olhos tendem a detectar pequenas alterações. Todos os parâmetros citados exercem um efeito sobre a impressão colorida quando você toma decisões sobre a exposição e os ajustes de cores baseando-se no modo como se lembra das cores na cena original ou em como você espera que as cores de objetos familiares se pareçam. É quase impossível de se julgar a precisão das cores de fotografias coloridas de coisas que não nos são familiares, a menos que algum tipo de referência (como uma escala de cinzas) tenha sido anexado.

É uma questão bastante interessante o fato de as cores só poderem ser realmente lembradas por comparação. Você conseguiria imaginar uma cor que jamais tenha visto? As cores têm amplas conotações emocionais também, igualmente baseadas na experiência. O vermelho sugere calor; o azul, frio. Esses são velhos clichês, mas que ainda são usados com grande eficiência pela propaganda. Dessa forma, percebe-se uma tendência para o laranja em imagens publicitárias de sopa quente e uma ênfase em verde-azul no caso de pastas de dente com “máxima refrescância”.

Como você verá mais detalhadamente em breve, os fabricantes precisam trabalhar limitados pelo fato de terem somente três corantes presentes em filmes coloridos. A partir de diferentes combinações desses corantes, todas as imagens coloridas de todos os tipos de assuntos precisam ser formadas novamente. É impossível, portanto, reproduzir algumas cores, como as fluorescentes e fosforescentes, de maneira precisa. Até mesmo assuntos com cores regulares só serão reproduzidos aceitavelmente caso forem iluminados por uma luz para a qual as emulsões de halogeneto com sensibilidade tricromática tenham sido balanceadas. A “adaptação” pelo uso de filtros só é possível até certo ponto. Ao escolherem seus três corantes formadores de imagens, os fabricantes de filmes precisam achar um meio-termo entre a alta-precisão em somente algumas cores e a reprodução aceitável de diversas delas. Marcas diferentes resolvem esse problema de maneiras diferentes; por isso, imagens coloridas finais variam ligeiramente em aparência conforme o filme escolhido, ainda que cada filme tenha sido usado corretamente.

Problemas similares existem na fotografia digital, na qual a imagem retratada na tela de seu computador – formada por filtros de cor vermelhos, verdes e azuis (RGB), caso se trate de uma tela de LCD – precisa reproduzir todas as cores do assunto fotografado. Mesmo que você consiga fazer a imagem parecer aceitável, ela difere novamente daquilo que, mais tarde, sai no papel com tintas CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto [key]). A gama de cores que podem ser reproduzidas varia dependendo do aparelho utilizado. Sendo assim, algumas cores na imagem digital capturada talvez não venham a ser reproduzidas precisamente quando exibidas em um monitor ou quando impressas com uma impressora digital, por exemplo. O ajuste e a calibragem dos aparelhos de tratamento de imagem cumprem um papel importante na reprodução precisa de cores. Se, por exemplo, você modificar o ajuste de brilho e de contraste da tela do seu computador, estará afetando a gama de cores reproduzidas pelo aparelho. O gerenciamento de cores, como você verá no Capítulo 8, é usado para garantir que as cores sejam reproduzidas com precisão quando as informações cromáticas passam por diferentes aparelhos.

Com todas essas variáveis e restrições, é incrível que a fotografia colorida seja tão realista. A reprodução “correta” das cores parece algo tão improvável que mal vale a pena se esforçar para alcançá-la. Por outro lado, você precisa controlar rigorosamente todos os aspectos técnicos da reprodução colorida para que os resultados sejam consistentes e confiáveis, deixando a visão humana com a única variável. Felizmente, é muito raro alguém fazer um exame dos resultados finais lado a lado com o assunto original; por isso, neste caso, pelo menos, o modo como o seu cérebro interpreta aquilo que seus olhos veem é um fator positivo.

