

# 3

## Sensação e percepção

### ● COMO O MUNDO FÍSICO SE RELACIONA COM O MUNDO PSICOLÓGICO

A questão da detecção

A questão da diferença

A questão da graduação

### ● COMO VEMOS E COMO OUVIMOS

Como os olhos funcionam

Como vemos as cores

Como os ouvidos funcionam

Como distinguimos tons

### ● COMO COMPREENDEMOS O QUE VEMOS

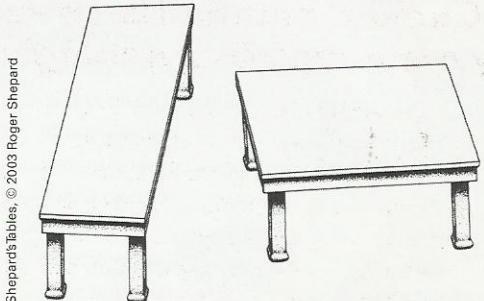
Processamento ascendente e processamento  
descendente

Organização perceptual e constância  
perceptual

Percepção de profundidade

Imagine como você seria se não enxergasse, ouvisse, sentisse gosto, cheirasse nem sentisse. Você poderia ser descrito como estando vivo apenas no sentido mais limitado da palavra. Você não teria percepções, memórias, pensamentos ou sentimentos. Compreendemos o mundo por meio dos nossos sentidos, nossas “janelas” para o mundo. A nossa realidade depende de dois processos básicos de sensação e percepção. Para compreender essa realidade, precisamos primeiro compreender como colhemos (sentimos) e interpretamos (percebemos) as informações que constituem os fundamentos de nosso comportamento e processamento mental. A sensação e a percepção nos fornecem as informações que nos permitem compreender o mundo que está à nossa volta e viver nesse mundo. Sem elas, não haveria mundo; não haveria nenhum “você”. A percepção não replica, exatamente, o mundo exterior. A nossa “visão” do mundo é uma visão subjetiva, construída por nosso cérebro a partir de pressupostos e princípios, tanto inatos quanto desenvolvidos em resultado de nossas experiências perceptuais passadas. Considere os tampos das duas mesas apresentadas na Figura 3.1. Parece que eles têm o mesmo formato e o mesmo tamanho? Parece que não, mas eles têm! Se traçarmos um dos tampos e depois colocarmos o traçado sobre o outro, ele combinará perfeitamente. A explicação exata dessa ilusão é bastante complexa; em geral, o cérebro interpreta erroneamente as informações de perspectiva das duas mesas (Shepard, 1990). O ponto importante para nós é que o cérebro percebe erroneamente a realidade e, mesmo sabendo que o tampo das duas mesas é idêntico, não conseguimos suprimir a percepção errônea que o nosso cérebro produz. Seu cérebro, não você, controla a sua percepção do mundo. Durante a percepção, o nosso cérebro não funciona como uma máquina de fotocópias. Enquanto está percebendo, ele interpreta; a nossa percepção é essa interpretação. A beleza não está nos olhos de quem vê, e sim no cérebro de quem vê.

Para compreender como funcionam a sensação e a percepção, precisamos primeiro examinar como o mundo físico exterior e o mundo psicológico interior se relacionam mutuamente. Essa busca nos levará de volta às raízes experimentais da psicologia e ao trabalho dos pesquisadores alemães, no século XIX, na psicofísica. Esses pesquisadores não eram psicólogos, mas fisiologistas e psicofísicos. Eles empregaram métodos experimentais para medir a relação entre as propriedades físicas dos estímulos e a percepção psicológica desses estímulos pela pessoa (por isso o termo “psicofísica”). Os pesquisadores psicofísicos demonstraram que a nossa atividade mental podia ser medida quantitativamente. Depois de discutir alguns de seus principais achados, examinaremos como os nossos dois sentidos mais importantes, a visão e a audição, colhem e processam informações do meio ambiente, focalizando especificamente como vemos as cores e como distinguimos a altura dos sons. Por último, detalharemos o processo geral da percepção visual examinando como o cérebro organiza e reconhece as informações visuais que chegam, faz julgamentos de distância para nos possibilitar a percepção de profundidade, e, às vezes, constrói percepções errôneas (ilusões), como na Figura 3.1.



Shepard'sTables, © 2003 Roger Shepard

**▲ Figura 3.1 | Exemplo de uma percepção errônea** | Os tampos das duas mesas parecem ter dimensões e formatos diferentes. Surpreendentemente, todavia, eles são idênticos. Para se convencer, meça um deles e depois compare essas medidas com o outro. Mesmo sabendo que são idênticos, você não consegue fazer com que seu cérebro os veja como idênticos. (De Shepard, 1990.)

## Como o mundo físico se relaciona com o mundo psicológico

Exatamente como o nome implica, a pesquisa psicofísica se concentra na relação entre o mundo físico e o mundo psicológico. Os primeiros pesquisadores psicofísicos tentaram responder a perguntas básicas sobre como processamos a intensidade de formas de energia física, como ondas de luz e de som. Discutiremos três perguntas tratadas por eles em suas pesquisas: a questão da detecção, a da diferença e a da graduação.

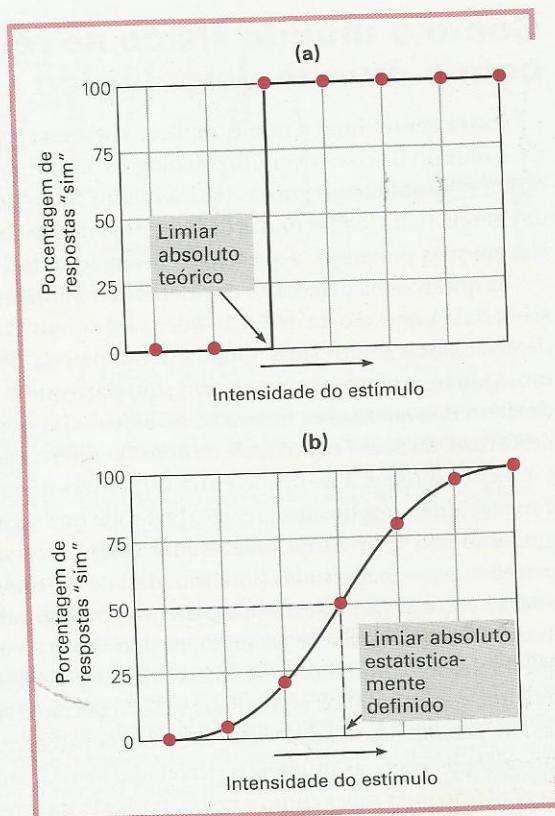
As questões da detecção e da diferença examinam os limites de nosso processamento sensorial. A questão da detecção quer saber quais são os limites da nossa capacidade de detectar sinais muito sutis. Quão intensa precisa ser uma luz para que nós a enxerguemos? Quão intenso precisa ser um som para que o escutemos? Igualmente, a questão da diferença quer saber quais são os limites das nossas capacidades de detecção, mas, neste caso, da nossa capacidade de detectar diferenças muito sutis entre estímulos. Qual é a menor diferença de brilho entre duas luzes que somos capazes de enxergar? Qual é a menor diferença de altura entre dois sons que somos capazes de ouvir? A questão da graduação não se preocupa com os limites de processamento sensorial, e sim com como percebemos as magnitudes (intensidades) de estímulos claramente detectáveis. Qual é a relação entre as intensidades físicas reais dos estímulos e a nossa percepção psicológica dessas intensidades? Por exemplo, se dobrarmos a intensidade física de uma luz, será que a veremos como duas vezes mais brilhante? Se dobrarmos a intensidade de um som, será que o escutaremos como duas vezes mais alto? A resposta para essas duas perguntas, surpreendentemente, é “não”. Se a nossa percepção não reflete as mudanças reais de intensidade, como as mudanças percebidas se relacionam às mudanças reais? A questão da graduação quer saber como a nossa graduação da intensidade do estímulo se relaciona à graduação física real da intensidade do estímulo.

### A questão da detecção

Qual é a luz mais fraca que somos capazes de enxergar e o som mais baixo que somos capazes de escutar? Para responder a essas perguntas sobre os limites da nossa capacidade de detecção, os psicofísicos variaram a quantidade de energia em um estímulo sensorial (a intensidade de uma luz ou som) e pediram às pessoas que respondessem “sim” ou “não” dependendo de detectarem ou não o estímulo (a luz ou o som). Eles estavam tentando medir a quantidade mínima de energia necessária para a detecção, o que chamaram de limiar absoluto. Os primeiros psicofísicos pensavam que uma pessoa sempre conseguiria detectar um estímulo que contivesse pelo menos essa quantidade liminar de energia. Em outras palavras, a pessoa diria “não” a todos os estímulos com menos do que essa quantidade de energia e “sim” a todos os estímulos com essa quantidade ou mais. A Figura 3.2 (a) apresenta uma plotagem do resultado que os pesquisadores imaginavam obter.

**Limiar absoluto.** Os resultados experimentais, no entanto, não corresponderam a essa predição. Não houve ponto de transição abrupto entre o “não” e o “sim”. Em vez disso, a porcentagem do tempo em que a pessoa dizia “sim” aumentava gradualmente conforme a quantidade de energia do estímulo aumentava. Esse padrão de respostas é

**▲ Figura 3.2 | Limiares absolutos teóricos e observados |** (a) Esta é uma descrição dos resultados que os pesquisadores psicofísicos pensavam encontrar em seus estudos de detecção. Teoricamente, o limiar absoluto é a quantidade mínima de energia física em um estímulo (a intensidade mínima do estímulo) necessária para detectá-lo. Se um estímulo não tiver essa energia, ele jamais deverá ser detectado. (b) Esta é uma descrição dos resultados obtidos pelos psicofisiços. Não havia nenhuma quantidade de energia física em um estímulo que levasse ao tipo de resposta mostrado em (a). Em vez disso, as respostas se parecem mais com um S achataido. Portanto, o limiar absoluto foi definido estatisticamente como a quantidade mínima de energia em um estímulo detectado 50% das vezes.



**limiar absoluto** A quantidade mínima de energia em um estímulo sensorial detectado 50% das vezes.

apresentado na Figura 3.2 (b). Dado esse resultado, os psicofisiços tiveram de usar uma definição estatística para definir o **limiar absoluto**, a quantidade mínima de energia em um estímulo sensorial detectado 50% do tempo. Em outras palavras, o

limiar absoluto é a quantidade de energia que tem uma probabilidade igual de ser detectada ou não. Utilizando essa definição, os pesquisadores descobriram que os humanos são detectores muito bons de estímulos fracos. Por exemplo, somos capazes de enxergar a chama de uma vela em uma montanha a uma distância de 48km, em uma noite clara, sem nenhuma outra luz presente, e de escutar o tiquetique de um relógio em condições de silêncio, a uma distância de 6 metros (Galanter, 1962).

Definir o limiar absoluto desta maneira cria uma estranha definição de estímulos subliminares ("limen" significa limiar em latim, de modo que "subliminar" significa abaixo do limiar) – estímulos detectados menos de 50% das vezes. Isso significa que os estímulos subliminares são aqueles detectados até 49% das vezes. Essa definição certamente não corresponde ao que as pessoas geralmente entendem por subliminar – não detectado conscientemente. Entretanto, com base nessa definição corriqueira, surgem algumas perguntas interessantes sobre o processamento subliminar. Existe alguma evidência empírica de percepção subliminar (percepção sem conhecimento consciente)? Existe alguma evidência empírica de persuasão subliminar (propagandas influencian-

do o comportamento de consumidores com estímulos subliminares)? A resposta a esta última pergunta é um sonoro “não” (Moore, 1988, 1992; Pratkanis, 1992; Pratkanis e Greenwald, 1988; Trappey, 1996). Não precisamos nos preocupar com a possibilidade de a televisão, a música e outras mídias estarem nos manipulando subliminarmente. Mas e aquelas afirmações de que fitas de áudio subliminares melhoram a memória, ajudam a perder peso, e assim por diante? As pesquisas também revelam que as fitas não têm os efeitos alegados (Greenwald et al., 1991).

Entretanto, pesquisas em ambientes de laboratório bem-controladas (Bar e Biederman, 1998; Marcel, 1983) têm demonstrado, com relação à percepção subliminar, que o *input* sensorial pode definitivamente ser registrado sem o nosso conhecimento consciente. Mas essa percepção é efêmera, e não parece ter qualquer impacto consequencial de longo prazo sobre o nosso comportamento (Greenwald, Draine e Abrams, 1996; Greenwald, Klinger e Schuh, 1995). A percepção subliminar não deve ser confundida com a percepção extrassensorial (PES), a percepção sem o uso de nossos sentidos conhecidos, tal como telepatia mental (perceber os pensamentos dos outros). Assim como não existe qualquer evidência confiável de persuasão subliminar, também não existe evidência confiável de PES (Druckman e Swets, 1988; Milton e Wiseman, 1999). Após décadas de pesquisa, ninguém jamais demonstrou um único achado de PES reproduzível. Há mais de três décadas, James Randi, um mágico e excelente desmascarador de alegações paranormais, ofereceu US\$10.000 a quem conseguisse demonstrar capacidade de PES em condições controladas. Mais tarde, ele aumentou o valor para US\$1 milhão. Ele ainda está de posse de todo o seu dinheiro. (Para mais informações, clique no ícone “One Million Dollar Paranormal Challenge” no site de Randi na internet, [www.randi.org](http://www.randi.org).)

**Teoria da detecção de sinal.** Os pesquisadores psicofísicos contemporâneoscreditam que a detecção de sinais fracos envolve tomada de decisão, assim como processamento sensorial, de modo que utilizam uma **teoria da detecção de sinal** para examinar a detecção da pessoa de estímulos sensoriais muito fracos (Green e Swets, 1966; Swets, 1964). Segundo a teoria da detecção de sinal, a nossa capacidade de detectar um sinal sensorial (estímulo) fraco é um processo de tomada de decisão, que depende da sensibilidade fisiológica da pessoa ao sinal e de seus critérios de tomada de decisão, que se baseiam em fatores não sensoriais – como traços de personalidade, expectativas, prontidão ou vigilância, e motivação. A pessoa precisa tomar uma decisão sobre as evidências sensoriais disponíveis. Existem evidências suficientes para dizer que um sinal estava presente? Esta é como a decisão que um júri tem de tomar em um julgamento. O júri tem de decidir, com base nas evidências apresentadas, se o réu é culpado ou inocente. Com base em sua personalidade e crenças, os membros do júri podem utilizar critérios de tomada de decisão muito diferentes (precisarão de quantidades variadas de provas antes de decidir pela culpa). Da mesma forma, as pessoas podem ter a mesma sensibilidade fisiológica aos sinais sensoriais, mas chegar a diferentes decisões sobre detectá-los ou não – por utilizarem critérios diferentes em suas decisões.

A tarefa utilizada por pesquisadores de detecção de sinal é diferente da empregada para medir o limiar absoluto. Em vez de apresentar um sinal fraco de intensidade variada em cada tentativa, é apresentado um sinal de intensidade fraca constante ou nenhum

**teoria da detecção de sinal** Uma teoria que supõe que a detecção de estímulos sensoriais fracos depende não apenas da sensibilidade fisiológica da pessoa ao estímulo, mas também de seus critérios de decisão para a detecção, que se baseiam em fatores não sensoriais.

sinal. O observador decide que foi apresentado um sinal e responde “sim”, ou que não foi apresentado sinal algum e responde “não”. Portanto, há quatro eventos possíveis que podem ocorrer em cada tentativa: detectar um sinal quando ele é apresentado (um acerto), dizer que um sinal foi apresentado quando ele não foi (um falso alarme), deixar de detectar um sinal quando ele é apresentado (uma omissão) ou dizer corretamente que não foi apresentado um sinal quando não foi (uma rejeição correta). Dois desses eventos (acerto e rejeição correta) são respostas certas por parte do observador, e dois (falso alarme e omissão) são erros. Todos os quatro eventos são mostrados no Quadro 3.1.

Utilizando os dados desses quatro resultados em um grande número de tentativas, uma análise teórica de detecção de sinal fornece duas medidas quantitativas, uma para a sensibilidade fisiológica da pessoa a sinais sensoriais tenues e uma para seus critérios de decisão (quantas evidências são necessárias para uma resposta “sim”). A importância da primeira medida é óbvia, mas por que a segunda é valiosa? Considere um exemplo de tarefa de detecção no mundo real – examinar um raio X para determinar se um ponto tênue indicando câncer está presente ou não. Lembre, há dois erros possíveis na decisão de detecção – dizer que um sinal está presente quando ele não está (um falso alarme) e dizer que um sinal não está presente quando ele está (uma omissão). Os custos de qualquer um desses erros podem ser grandes. Neste exemplo do raio X, um falso alarme poderia levar a testes clínicos adicionais (e desnecessários) e possivelmente a uma cirurgia desnecessária; uma omissão poderia levar a nenhum tratamento e à morte.

A mensuração do critério de decisão da pessoa nos informa sobre os índices desses dois erros. Por exemplo, uma pessoa com um critério de decisão muito amplo ou impreciso (uma tendência a dizer “sim” com poucas provas, alguém que sempre diz “sim”) fará muitos falsos alarmes, mas poucas omissões, porque diz “sim” na maior parte do tempo. O oposto é verdade no caso da pessoa com um critério de decisão muito estreito ou rígido (uma tendência a só dizer “sim” quando existem muitas provas, alguém que sempre diz “não”). Um critério de decisão rígido leva a muitas omissões, mas a poucos falsos alarmes, porque o observador dirá “não” na maior parte do tempo. Assim, dependendo dos custos de cada tipo de erro, a pessoa pode mudar seu critério de decisão para diminuir os custos. O aspecto essencial é que a nossa percepção, até mesmo de um sinal sutil, é um processo subjetivo influenciado por fatores não sensoriais. Com este entendimento das limitações da nossa capacidade de detectar sinais sensoriais tenues, vejamos o que os pesquisadores psicofísicos descobriram sobre a nossa capacidade de detectar diferenças muito pequenas entre os sinais – a questão da diferença.

**Quadro 3.1 Quatro possíveis resultados em um estudo de detecção de sinal**

		Sinal	
		Presente	Ausente
Resposta do observador “Não” “Sim”	“Sim”	Acerto	Falso alarme
	“Não”	Omissão	Rejeição correta

## A questão da diferença

Qual é a menor diferença de brilho entre duas luzes ou de altura entre dois sons que somos capazes de detectar? Para responder a essas perguntas sobre quanta diferença precisa existir entre os estímulos para que os percebamos como diferentes, os psicofísicos variam a quantidade de diferença de energia física entre dois estímulos claramente detectáveis (duas luzes ou dois sons) e pedem à pessoa que responda “sim” ou “não” com relação ao fato de os estímulos (luzes ou sons) serem diferentes. Com esse procedimento, os primeiros pesquisadores psicofísicos pensavam que poderiam medir o limiar da pessoa para perceber uma diferença de intensidade entre dois estímulos. Entretanto, como na medição do limiar absoluto, os resultados não revelaram um valor fixo de limiar, de modo que o **limiar de diferença** precisou ser definido, estatisticamente, como a diferença mínima entre dois estímulos detectada 50% das vezes. Outro nome para o limiar de diferença é “diferença apenas perceptível” (*just noticeable difference*, ou JND).

**Lei de Weber.** Ao medir o limiar de diferença das pessoas, os psicofísicos apresentavam dois estímulos em cada tentativa e variavam a quantidade de diferença entre eles a cada tentativa. É importante compreender como eles manipularam a quantidade de diferença entre as tentativas: mantinham sempre igual a intensidade de um estímulo e mudavam a intensidade do outro a cada tentativa. O estímulo que não mudava era chamado de estímulo padrão, e aquele cuja intensidade variava a cada tentativa era o estímulo de comparação. Por exemplo, o estímulo padrão para julgar diferenças em pesos erguidos poderia ser de 20 libras, e os estímulos de comparação seriam vários pesos inferiores ou superiores a 20 libras. Em uma tentativa o peso de comparação poderia ser de 19,5 libras, 21 libras na próxima, e assim por diante.

Ernst Weber, um psicofísico alemão do século XIX, descobriu que os limiares de diferença e as intensidades do estímulo padrão usados para medi-los têm uma relação muito regular. Em termos simples, a **lei de Weber** diz que, para cada tipo de julgamento sensorial que podemos fazer, o limiar de diferença medido é uma fração constante do valor do estímulo padrão usado para medi-lo. Por exemplo, para julgar o brilho de luzes a constante é 0,08, mas para a altura de tons é 0,05 (Teghtsoonian, 1971). Uma constante menor significa que diferenças menores podem ser detectadas para aquele tipo de julgamento sensorial. Para compreender a lei de Weber, vamos considerar a percepção de diferenças em pesos erguidos. A constante para pesos erguidos é 0,02, ou 1/50. Se o estímulo padrão utilizado para determinar o limiar de diferença fosse de 100 libras, o limiar seria de 2 libras. Se o padrão fosse 200 libras, o limiar seria de 4 libras. Qual seria o limiar de diferença para um estímulo padrão de 1.000 libras? Seria de 20 libras (1/50 de 1.000). Os pesquisadores descobriram que a lei de Weber vale para a maioria dos tipos de julgamento sensorial, não para estímulos de intensidade muito baixa ou muito alta (Gescheider, 1976).

Na vida cotidiana, a lei de Weber significa que a nossa capacidade de perceber uma diferença é relativa à intensidade de fundo da constante. Por exemplo, em uma sala pouco ilumi-

**limiar de diferença** A diferença mínima entre dois estímulos sensoriais detectada 50% das vezes. O limiar de diferença, às vezes, também é referido como diferença apenas perceptível (*just noticeable difference*, ou JND).

**Lei de Weber** Para cada tipo de julgamento sensorial que podemos fazer, o limiar de diferença medido é uma fração constante do valor do estímulo padrão usado para medi-lo. Essa fração constante é diferente para cada tipo de julgamento sensorial.

nada um pouquinho de luz já será notado; porém, em uma sala muito iluminada será necessário um aumento muito maior de luminosidade para ser percebido. Em ambos os casos, todavia, a proporção da intensidade de fundo necessária para se ver um aumento de luminosidade será a mesma. O aspecto essencial é que notamos diferenças proporcionais, e não diferenças absolutas. Mas, quando percebemos diferenças entre estímulos, as diferenças percebidas têm a mesma magnitude das diferenças reais de intensidade física dos estímulos? Esta é a questão da graduação.