RESUMO

- As cores existem devido ao nosso sistema de visão colorida, que interpreta os diferentes comprimentos de onda da luz como cor. Um gráfico da distribuição espectral da potência permite que você determine a cor de sua fonte de luz e se essa fonte de luz específica apresenta um espectro contínuo ou descontínuo.
- As cores podem ser identificadas em termos de seu matiz, sua saturação e seu brilho. O matiz é o título básico da cor, a saturação (ou croma) é sua pureza e a luminância (valor) descreve o seu brilho. O sistema Munsell utiliza retângulos coloridos numerados em cartelas, aos quais se pode fazer uma correspondência com pigmentos. O sistema CIE xy utiliza luzes coloridas primárias e identifica qualquer cor de pigmento ou de luz por meio de coordenadas representadas em um diagrama cromático. O espaço de cores CIELAB descreve a cor em três dimensões e é aproximadamente uniforme em termos perceptuais.
- As cores dos assuntos fotografados são resultado da reflexão ou transmissão seletiva de pigmentos, corantes, etc., ou ainda de espalhamento, interferência, difração e até mesmo de fluorescência e fosforescência.
- Quanto mais alta a temperatura de cor em graus absolutos, ou Kelvins, maior o conteúdo de luz azul e menor o conteúdo de luz vermelha. Contudo, fontes não incandescentes podem não emitir um espectro contínuo e, no máximo, possuírem um equivalente à temperatura de cor. A maioria dos filmes tem um balanceamento para 3200 ou 3500 K. Sistemas com sensor digital podem ter a sensibilidade cromática calibrada por meio de um ajuste do "balanço de branco". Mudanças na cor da iluminação ocorrem com: voltagem errada na carga de uma lâmpada; refletores/difusores não neutros ou entornos coloridos; condições atmosféricas/hora do dia; e quando fontes com diferentes temperaturas de cor são misturadas.
- Um medidor de temperatura de cor examina a proporção de radiação vermelha, verde e azul da sua fonte de luz, apresentando o resultado em Kelvins ou mireds (*micro reciprocal degrees*). O valor combinado $M = 1 \text{ milhão} \div \text{pela temperatura de cor em Kelvin, K}$. O valor de variação em mired dos filtros (+ ou -) permanece constante independentemente da temperatura de cor da fonte em que sejam usados. O efeito da combinação de filtros é igual a soma de seus valores em mireds.
- Faça uso de filtros de conversão e filtros de correção de cores e, especialmente, de um medidor de temperatura de cor. Quando os resultados em slide mostrarem um desvio de cor, refaça as fotografias utilizando um filtro com metade da potência necessária para corrigir os meios-tons do slide visualmente. Erros de 10 mireds podem gerar desvios de cor perceptíveis.
- Busque igualar a iluminação com o balanceamento do filme, mesmo com cores neg/pos. Se não for possível evitar uma mistura de iluminações, filtre uma fonte para que ela corresponda à outra, ou divida a sua exposição e utilize um filtro de objetiva para uma parte conforme necessário. Busque entornos neutros e fontes de luz correspondentes em estúdio; ao ar livre, refletores brancos ajudam a "limpar" ambientes coloridos, mas não seja obsessivo a ponto de destruir a atmosfera da cena.
- A percepção das cores é afetada pela "adaptação" de nossos olhos à intensidade e às cores da iluminação enxergada. Entre outros parâmetros estão a fadiga cromática (cores prévias e adjacentes), metamerismo, deficiências na visão das cores e julgamento influenciado pela memória e por associação. Os filmes coloridos, porém, apresentam uma reação fixa e específica às cores dos assuntos e à iluminação. Suas imagens coloridas finais são misturas de apenas três corantes.

1 Utilize uma câmera digital para testar a correção de cor que ela emprega quando você a ajusta para diferentes temperaturas de cor.

(a) Escolha uma cena ao ar livre sob forte luz do dia e ajuste a temperatura de cor da sua câmera (geralmente descrita como “balanço de branco”) para “luz do dia” (os ajustes variam conforme o modelo específico da câmera). Bata uma fotografia com esse ajuste e em seguida faça mais algumas exposições com outros ajustes disponíveis, como, por exemplo, tungstênio, fluorescente, etc. Veja as mudanças no balanço de cor de suas imagens para cada um desses ajustes.

(b) Selecione uma cena e tire uma fotografia usando um balanço de branco apropriado em sua câmera. Grave a imagem em formato RAW. Utilizando um software adequado de tratamento de imagem, modifique o balanço de branco da imagem e observe o efeito sobre o balanço de cor na cena.

(c) Selecione uma cena e, com a ajuda de um cartão branco, siga as instruções do fabricante para ajustar o balanço de branco padrão da sua câmera. Bata uma fotografia com este ajuste. Escolha uma das pré-seleções de balanço de branco da câmera que mais se aproxime das condições de iluminação ambiente da cena. Tire uma fotografia com esse ajuste. Compare as duas imagens e observe as diferenças entre as suas cores.

2 Quando há uma iluminação misturada na cena, você pode corrigir a temperatura de cor de uma das fontes de luz, mas acabar

modificando a cor de outra. Você pode fazer vários testes usando os ajustes de temperatura de cor de sua câmera digital (“balanço de branco”) ou de sua câmera analógica, utilizando filme para luz do dia e filtros. Um exemplo é o seguinte:

Escolha uma cena em local fechado com iluminação ambiente do tipo incandescente, mas que inclua uma janela. A iluminação do lado de fora é da luz do dia. Bata a sua primeira foto com a temperatura de cor de sua câmera digital ajustada em “luz do dia” (ou usando um filme para luz do dia em sua câmera analógica). Bata outra foto com o balanço de branco ajustado em “tungstênio” (ou usando um filtro apropriado na objetiva). Observe as diferenças entre as cores das duas imagens.

3 Teste o efeito das condições de visualização na cor percebida e no contraste de suas imagens:

(a) Selecione uma fotografia digital em preto e branco com médio contraste e visualize-a na sua tela com um fundo branco. Mude o fundo para preto e perceba como o contraste da imagem parece diferente. Agora tente fazer o mesmo com uma fotografia digital colorida e com fundos de diferentes cores.

(b) Abra uma fotografia digital em preto e branco com médio contraste no monitor do seu computador e observe-a sob forte luz ambiente. Verifique o contraste de sua imagem. Observe a imagem novamente com as luzes do recinto apagadas e veja como o contraste da imagem se modifica.