## A questão da graduação

As questões da detecção e da diferença concerniam aos limiares e à percepção de intensidades de estímulo muito baixas ou diferenças muito pequenas entre a intensidade dos estímulos. Os eventos que ocorrem na percepção normal estão bem acima dos níveis de limiar; assim, é importante compreender como percebemos as intensidades variáveis desses eventos do cotidiano que estão bem acima dos nossos limiares. Para fazer isso, precisamos compreender a questão da graduação – como as escalas perceptuais de mensuração se relacionam às escalas físicas de mensuração? Para quase todos os tipos de julgamento sensorial, as escalas de mensuração não são equivalentes. Entretanto, existe entre elas uma relação regular, regrada.

**A lei de potência de Stevens.** S. S. Stevens, um pesquisador americano do século XX, realizou experimentos em que as pessoas estimavam as magnitudes de muitos tipos de estímulos sensoriais. Por meio desses experimentos, ele descobriu como a magnitude percebida de um estímulo está relacionada à sua magnitude física real (Stevens, 1962, 1975). Ao relacionar os julgamentos de magnitude percebida à intensidade física real, Stevens descobriu que a magnitude percebida de um estímulo (o brilho percebido de uma luz ou a altura de um som) é igual à sua intensidade física real elevada a uma potência constante para cada tipo de julgamento sensorial. Esta relação se chama **lei de potência de Stevens**.

Agora, vamos tentar entender o que isso significa considerando diferentes tipos de julgamento sensorial. Primeiro, se a potência constante para um tipo de julgamento sensorial fosse 1, a magnitude percebida seria de fato equivalente à magnitude física. Mas esse raramente é o caso, embora de fato aconteça quando julgamos comprimentos de linhas. Se uma linha dobra de tamanho, nós percebemos seu comprimento como dobrado. Para quase todos os tipos de julgamento sensorial, todavia, a potência constante à qual deve ser elevada a intensidade física é menor ou maior do que 1, o que significa que a magnitude percebida é menor ou maior, respectivamente, do que a magnitude física real. Os julgamentos da magnitude de brilho e altura são bons exemplos de situações em que a magnitude percebida é menor do que a real. Para se perceber uma luz como duas vezes mais brilhante, sua intensidade real precisa ser aumentada oito ou nove vezes. Um bom exemplo de magnitude percebida como maior do que a magnitude física real é o julgamento da intensidade de um choque elétrico. Se a intensidade do choque for dobrada, nós percebemos o aumento como muito mais do que o dobro, cerca de dez vezes maior.

O importante, em quase todos os tipos de julgamento sensorial, é que a nossa percepção da magnitude do estímulo não condiz com o mundo físico real. A nossa percepção é uma

**Lei de potência de Stevens** A magnitude percebida de um estímulo é igual à sua intensidade física real elevada a uma potência constante. A potência constante é diferente para cada tipo de julgamento sensorial.

transformação criada dentro de nós. Mas por que nossas percepções seriam regraduadas? Uma explicação considera o valor adaptativo de tal processamento sensorial (Goldstein, 2002). Reduzir a nossa percepção de aumentos extraordinários de intensidades sensoriais como luz e som tem uma função protetora para nossos olhos e ouvidos. Aumentar as intensidades percebidas de estímulos perigosos, como choques elétricos, nos alertaria para possíveis perigos antes que esses nos atingissem seriamente. Ambos os tipos de regradação tenderiam a pagar dividendos em termos da nossa sobrevivência; por isso, a lei de potência de Stevens pode ser parcialmente compreensível como uma adaptação que aumenta a nossa sobrevivência.

Outro fenômeno que nos ajuda a compreender como processamos a intensidade dos estímulos é a adaptação sensorial – a nossa sensibilidade a estímulos inalteráveis e repetitivos desaparece com o passar do tempo. Por exemplo, quando colocamos nosso relógio no pulso pela primeira vez, estamos muito conscientes dele, mas essa sensibilidade desaparece rapidamente. Por quê? Nossos sentidos estão preparados para detectar mudanças no ambiente e, portanto, eles se adaptam com decrescente responsividade à apresentação contínua ou repetida de um estímulo. Como a lei de potência de Stevens, a adaptação sensorial faz sentido de um ponto de vista evolutivo. É mais importante para a nossa sobrevivência detectar mudanças ambientais do que coisas que não mudam. É mais provável que as mudanças sinalizem perigo. Contudo, há limites à adaptação sensorial. Nós não nos adaptamos a estímulos extremamente intensos, especialmente estímulos dolorosos, como uma forte dor de dente ou ruídos absurdamente altos. Em geral, também não nos adaptamos a estímulos visuais imutáveis; nossos olhos estão constantemente se movendo, de modo que suas imagens visuais continuam mudando.

**adaptação sensorial** A nossa sensibilidade a estímulos inalteráveis e repetitivos desaparece com o passar do tempo.

## Resumo da seção

Nesta seção, discutimos alguns dos achados básicos da pesquisa psicofísica. Consideramos três questões psicofísicas: as de detecção, diferença e gradação. Para responder à questão da detecção, os pesquisadores psicofísicos mediram o limiar absoluto, que é a intensidade mínima de estímulo que somos capazes de detectar 50% das vezes. Utilizando esta definição, eles descobriram que os humanos são detectores muito bons de sinais fracos. Entretanto, já que veem a tarefa de detecção como um processo de decisão envolvendo um critério de resposta, os pesquisadores sensoriais preferem utilizar a teoria da detecção de sinais para descrever nossas capacidades de detecção. Com esse tipo de análise, podem ser identificados tanto o critério de decisão do observador quanto sua sensibilidade a estímulos sensoriais sutis. Assim, se os custos dos erros de um observador específico (falsos alarmes ou omissões) forem altos, o critério do observador pode ser modificado para reduzir esses índices. Independentemente do tipo de análise, os pesquisadores não conseguiram encontrar nenhuma prova confiável de persuasão subliminar ou percepção extrassensorial.

Para responder à questão da diferença, os psicofísicos mediram o limiar de diferença – a diferença mínima de intensidade entre dois estímulos detectada 50% das vezes. Os limiares de diferença e as intensidades de estímulo padrão usados para medi-los apresentam uma relação chamada lei de Weber – o limiar de diferença medido é uma proporção constante do valor do estímulo padrão usado em sua mensuração. Essa constante é diferente para cada tipo de julgamento sensorial, e uma constante menor indica que diferenças menores são detectadas naquele tipo de julgamento sensorial.

Surpreendentemente, as pesquisas sobre a questão da graduação indicam que a relação entre as magnitudes de estímulo percebidas e as magnitudes físicas reais quase sempre não é uma relação de equivalência. Segundo a lei de potência de Stevens, para igualar a intensidade percebida, a intensidade física real precisa ser elevada a uma potência constante, com essa constante sendo diferente para cada tipo de julgamento sensorial. Quando essa potência constante é 1, a intensidade percebida é igual à intensidade real. Mas esse raramente é o caso, isso só acontece em julgamentos de comprimento de linhas. A constante quase sempre é menor ou maior do que 1, o que significa que a intensidade percebida é menor ou maior, respectivamente, do que a intensidade física real. Brilho e altura são exemplos de julgamentos de magnitude percebida menor do que a magnitude física real, e o choque elétrico é um exemplo de julgamento de magnitude maior. Uma explicação da lei de potência de Stevens envolve seu valor adaptativo com respeito à nossa sobrevivência. Essa explicação também esclarece a razão da nossa adaptação sensorial, a decrescente responsividade sensorial a estímulos constantes, não extremos.

### Você aprendeu os conceitos? | 1

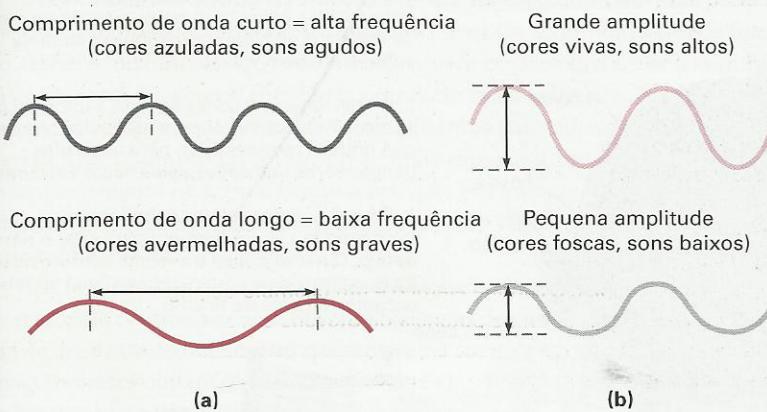
- ▶ Por que os limiares absoluto e de diferença receberam definições estatísticas?
- ▶ De acordo com a teoria da detecção de sinal, o que aconteceria com os índices de falso alarme e omissão se a pessoa mudasse de um critério de decisão muito amplo e impreciso para um critério bastante rígido?
- ▶ O que uma fração constante realmente grande na lei de Weber nos diz sobre a nossa capacidade de julgar diferenças?
- ▶ Por que é adaptativo que o expoente constante na lei de potência de Stevens seja maior do que 1 para energias físicas que são perigosas para nós em grandes intensidades?

### Como vemos e como ouvimos

Nossos dois sentidos dominantes são a visão e a audição. Em primeiro lugar, esta seção discutirá como nossos olhos e ouvidos coletam e processam informações do ambiente. Os estímulos visuais e auditivos são energias físicas em forma de ondas – de luz e de som. Precisamos compreender as características dessas formas de onda para entender como são processados os estímulos visuais e auditivos, de modo que precisamos primeiro discuti-las. Uma forma de onda e suas principais características (comprimento de onda, frequência e amplitude) são ilustradas na Figura 3.3.

O **comprimento de onda** se refere à distância, em um ciclo de onda, de uma crista para a próxima. Comprimentos de onda de luz diferentes levam a percepções de cor variáveis. Os humanos são capazes de perceber comprimentos de onda de aproximadamente 400 a 700 nanômetros (nm), bilionésimos de um metro. Conforme o comprimento de onda diminui, ficando abaixo de 700nm, os matizes resultantes vão do vermelho, passando pelas cores do espectro, até o violeta. Uma maneira de lembrar a ordem dessas cores é memorizar o nome ROY G. BIV, que representa *red* (vermelho), *orange* (laranja), *yellow* (amarelo), *green* (verde), *blue* (azul), *indigo* (índigo).

**comprimento de onda** A distância, em um ciclo de onda, de uma crista para a próxima.  
**amplitude** A quantidade de energia em uma onda, sua intensidade, que é a altura da onda em sua crista.



**▲ Figura 3.3 | Uma forma de onda típica e suas características |** O comprimento de onda é a distância de um ciclo completo da onda, de uma crista para a seguinte. A frequência de onda se refere ao número de vezes que ela pode completar o ciclo em 1 segundo – quanto mais longa a onda, mais baixa a frequência. A amplitude da onda se refere à sua quantidade de energia, que é altura da onda em sua crista. (Ver segunda capa.)

go ou anil) e *violet* (violeta). A **amplitude** se refere à quantidade de energia em uma onda, sua intensidade, que é a altura da onda em sua crista. Para as ondas de luz, a amplitude determina o brilho da luz. Diferentes amplitudes levam a diferentes níveis de brilho; quanto maior a amplitude, mais brilhante a luz.

No caso dos estímulos auditivos, utiliza-se a frequência da forma de onda em vez de seu comprimento. A **frequência** se refere ao número de vezes que a forma de onda faz um ciclo em um segundo. Comprimentos de onda mais longos têm frequências mais baixas, e comprimentos de onda mais curtos têm frequências mais altas. A frequência de uma onda de som determina seu tom, a qualidade do som que descrevemos como alto ou baixo. Por exemplo, as vozes femininas normalmente têm um tom mais alto do que as masculinas. Os humanos são capazes de perceber frequências de ondas sonoras de aproximadamente 20 a 20.000 Hertz (Hz), o número de ciclos da onda sonora em um segundo. O nome desta unidade de mensuração, Hertz, vem de um físico alemão do século XIX chamado Heinrich Hertz, que estudou o som. A amplitude de uma onda sonora corresponde à nossa percepção de seu volume. Conforme a amplitude de onda aumenta, seu volume percebido também aumenta.

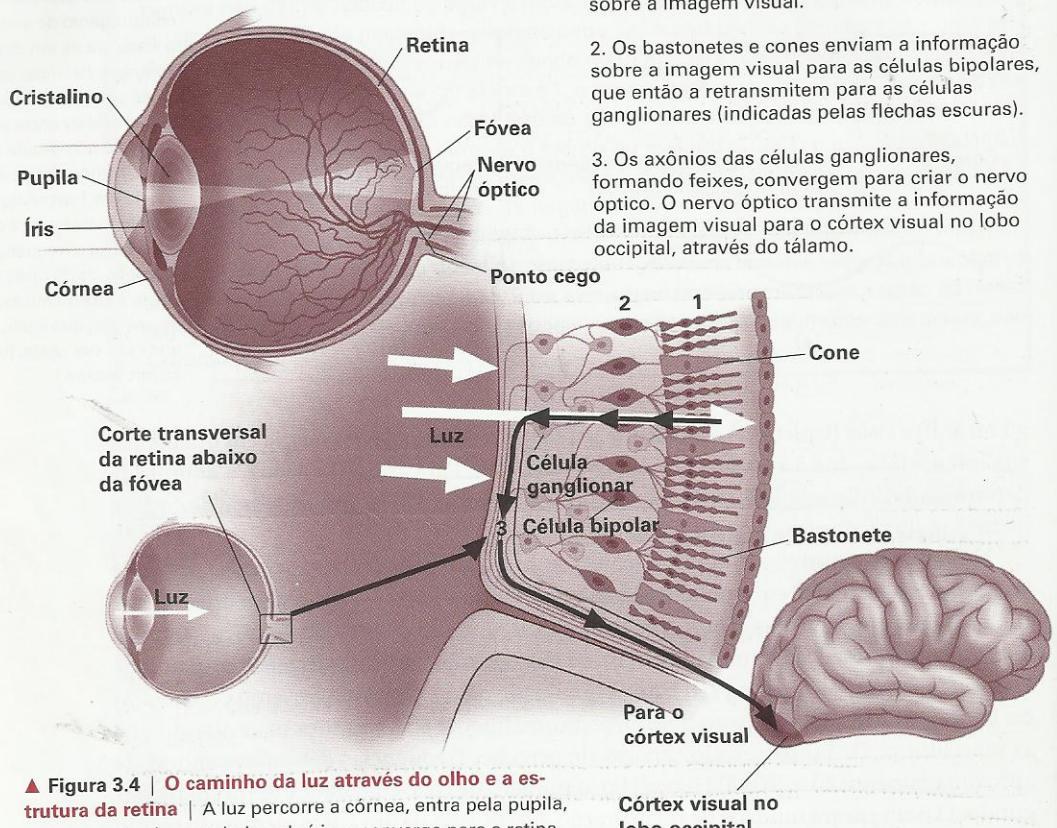
O cérebro não é capaz de processar energias físicas, como ondas de luz e ondas sonoras. Existem células receptoras em nossos olhos e ouvidos que se especializam em **transdução** – converter energia física em sinais neurais que o cérebro é capaz de entender. Essa conversão é o primeiro passo no processamento da informação sensorial que chega. Depois da transdução, os sinais visuais e auditivos que chegam sofrem um processamento adicional em seu caminho até o cérebro e dentro do cérebro, antes de vermos e ouvirmos a interpretação que o cérebro faz desses sinais.

A seguir, examinaremos mais detalhadamente a transdução e o processamento inicial das informações nos olhos e nos ouvidos, concentrando-nos em como vemos as cores e distinguimos os tons de som.

**frequência** O número de vezes em que a onda completa um ciclo em um segundo.  
**transdução** A conversão de energia física em sinais neurais que o cérebro é capaz de entender.

## Como os olhos funcionam

As células receptoras sensíveis à luz localizam-se na retina, na parte de trás dos olhos; portanto, as ondas de luz precisam percorrer quase todo o olho antes que ocorra a trans-



**▲ Figura 3.4 | O caminho da luz através do olho e a estrutura da retina** | A luz percorre a córnea, entra pela pupila, cujo tamanho é controlado pela íris, e converge para a retina pelo cristalino. Aqui, conforme explicado na figura, (1) as ondas de luz são transduzidas em sinais neurais que descrevem a imagem visual; (2) esses sinais são enviados às células bipolares, que os retransmitem às células ganglionares cujos axônios formam feixes para constituir o nervo óptico, que (3) transporta os sinais de volta para os lobos occipitais do cérebro através do tálamo para serem interpretados.

dução. A Figura 3.4 mostra o caminho da luz e cada uma das partes do olho que discutimos. A córnea é o invólucro transparente e resistente na parte frontal dos olhos, que começa a curvar as ondas de luz que acabarão convergindo para a retina. As ondas de luz atravessam a córnea e a pupila, um minúsculo orifício através do qual as ondas de luz entram no olho. A íris é um músculo colorido que dá aos olhos a sua cor e controla o tamanho da pupila, o que determina quanta luz vai entrar. Para diminuir a quantidade de luz que entra, a íris vai contrair (diminuir) o tamanho da pupila e, para aumentar a quantidade de luz que entra, ela vai dilatar (aumentar) o tamanho da pupila. Uma pupila completamente dilatada deixa entrar aproximadamente 16 vezes mais luz do que uma completamente contraída (Matlin e Foley, 1997).

**acomodação** A focalização de ondas de luz oriundas de objetos de distâncias diferentes diretamente na retina.

A luz, então, atravessa o cristalino transparente, que é responsável pela **acomodação** – a focalização diretamente na reti-

1. Ondas de luz (as flechas brancas) são transduzidas pelos bastonetes e cones na parte de trás da retina, gerando impulsos neurais sobre a imagem visual.

2. Os bastonetes e cones enviam a informação sobre a imagem visual para as células bipolares, que então a retransmitem para as células ganglionares (indicadas pelas flechas escuras).

3. Os axônios das células ganglionares, formando feixes, convergem para criar o nervo óptico. O nervo óptico transmite a informação da imagem visual para o córtex visual no lobo occipital, através do tálamo.

na das ondas de luz oriundas de objetos de diferentes distâncias. Esse processo chama-se acomodação porque o cristalino muda sua forma (se acomoda) a fim de focalizar objetos a diferentes distâncias. Quando olhamos para objetos distantes (no mínimo a 6m), o cristalino está em seu estado não acomodado mais achatado, o que permite que as ondas de luz focalizem na retina. Quando olhamos para objetos que estão mais próximos, o cristalino se acomoda, tornando-se mais espesso a fim de focalizar as ondas de luz apropriadamente na retina. Como a luz viaja em linha reta, a imagem retiniana será invertida e reversa. Mas, para a nossa percepção, o cérebro rearranja essa imagem em sua orientação correta.

Se a imagem não for apropriadamente focada na retina devido a defeitos no cristalino ou na forma do globo ocular, haverá problemas de visão. A **miopia** ocorre quando as ondas de luz de objetos distantes convergem na frente da retina, o que torna pouco nítida a imagem desses objetos. A **hipermetropia** é criada pelo problema oposto de foco – ondas de luz de objetos próximos convergem atrás da retina, resultando em imagens borradadas. Assim, na miopia, temos dificuldade em enxergar objetos distantes, mas conseguimos ver bem os objetos próximos; na hipermetropia, temos dificuldade em enxergar objetos próximos, mas conseguimos ver bem os objetos distantes. A hipermetropia é semelhante ao que acontece com nossa visão conforme envelhecemos: o cristalino perde a sua capacidade de se acomodar para objetos próximos. As pessoas mais velhas têm dificuldade em focalizar objetos próximos, de modo que precisam de óculos de leitura e segurar objetos à distância para vê-los melhor.

**A estrutura da retina.** Fora a imagem visual ser revertida e invertida, nenhum processamento visual ocorre até as ondas de luz atingirem a retina. Conforme mostra a Figura 3.4, a **retina**, a camada do olho sensível à luz, é composta por três camadas de células: ganglionares, bipolares e receptoras (bastonetes e cones). As ondas de luz atravessam as células ganglionares e bipolares antes de atingir os bastonetes e cones, onde começa o processamento visual. As ondas de luz são absorvidas por fotopigmentos (substâncias químicas sensíveis à luz) dentro dessas células receptoras, criando padrões de impulsos neurais que descrevem a imagem visual. Essa informação neural é transmitida às células bipolares, que por sua vez a enviam às células ganglionares. O nervo óptico, os axônios das células ganglionares que se unem formando um feixe, sai do olho transportando a informação ao longo das trajetórias visuais até o cérebro. No local onde o nervo óptico sai do olho nós temos um ponto cego – uma área retiniana sem nenhuma célula receptora, o que nos impede de enxergar qualquer coisa lá. Por que não notamos o ponto cego em cada olho? O cérebro os informa utilizando o processamento descendente (de cima para baixo), que discutiremos na próxima seção (Churchland e Ramachandran, 1996).

O nervo óptico transporta a informação visual até o tálamo, que é responsável por dirigir-la para o córtex visual primário em nossos lobos occipitais, onde será processada. Essencialmente, o cérebro reconhece um objeto visual (um processo chamado reconhecimento de padrão) dividindo-o em seus aspectos elementares, tais como ângulos e linhas diagonais (Hubel e Wiesel, 1979). Então, células corticais, chamadas de detectores de características, reconhecem essas características elementares. Finalmente, estas são remontadas em um todo, para que o ob-

**miopia** Um problema visual em que as ondas de luz de objetos distantes entram em foco na frente da retina, tornando pouco nítida as imagens desses objetos.

**hipermetropia** Um problema visual em que as ondas de luz de objetos próximos entram em foco atrás da retina, borrando as imagens desses objetos.

**retina** A camada do olho sensível à luz, composta por três camadas de células: ganglionares, bipolares e receptoras (bastonetes e cones).

jeto completo possa ser reconhecido. Por exemplo, para reconhecer  $\Delta$ , ele é dividido em suas partes ou características essenciais (possivelmente, /, \_ e \), que são reconhecidas e depois reagrupadas na relação adequada. Estranho, não é? Para que um objeto seja reconhecido, ele é dividido em suas partes e depois montado novamente para ser identificado. Ainda mais estranho é que existem sistemas de processamento separados para informações de forma, cor, distância e movimento, que o cérebro de alguma maneira coordena e unifica na nossa percepção inconsútil, inteiriça, do mundo (Ratey, 2001).

**Bastonetes e cones.** Há na retina dois tipos de células receptoras visuais: os bastonetes e os cones. São chamados assim devido ao seu formato físico. Suas funções também são muito diferentes. Os **bastonetes** são principalmente responsáveis pela visão periférica e da luz tênue, e os **cones** pela visão da luz brilhante e das cores. Os bastonetes superam em número os cones aproximadamente de 20 para 1 (Kalat, 2007). Existem cerca de

**bastonetes** Células receptoras na retina que são principalmente responsáveis pela visão periférica e da luz tênue.

**cones** Células receptoras na retina que são principalmente responsáveis pela visão da luz brilhante e das cores.

**fóvea** Uma minúscula depressão no centro da retina, preenchida por cones.

120 milhões de bastonetes e apenas uns 6 milhões de cones em cada olho. Os cones estão mais centralmente situados na retina. Localizam-se na **fóvea**, uma minúscula depressão no centro da retina, e na periferia da retina em cada lado da fóvea. Os bastonetes localizam-se apenas na periferia, e a proporção de bastonetes para cones aumenta conforme aumenta a distância em relação à fóvea. As maiores diferenças entre bastonetes e cones são resumidas no Quadro 3.2.

A diferença de localização dos bastonetes (periférica) e cones (central) nos ajuda a determinar onde devemos focalizar um objeto para a melhor acuidade visual (resolução de detalhes). Na luz normal ou mais brilhante, em que os cones são os principais responsáveis por nossa visão, o objeto deve ser focalizado na fóvea, que é preenchida por cones. Eles fornecem um quadro mais nítido dos objetos. Por quê? Eles tendem a ter rotas mais diretas do que os bastonetes para as células bipolares e ganglionares, ao processar a informação retiniana. Por exemplo, tipicamente, um cone se comunica com uma célula bipolar, mas vários bastonetes se comunicam com uma célula bipolar. Isso significa que a informação que os bastonetes transmitem foi determinada, em média, de várias posições retinianas, levando a um quadro menos nítido da imagem retiniana. Os cones não têm de fazer esse rateio; portanto, a imagem retiniana que transmitem é mais detalhada e mais clara.

**Quadro 3.2 Diferenças entre bastonetes e cones**

Bastonetes	Cones
120 milhões em cada olho	6 milhões em cada olho
Localizados principalmente na periferia da retina	Localizados principalmente na fóvea e na retina central
Principalmente responsáveis pela visão da luz tênue	Principalmente responsáveis pela visão da luz brilhante
Responsáveis pela visão acromática (sem cor)	Responsáveis pela visão cromática (das cores)
Resultam em baixa acuidade visual	Resultam em elevada acuidade visual

Mas onde devemos focalizar um objeto em condições de pouca luz? A resposta é: na periferia da retina, e não na fóvea. Por quê? É onde os bastonetes estão mais densamente localizados, e eles são principalmente responsáveis por nossa visão quando não há muita luz. Nós não deveríamos olhar diretamente para o objeto quando não há muita luz, e sim focalizar um pouquinho para o lado para que ele seja projetado na periferia da retina. A imagem não será tão clara como quando podemos usar os cones, mas é o melhor que podemos fazer na obscuridade. O maior papel dos bastonetes na visão na obscuridade também fica aparente na **adaptação ao escuro**, processo pelo qual os bastonetes e cones, por meio de mudanças químicas internas, se tornam cada vez mais sensíveis à luz em condições de obscuridade. Os cones se adaptam rapidamente (em 5 a 10 minutos), mas precisam de mais luz para funcionar, de modo que não nos ajudam muito a enxergar na obscuridade. Os bastonetes levam mais tempo para se adaptar (uns 20 minutos), mas eles lentamente nos ajudam a enxergar em condições de pouca luz. Normalmente, contudo, temos luz suficiente para que nossos cones funcionem. É por isso que vemos o mundo em cores vívidas. Mas como os cones fazem isso, e o que mais está envolvido na produção da nossa percepção das cores? Essas são as perguntas que discutiremos a seguir.

## Como vemos as cores

A maneira como vemos as cores pode ser explicada combinando-se duas teorias bastante simples de visão das cores: a teoria tricromática e a teoria do processo oponente. Consideraremos cada uma separadamente e, depois, como as duas funcionam juntas para explicar a visão das cores.

**Teoria tricromática da visão das cores.** A **teoria tricromática**, como implica a palavra, propõe que há três cores envolvidas. Ela supõe que existem três tipos de cones, ativados ao máximo por comprimentos de onda de luz curtos, médios ou longos, correspondendo aproximadamente a azul, verde e vermelho. Na verdade, as pesquisas indicam que existem três tipos de cones, cada um contendo um fotopigmento levemente diferente e maximamente sensível a comprimentos de onda de luz azul, verde ou vermelha (Wald, 1964). A teoria tricromática supõe que as muitas cores que percebemos são todas uma mistura de várias proporções da atividade desses três cones. Se todos os três tipos de cones estiverem igualmente ativos, enxergaremos o branco (a soma dos três comprimentos de onda de luz). Essa teoria desempenhou um papel na criação da tela de televisão, que consiste em pontos vermelhos, verdes e azuis microscópicos. As cores que vemos na tela são o produto de como esses três tipos de pontos são ativados pela transmissão televisiva e de como os pontos emissores de luz ativam nossos três tipos de cones.

É importante perceber que as misturas propostas das cores primárias são **misturas aditivas** – diferentes comprimentos de onda de luz são misturados diretamente. Nessas misturas, todos os comprimentos de onda de luz atingem a retina e são somados. As cores resultantes são muito dife-

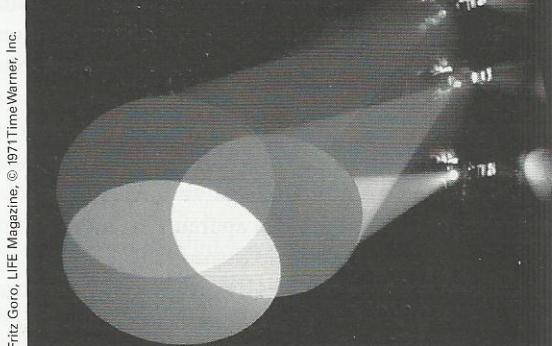
**adaptação ao escuro** O processo pelo qual bastonetes e cones, por meio de mudanças químicas, se tornam cada vez mais sensíveis à luz em condições de obscuridade.

**teoria tricromática** Uma teoria da visão das cores que supõe a existência de três tipos de cones, cada um ativado apenas por intervalos de comprimento de onda de luz correspondentes aproximadamente a azul, verde e vermelho. Ela também supõe que as várias cores que somos capazes de enxergar são todas uma mistura de vários níveis de ativação dos três tipos de cones. Se todos os três forem igualmente ativados, enxergaremos o branco.

**misturas aditivas** Misturas diretas de diferentes comprimentos de onda de luz, em que todos os comprimentos de onda atingem a retina e são somados.

▲ **Figura 3.5 | Misturas aditivas de comprimentos de onda de**

**luz** | Uma mistura aditiva de iguais proporções de comprimentos de onda de luz vermelha, verde e azul parece branca, conforme previsto pela teoria tricromática da visão das cores. As misturas aditivas binárias são também contraintuitivas. Por exemplo, a mistura aditiva de iguais proporções de comprimentos de onda de luz vermelha e verde parece amarela. (Ver segunda capa.)



Fritz Goro, LIFE Magazine, © 1971 Time Warner, Inc.

rentes das cores das **misturas subtrativas**, que fazemos quando misturamos tintas. Nessas misturas, alguns comprimentos de onda são absorvidos (subtraídos) e, assim, não são refletidos da mistura para a retina. Por exemplo, se misturarmos tinta vermelha, verde e azul em quantidades iguais, o resultado será tinta preta (nenhuma luz refletida). Uma mistura de iguais proporções de comprimentos de onda de luz vermelha, verde e azul, no entanto, parece branca. Essa mistura aditiva é mostrada na Figura 3.5.

Há três fenômenos de cor que a teoria tricromática tem dificuldade em explicar. Sabemos que vermelho-verde e azul-amarelo são pares de **cores complementares**, comprimentos de onda que, quando misturados, produzem branco. Isso significa que não podemos produzir uma mistura aditiva que seja percebida como verde-avermelhado ou amarelo-azulado. A teoria tricromática não consegue explicar por que essas cores não podem ser produzidas se toda cor é uma mistura aditiva das três cores primárias. Além disso, essa teoria tem dificuldade em explicar como enxergamos pós-imagens de cores complementares. Por exemplo, se fixarmos o olhar em um quadrado vermelho sólido por um instante e depois olharmos para uma folha de papel em branco, veremos um quadrado verde sólido. Por quê?

**misturas subtrativas** Misturas de comprimentos de onda de luz em que alguns comprimentos de onda são absorvidos (subtraídos) e, assim, não são refletidos das misturas para a retina.

**cores complementares** Comprimentos de onda de luz que, quando somados, produzem o branco.

**teoria do processo oponente** Uma teoria da visão das cores que supõe a existência de três sistemas de células de processo oponente (vermelho-verde, azul-amarelo e preto-branco) que processam informações de cores depois que elas foram processadas pelos cones. As cores em cada sistema se opõem mutuamente, de modo que, se uma cor é estimulada, a outra é inibida.

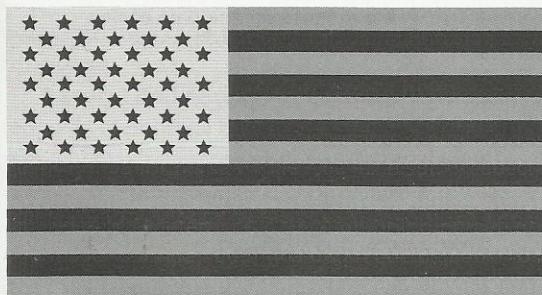
**Teoria da visão das cores de processo oponente.** Para explicar tais fenômenos, os pesquisadores desenvolveram uma segunda teoria, a **teoria do processo oponente** (Hurvich e Jameson, 1957). Ela supõe que há três sistemas de células de processo oponente que nos ajudam a enxergar as cores e estão localizados no nível de processamento pós-receptor (depois do processamento dos cones), ao longo das trajetórias visuais das células bipolares até o cérebro. Os sistemas são os pares vermelho-verde e azul-amarelo, e mais um sistema de preto e branco (de níveis de brilho). As cores dentro de cada sistema se opõem mutuamente – se uma é estimulada, a outra é inibida. Por exemplo, há células de processo oponente de azul-amarelo estimuladas pela luz azul e inibidas pela luz amarela, e outras que são estimuladas pelo amarelo e inibidas pelo azul. Os pesquisadores descobriram que algumas células ganglionares e

algumas do tálamo e do córtex visual respondem de acordo com a teoria do processo oponente (DeValois e DeValois, 1975; Engel, 1999; Gegenfurtner e Kiper, 2003). Então, sabemos que esses sistemas de células existem.

A teoria do processo oponente consegue explicar facilmente por que não enxergamos um verde-avermelhado ou um amarelo-azulado. As cores complementares envolvidas em cada caso não podem ser, ambas, simultaneamente estimuladas. Elas se cancelam mutuamente. A teoria também explica as pós-imagens de cores complementares. Quando você fixa uma das duas cores em um sistema de processo oponente por um momento, a parte desse sistema responsável por processar essa cor cansa e precisa parar e se recuperar. É por isso que enxergamos a cor complementar do sistema quando olhamos para uma superfície branca – a outra cor está se recuperando e não consegue se opor a ela. Um bom exemplo é a bandeira vermelha, branca e azul dos Estados Unidos. Se fixarmos o olhar no desenho dessa bandeira por um momento e depois mudarmos nossa atenção para uma folha de papel branca, veremos uma bandeira verde, preta e amarela complementar. Se você fixar o olhar na bandeira verde, preta e amarela da Figura 3.6 por aproximadamente 40 segundos e depois olhar para o espaço em branco ao lado, o que enxerga?

Há pesquisas confirmando tanto a teoria tricromática quanto a teoria do processo oponente, de modo que a melhor explicação de como vemos as cores envolve ambas as teorias, mas em diferentes localizações nas trajetórias visuais (Boynton, 1988). A informação de cor é processada pelos cones de acordo com a teoria tricromática, mas a informação de cor também é processada no nível celular pós-receptor (pelos cérebros bipolares, ganglionares, talâmicas e corticais) de acordo com a teoria do processo oponente. Essa simples teoria composta é um bom exemplo de teorias concorrentes que se tornam teorias complementares.

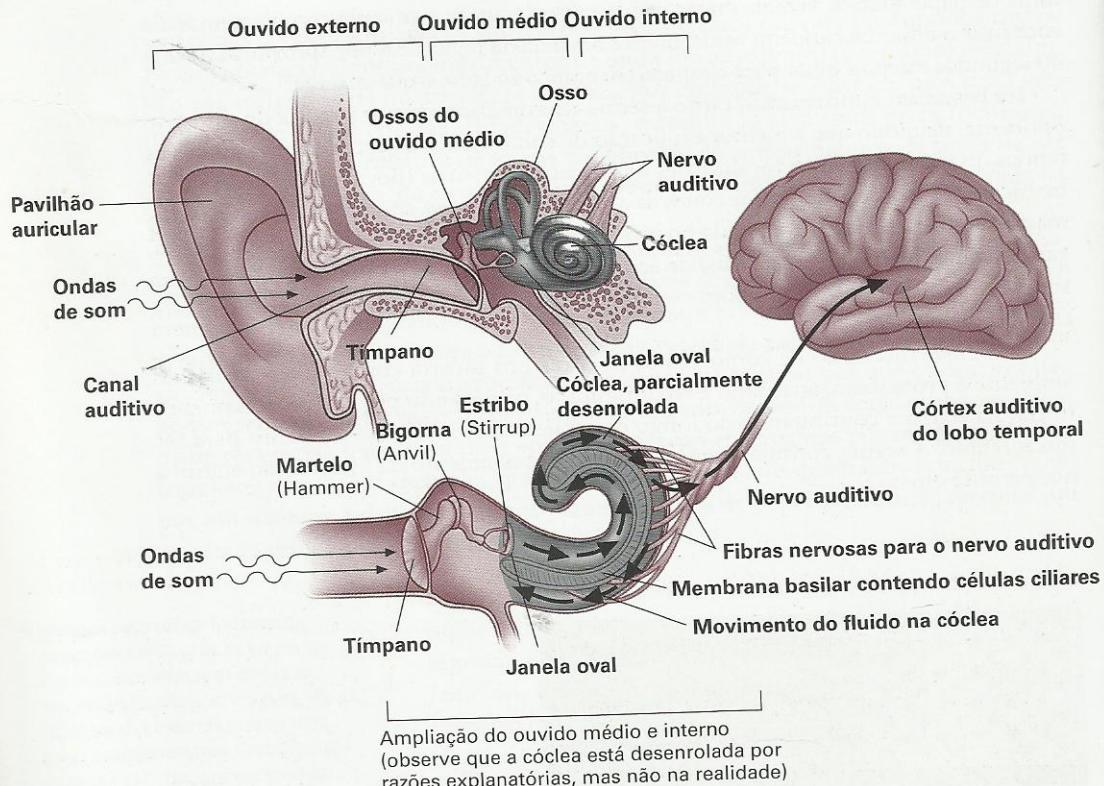
Esta breve discussão de como vemos as cores nos mostra como o *input* visual do ambiente é processado, analisado e reconfigurado, começando por seu processamento inicial na retina e continuando ao longo das trajetórias visuais até o cérebro para ser interpretado. A seguir, consideraremos como o processamento da informação auditiva nos permite ouvir.



**▲ Figura 3.6 | Demonstração de uma pós-imagem complementar** | Fixe o olhar na bandeira acima por um momento e depois olhe para o espaço em branco à direita. Você deverá ver a bandeira dos Estados Unidos. (Ver segunda capa.)

## Como os ouvidos funcionam

O sistema sensorial auditivo é um sistema mecânico (vibratório), com as células receptoras localizadas na porção interior de cada ouvido. Como você pode ver na Figura 3.7, o ouvido está dividido em três seções: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. As partes de cada seção também são mostradas na Figura 3.7. O pavilhão da orelha, ou pavilhão auricular, que é a parte externa do ouvido, coleta sons e os canaliza pelo canal auditivo até a membrana timpânica (o tímpano), que assinala a fronteira entre o ouvido externo e o médio. As ondas de som produzem vibrações no tímpano, e essas vibrações criam uma reação em cadeia que move o martelo, a bigorna e o estribo (eles têm esses nomes por causa do formato), os três ossículos do ouvido médio. O mo-



▲ **Figura 3.7 | A trajetória do som através do ouvido** | O som é conduzido através do ouvido por mudanças de pressão de ar. Depois de entrar pelo pavilhão auricular, as ondas de som criam vibrações no tímpano que fazem os três ossículos do ouvido médio se mover. Esse movimento faz vibrar a janela oval, que produz movimento no fluido no ouvido interno, deslocamento ao longo da membrana basilar e movimento das células ciliares dentro da membrana. O movimento dessas células ciliares cria os sinais neurais que são levados ao córtex auditivo primário nos lobos temporais pelo nervo auditivo, via tálamo.

vimento do estribo cria vibrações na janela oval, a membrana que cobre uma abertura para o ouvido interno.

A cóclea é uma estrutura em forma de caracol, no ouvido interno, que contém as células receptoras da audição. Minúsculas **células ciliares** que cobrem a membrana basilar (uma membrana que se estende ao longo da cóclea) são os receptores da audição. Não existem tantas células ciliares quanto existem bastonetes e cones; há apenas cerca de 16.000 em cada ouvido (Matlin e Foley, 1997). As vibrações da janela oval deslocam um líquido dentro da cóclea, que faz a membrana basilar se mover e, portanto, movimenta as células ciliares da membrana. A mensagem auditiva é codificada de acordo com o movimento dessas minúsculas células ciliadas. Esse movimento das células ciliadas se traduz em impulsos neurais que são transmitidos para as células do nervo auditivo, que conduzem a informação até o tálamo, que leva a informação até o córtex auditivo primário nos lobos temporais.

Perdas auditivas causadas por lesões nessas células ciliadas ou nas fibras do nervo auditivo são chamadas de **surdez nervosa**. Essas lesões geralmente são causadas por contínua exposição a ruídos extremamente altos e pelo envelhecimento. Esse tipo de surdez é muito mais difícil de tratar do que a **surdez condutiva**, causada por lesão no sistema mecânico que transporta a informação auditiva para a cóclea. Por exemplo, a perfuração do tímpano pode provocar surdez condutiva. Aparelhos auditivos geralmente ajudam a amenizar esse tipo de surdez.

Agora que temos um entendimento básico de como o ouvido funciona e a informação auditiva é codificada e processada, vamos considerar um importante aspecto dessa complexa codificação: como distinguimos diferentes tons.

## Como distinguimos tons

Lembre que o tom é a qualidade do som que descrevemos como alto ou baixo, e é determinado pela frequência da onda sonora. Somos capazes de perceber frequências de ondas sonoras de aproximadamente 20 a 20.000Hz. Cada uma das frequências nesse intervalo bastante amplo corresponde a um tom diferente que podemos perceber. A melhor explicação de como percebemos esse intervalo de tons é análoga à história de como vemos diferentes cores. Descobriremos que, para conseguir a melhor explicação, precisaremos combinar duas teorias, a do lugar e a da frequência. Primeiro, examinaremos cada uma separadamente e, depois, como elas funcionam juntas.

A **teoria do lugar** supõe que existe um lugar específico ao longo da membrana basilar, começando na janela oval, que responderá maximamente a uma determinada frequência. Assim, o cérebro saberá a frequência conhecendo a localização da atividade máxima na membrana basilar. Em engenhosos experimentos na cóclea de cadáveres humanos, Georg von Békésy descobriu que cada frequência gera uma onda itinerante que se move ao longo da membrana basilar e atinge seu máximo em uma localização específica (Békésy, 1960). Começando na janela oval e em 20.000Hz, o tom desce conforme a atividade máxima desce pela

**células ciliares** As células receptoras da audição. Elas revestem a membrana basilar dentro da cóclea.

**surdez nervosa** Perda auditiva criada por lesão nas células ciliares ou nas fibras do nervo auditivo no ouvido interno.

**surdez condutiva** Perda auditiva criada por lesão em uma das estruturas do ouvido responsáveis por conduzir mecanicamente a informação auditiva para o ouvido interno.

**teoria do lugar** Uma teoria da percepção de tons que supõe a existência de uma localização específica, ao longo da membrana basilar, que responde maximamente a uma frequência determinada, indicando assim o tom para o cérebro. Conforme essa localização desce pela membrana basilar desde a janela oval, o tom desce de 20.000Hz para 20Hz.

**teoria da frequência** Uma teoria da percepção de tons que supõe que a frequência da onda sonora é imitada pelo índice de descarga de toda a membrana basilar.

**princípio da saraivada** Células que se revezam descarregando aumentam o índice máximo de descarga daquele grupo de células.

membrana basilar. Essas localizações de pico dizem ao cérebro as frequências dos estímulos auditivos que chegam.

A **teoria da frequência** supõe que a frequência da onda de som é imitada (simulada) pelo índice de descarga das células ciliadas em toda a membrana basilar. Por exemplo, se a frequência for de 100Hz, o índice de descarga da membrana será de 100 impulsos por segundo. O cérebro conheceria a frequência pelo índice ou ritmo de descarga da membrana basilar em reação ao estímulo auditivo.

Agora vejamos por que e como nós juntamos as teorias para obter uma melhor explicação da percepção dos tons. Em primeiro lugar, as pesquisas descobriram que localizações específicas na membrana basilar se correlacionam bem com as frequências das ondas de som, exceto em tons mais baixos (< 500Hz). Para esses tons mais baixos, o índice de descarga da membrana basilar imita a frequência. Isso significa que a teoria do lugar consegue explicar como ouvimos todo o intervalo de tons exceto os tons baixos, mas a teoria da frequência consegue explicar como os ouvimos. Será que a teoria da frequência consegue explicar apenas como percebemos tons inferiores a 500Hz? Não, o limite superior do índice de descarga é de 5.000 vezes por segundo. Existe um índice de descarga máximo para as células nervosas, cerca de 1.000 vezes por segundo. Entretanto, com a adição do **princípio da saraivada**, em que as células se revezam descarregando para aumentar o índice máximo daquele grupo de células, a teoria da frequência consegue explicar a nossa percepção de frequências de até aproximadamente 5.000Hz (Zwislocki, 1981). Já que 5.000 vezes por segundo é o limite superior do índice de descarga quando se utiliza o princípio da saraivada, a teoria da frequência não conseguiria explicar como percebemos frequências mais altas, de 5.000 a 20.000Hz.

Combinar as duas teorias nos dá uma teoria composta que é adequada aos achados de pesquisa sobre percepção de tons. A teoria da frequência explica a percepção de frequências mais baixas (< 500Hz), e a teoria do lugar explica como percebemos frequências mais altas (> 5.000Hz). Isso significa que o cérebro utiliza o índice de descarga para diferenciar as frequências baixas, e a localização da atividade máxima das células ciliadas na membrana basilar para distinguir as frequências altas. Para o intervalo de frequências intermediário (aproximadamente de 500 a 5.000Hz), ambas as fontes de informação operam, nos dando dupla cobertura e melhor percepção do tom. Isso é ótimo, porque esse intervalo de frequências contém os sons mais importantes para nós – por exemplo, a fala humana.

## Resumo da seção

Nesta seção, discutimos nossos dois sentidos dominantes: a visão e a audição. Os estímulos para ambos os sentidos ocorrem na forma de ondas – de luz e som, respectivamente. No caso das ondas de luz, diferentes comprimentos de onda levam à percepção de diferentes cores, e a amplitude da onda determina o nível do brilho percebido. Com respeito às ondas de som, a frequência da onda determina o tom que percebemos, e a amplitude da onda determina a nossa percepção do volume. O cérebro não é capaz de processar essas formas de energia física, por isso as células receptoras (bastonetes e cones na retina e células ciliadas na membrana basilar dentro da cóclea) transduzem (convertem) a energia física em sinais neurais que o cérebro consegue reconhecer.

As ondas de luz atravessam muitas partes do olho antes de serem transduzidas pelos bastonetes e cones na parte de trás da retina. Depois de transduzidos, os sinais neurais são transportados pelo nervo óptico até o tálamo, que os envia ao córtex visual primário, onde

são interpretados. Nesse processo de interpretação, o objeto é dividido em seus aspectos elementares, que são reconhecidos por detectores de características; então, as características são combinadas para que o objeto completo possa ser reconhecido. Os cones e bastonetes dividem o processamento visual inicial. Os cones são responsáveis pela visão da luz brilhante e das cores; os bastonetes são responsáveis pela visão periférica e da luz tênue.

Há duas explicações concorrentes de como vemos as cores: a teoria tricromática e a do processo oponente. A tricromática propõe três tipos de cones, cada um respondendo a intervalos de comprimentos de onda correspondentes a vermelho, verde e azul. Todas as outras cores derivam-se de proporções variadas dessas três primárias. As pesquisas indicam que nós realmente temos esses três tipos de cones. A teoria do processo oponente supõe que existem três tipos de sistemas de células (vermelho-verde, azul-amarelo e preto-branco) no nível pós-receptor, que nos ajudam a ver as cores. Sendo pares complementares, as cores de cada sistema se opõem mutuamente (se cancelam). A teoria do processo oponente consegue explicar os fenômenos de cores complementares, o que a teoria tricromática não consegue. A combinação dessas duas teorias nos fornece a melhor explicação da visão das cores: a tricromática explica como os cones funcionam, e a do processo oponente explica como as células nas trajetórias visuais funcionam depois que os cones fizeram seu processamento inicial.

O sistema auditivo é um sistema vibratório mecânico, com os receptores de células ciliadas localizados dentro da membrana basilar na cóclea. Vibrações que chegam resultam em um deslocamento do líquido na cóclea que movimenta essas células ciliadas. A natureza desses movimentos das células ciliares cria a mensagem auditiva que é transportada pelo nervo auditivo, via tálamo, até o córtex auditivo primário, onde é interpretada. Uma lesão nessas células ciliadas ou no nervo auditivo resulta em surdez nervosa, que é muito difícil de tratar. Uma lesão em alguma das estruturas que conduzem a informação auditiva até o ouvido interno provoca surdez condutiva, mais fácil de tratar.

Para explicar como percebemos os tons são necessárias duas teorias. Somos capazes de perceber um intervalo bastante amplo de frequências, de 20 a 20.000Hz. A teoria do lugar, que supõe a existência de localizações específicas na membrana basilar correlacionadas com cada frequência, explica como escutamos tons altos (frequências superiores a 5.000Hz). A teoria da frequência, que supõe que o índice de descarga das células ciliadas imita a frequência da informação que chega, explica como escutamos tons baixos (frequências inferiores a 500Hz). A teoria da frequência (com a adição do princípio da saraivada) e a teoria do lugar, juntas, nos dão uma melhor percepção de tons moderados (frequências de 500 a 5.000Hz).

## Você aprendeu os conceitos? | 2

- ▶ Explique a diferença entre a miopia e a hipermetropia com relação aos problemas de foco.
- ▶ Explique o que, segundo a teoria do processo oponente, você veria se fixasse por um minuto uma bandeira com listras amarelas e brancas alternadas e um retângulo verde no centro e depois olhasse para uma folha branca de papel.
- ▶ Explique por que ondas de som mais longas levam a frequências mais baixas e ondas mais curtas levam a frequências mais altas.
- ▶ Explique por que nem a teoria do lugar nem a teoria da frequência, sozinhas, conseguem explicar a percepção humana de tons de 20 a 20.000Hz.

## Como compreendemos o que vemos

Até o momento, aprendemos que estruturas sensoriais como os olhos e ouvidos se destinam a receber e começar a processar vários aspectos dos estímulos do nosso ambiente externo. Essas estruturas transduzem os dados brutos do ambiente em impulsos neurais que o cérebro é capaz de compreender. Essa coleta e recodificação inicial por parte das estruturas sensoriais normalmente são referidas como **sensação**, e a interpretação resultante pelo cérebro, como **percepção**. Esses dois processos, todavia, não são tão distintos quanto suas definições fazem parecer; eles funcionam juntos de modo interativo. Uma consideração dos processamentos ascendente (de baixo para cima) e descendente (de cima para baixo) na percepção visual ajudará você a entender essa interação. A seguir, consideraremos a organização e a constância perceptuais, dois processos essenciais para pôr ordem na informação visual que chega. Depois, discutiremos a percepção de distância, como o cérebro consegue nos dar a terceira dimensão de profundidade na nossa percepção do mundo.

### Processamento ascendente e processamento descendente

A percepção é o produto dos processamentos ascendente e descendente. O **processamento ascendente** se refere ao processamento do *input* sensorial que entra conforme ele sobe das estruturas sensoriais até o cérebro. Chama-se de ascendente porque está vindo dos sentidos e subindo para o cérebro. Começa com a transdução dos sinais sensoriais que chegam. Você pode pensar no processamento ascendente como trazendo a informação sensorial do ambiente para ser interpretada. Entretanto, os sistemas perceptuais no cérebro não tentam simplesmente reconhecer, de modo aleatório, entre bilhões de possibilidades, a informação sensorial que está sendo enviada. Essa busca é imensamente limitada pelo **processamento descendente** – o cérebro utiliza conhecimentos, crenças e expectativas para interpretar as informações sensoriais. Ele é referido como descendente porque está vindo de cima (do cérebro) e descendo novamente para as estruturas sensoriais. Para compreender a diferença entre esses dois tipos de processamento, pense sobre ouvir alguém falar uma língua que é desconhecida para você. Você tem o processamento ascendente no sentido de que escuta os sons. Mas você não consegue interpretar esse *input* sensorial porque não tem o processamento descendente (a compreensão da língua estrangeira não faz parte do seu banco de conhecimentos).

Para compreender melhor esses dois tipos de processamento, olhe para a Figura 3.8. Você vê um padrão significativo? Se não perceber esse padrão, seu processamento descendente está deixando você na mão. Há um cachorro dálmata cheirando o chão. A cabeça do cachorro está exatamente no centro da figura. Para enxergá-la, seu processamento descendente tem de organizar adequadamente várias características da figura para se ajustarem ao seu conhecimento de como é um cachorro. Depois que seu cérebro fizer isso, você não terá dificuldade em vê-lo da próxima vez que olhar para essa figura. Você terá o processamento descendente necessário. Se você tiver dificuldade em localizar o dálmata, vá até o final do capítulo e o verá delineado.

**sensação** A informação inicial coletada e recodificada pelas estruturas sensoriais.

**percepção** A interpretação da informação sensorial pelo cérebro.

**processamento ascendente** O processamento da informação sensorial que chega, conforme ela sobe das estruturas sensoriais até o cérebro.

**processamento descendente** O uso que o cérebro faz de conhecimentos, crenças e expectativas para interpretar informações sensoriais.



▲ **Figura 3.8 | Organização perceptual e processamento descendente** | Você enxerga um objeto significativo nesta figura? Existe um. É um cão dálmatas cheirando o chão. Você consegue encontrá-lo? Para fazer isso, seus mecanismos de processamento descendente terão de organizar algumas das características da figura para se ajustarem ao seu conhecimento da aparência desse tipo de cão. Se você tiver dificuldade em localizar o dálmatas, ele está delineado no final do capítulo. Depois que enxergá-lo, você não terá dificuldade alguma em vê-lo da próxima vez. Seus mecanismos de processamento descendente saberão como organizar as características para que você as perceba.

A natureza subjetiva da percepção se deve a esse processamento descendente. As nossas experiências passadas, crenças e expectativas influem na nossa interpretação do *input* sensorial. Quando interpretamos um estímulo ambíguo em termos de como as nossas experiências passadas nos “predispõem” a percebê-lo, dizemos que ocorre uma **predisposição perceptual**. O nosso processamento descendente influencia a nossa interpretação, sem que sequer tenhamos consciência dessa ambiguidade. Vamos considerar como percebemos jogadas em eventos esportivos. Nós geralmente não as percebemos em favor do “nossa” time? Estamos predispostos, por experiências passadas, a vê-las dessa maneira tendenciosa. Isso significa que as experiências passadas orientam a nossa percepção no processamento descendente. Em outras palavras, percebemos “do nosso jeito”.

Os efeitos contextuais são exemplos ainda mais sólidos do processamento descendente orientando a percepção. Quando usamos o contexto presente do *input* sensorial para determinar seu significado está ocorrendo um **efeito contextual** sobre a percepção. A Figura 3.9 mostra um exemplo simples de um desses efeitos contextuais. A maioria das pessoas vê a linha superior de caracteres como a sequência alfabética A, B, C, D, E, F e a linha inferior

**3** **predisposição perceptual** A interpretação de informações sensoriais ambíguas em termos de como as nossas experiências passadas nos predispõem a percebê-las.  
**efeito contextual** O uso do contexto presente das informações sensoriais para determinar seu significado.

A, B, C, D, E, F  
10, 11, 12, 13, 14

▲ **Figura 3.9 | O efeito do contexto sobre a percepção** | A interpretação dos caracteres ambíguos que compõem o segundo item na primeira série e o quarto item na segunda é determinada pelo contexto criado pelos itens que estão de cada lado. Na primeira esses itens são letras, de modo que a interpretação dos caracteres ambíguos é uma letra, B. Na segunda série os itens são números, e a interpretação é um número, 13. (Adaptado de Coren, Ward e Enns, 2004, usado com a permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

como a sequência numérica 10, 11, 12, 13, 14. Mas se olharmos agora para os caracteres que formam o B e o 13, veremos que são os mesmos. O contexto criado por linha (alfabético *versus* numérico) determinou a nossa interpretação. Quando cercados por letras, os caracteres foram interpretados como a letra B; quando cercados por números, foram interpretados como o número 13.

O contexto é um contribuidor crucial para a percepção. Sem informações contextuais, o cérebro talvez não consiga decidir sobre a interpretação. No caso dos seguintes caracteres, IV: eles podem ser alfabeticos (as letras I e V) ou numéricos (o numeral romano para 4). Inseridos em uma sentença com outras palavras, tais como "Jim estava no hospital e conectado a uma IV (intravenosa)", nós os percebemos como letras. Mas se estivessem inseridos na frase "Edward IV foi rei na Inglaterra no século XV", perceberíamos seu significado numérico. A adição de informações contextuais fornece um processamento descendente que permite ao cérebro resolver essas ambiguidades na percepção normal.

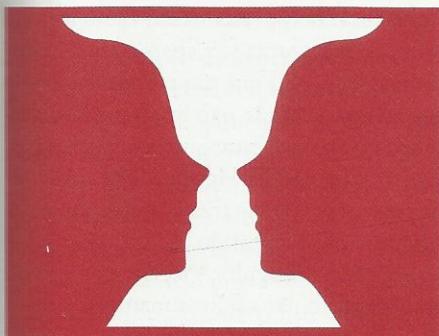
## Organização perceptual e constância perceptual

A organização perceptual e a constância perceptual são processos essenciais para pôr ordem no *input* sensorial que chega. Vamos considerar primeiro a organização perceptual. Para serem interpretados, os fragmentos de informações sensoriais que chegam precisam ser organizados em um todo significativo – com forma e configuração. Alguns psicólogos alemães da primeira parte do século XX criaram princípios para explicar como o cérebro organiza automaticamente o *input* visual em objetos holísticos significativos. Como a palavra alemã "Gestalt" se traduz como "todo organizado", esses psicólogos se tornaram conhecidos como psicólogos da Gestalt. Para eles, esses todos organizados são mais do que apenas a soma de suas partes. Um bom exemplo disso é o movimento estroboscópico, que é a criação perceptual de movimento a partir de uma série de imagens levemente variadas apresentadas em rápida sucessão. Por exemplo, vemos um movimento fluente quando assistimos a um filme, mas na verdade há apenas imagens estáticas sendo mostradas em rápida sucessão. O movimento que percebemos surge das partes, das imagens estáticas, mas não está presente nelas. Para explicar como organizamos nosso *input* visual em objetos holísticos, os psicólogos da Gestalt propuseram muitos princípios organizacionais diferentes. Consideraremos dois dos mais importantes – o princípio de figura e fundo e o princípio do fechamento.

Os psicólogos da Gestalt desenvolveram uma regra básica de organização perceptual, o **princípio de figura e fundo** – o cérebro organiza o *input* sensorial em uma figura ou figuras (o centro da atenção) e um fundo (um plano de fundo menos distinto). Para compreender melhor esse princípio, vamos examinar a Figura 3.10. Qual é a figura e qual é o fundo? Eles ficam se alternando constantemente. Vemos um vaso como um objeto

branco em um fundo colorido, mas depois vemos duas silhuetas uma em frente à outra em um fundo branco. Neste caso, o cérebro fica mudando sua organização figura e fundo dessas informações sensoriais. Esta é uma figura reversível, porque a figura e o fundo se invertem nas duas interpretações possíveis. O que é figura em uma interpretação se torna o fundo na ou-

**princípio de figura e fundo** O princípio organizacional perceptual da Gestalt de que o cérebro organiza as informações sensoriais em uma figura ou figuras (o centro da atenção) e um fundo (um plano de fundo menos distinto).



**▲ Figura 3.10 | Exemplo de ambiguidade figura e fundo** | Você enxerga um vaso branco ou duas silhuetas olhando uma para a outra? Você consegue ver ambos, mas apenas um de cada vez. Quando troca a sua percepção de uma para a outra, seu cérebro está mudando a organização do *input* com relação à figura e ao fundo. Quando vê um vaso, o vaso é o objeto; mas quando vê os dois perfis, o vaso se torna o fundo.

tra. Sem a existência de um contexto, o processamento descendente não pode determinar qual interpretação é a correta.

A ambígua ilustração vaso-silhueta nos ajuda a compreender o princípio da figura e fundo, mas a ambiguidade também pode ser devida à possibilidade de mais de um objeto no mesmo fundo. As características do objeto podem permitir mais de uma interpretação. Um clássico exemplo de tal ambiguidade é apresentado na Figura 3.11. Você vê uma velha ou uma jovem? Na verdade, dependendo de como organizar as características, verá ambas, mas não simultaneamente. Se conseguir ver as duas, seu processamento descendente continuará mudando sua percepção, pois não existe nenhuma informação contextual para determinar qual interpretação é a correta.

Outro importante princípio organizacional perceptual da Gestalt é o **fechamento**, que se refere à tendência a completar (fechar) figuras incompletas para formar objetos significativos. Você já viu alguns exemplos de fechamento nas Figuras 3.8 e 3.9. O fechamento foi utilizado para perceber o cão dálmata na Figura 3.8, e os caracteres ambíguos na Figura 3.9 como a letra B no contexto alfabético. Para fechar uma figura, nós empregamos o processamento descendente. Às vezes, todavia,

**f *fechamento*** O princípio organizacional perceptual da Gestalt de que o cérebro completa (fecha) figuras incompletas para formar objetos significativos.



**▲ Figura 3.11 | Um exemplo de ambiguidade organizacional perceptual** | Você vê a cabeça e os ombros de uma senhora idosa ou de uma mulher jovem? Se você tiver dificuldade para ver a senhora idosa, ela tem um nariz grande que está localizado abaixo e para a esquerda do centro da figura. O nariz da senhora idosa é o queixo e a mandíbula da mulher jovem. Agora você pode ver ambas? Como não há informação contextual para determinar uma interpretação correta, sua percepção ficará mudando de uma para outra interpretações.

**contorno subjetivo** Uma linha ou forma que é percebida como estando presente, mas que na verdade não existe. O cérebro a cria durante a percepção.

**constância perceptual** A estabilidade perceptual de tamanho, forma, brilho e cor de objetos familiares vistos de distâncias variadas, ângulos diferentes e em condições diferentes de iluminação.

o cérebro vai longe demais usando o fechamento e cria figuras onde não existe nenhuma. Tais figuras são chamadas de **contornos subjetivos** – linhas ou formas que são percebidas como estando presentes, mas que na verdade não existem (Kanizsa, 1976). O triângulo branco que parece estar superposto aos três círculos pretos e ao outro triângulo na Figura 3.12 é um contorno subjetivo. Estão presentes apenas três ângulos de 45° e três círculos pretos com uma parte faltando. Ao perceber esses

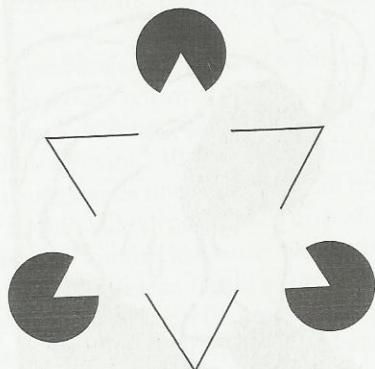
estímulos, o cérebro cria um objeto adicional – o segundo triângulo. A legenda da Figura 3.12 explica como se demonstra que o triângulo sobreposto não está realmente lá.

Além de ser capaz de organizar e agrupar o *input* sensorial para formar objetos significativos, o cérebro precisa ser capaz de manter algum tipo de constância em sua percepção do mundo externo – e ele faz isso. A **constância perceptual** se refere à estabilidade perceptual do tamanho, da forma, do brilho e da cor de objetos familiares vistos de distâncias variadas, ângulos diferentes e em condições diferentes de iluminação. Esses vários tipos de constância são referidos como constância de tamanho, de forma, de brilho e de cor, respectivamente. As imagens retinianas de objetos familiares mudam em condições visuais diferentes, tais como ângulos ou distâncias diferentes de observação. Por exemplo, o tamanho de um carro não vai encolhendo na nossa percepção conforme se afasta de nós. O tamanho de sua imagem retiniana encolhe, mas seu tamanho na nossa percepção não muda. O cérebro ajusta nossas percepções de acordo com o que aprendemos sobre o mundo externo. Sabemos que o tamanho do carro não muda e percebemos que ele apenas está mais longe de nós. A constância perceptual precisa se sobrepor a esse *input* sensorial em modificação para manter o tamanho, a forma, o brilho e a cor normais do objeto na nossa percepção sobre ele. A constância perceptual é um aspecto muito adaptativo da percepção visual. Ela traz ordem e consistência à nossa visão do mundo.

A organização e a constância perceptuais são processos essenciais na percepção. Sem elas, nossas percepções seriam fragmentos sem sentido, em um constante estado de fluxo. A constância e a organização trazem significado e ordem a elas. Entretanto, nenhum desses aspectos explica outra parte crucial do processamento da percepção visual, como percebemos a terceira dimensão, a profundidade.

▲ Figura 3.12 | Exemplo de um contorno sub-

**jetivo** | Não parece haver um triângulo bastante brilhante sobreposto a três círculos pretos e a outro triângulo? Esse triângulo mais brilhante na verdade não está lá. Ele é um contorno subjetivo criado por seu cérebro em sua percepção dos três círculos pretos com uma fatia faltando (os três caracteres semelhantes ao Pac Man). Para demonstrar que este triângulo mais brilhante sobreposto não está realmente lá, cubra tudo no desenho menos o centro em branco horizontal. Quando fizer isso, você não verá mais nenhuma diferença de brilho no centro horizontal da figura. Se o triângulo mais brilhante estivesse realmente lá, você veria uma diferença de brilho.



## Percepção de profundidade

A **percepção de profundidade** envolve o julgamento da distância dos objetos em relação a nós. O cérebro utiliza muitas fontes diferentes de informações ou deixas relevantes para fazer julgamentos de distância. Essas deixas requerem ambos os olhos (deixas binoculares) ou apenas um (deixas monoculares).

A maior deixa binocular é a disparidade. Para compreender a disparidade retiniana, primeiro considere que os nossos dois olhos não estão no mesmo lugar no rosto. Cada um dos olhos (retina) tem uma visão do mundo levemente diferente. A diferença (disparidade) entre essas duas visões de cada retina fornece informações sobre a distância dos objetos em relação a nós. A deixa de **disparidade retiniana** se refere ao fato de que, conforme aumenta a disparidade (diferença) entre as duas imagens retinianas, a distância em relação a nós diminui.

Para compreender isso, segure sua mão direita diante de você e feche os dedos, mantendo o indicador esticado para cima. Se a mantiver parada e se concentrar nela, e então, rapidamente, fechar um olho e depois abri-lo e fechar o outro algumas vezes, vai parecer que o seu dedo se mexe. Se você agora aproximar o dedo e repetir o rápido fechar e abrir dos olhos, um de cada vez, o dedo novamente parecerá se mexer, mas agora muito mais, porque as visões retinianas do dedo são mais discrepantes. Quando bem perto dos olhos, você vê um movimento máximo porque a disparidade entre as duas imagens retiniana está em seu máximo.

Há várias deixas monoculares, mas discutiremos apenas duas delas para que você faça uma ideia de como funcionam. A **perspectiva linear** se refere ao fato de que, conforme linhas paralelas se afastam de nós, elas parecem convergir – quanto maior a distância, mais convergem. Por exemplo, imagine que está olhando para uma estrada de ferro ou uma autoestrada. Os trilhos e os dois lados da estrada parecem convergir conforme se afastam de nós. Outra deixa monocular que é fácil de compreender é a **interposição** – se um objeto bloqueia parcialmente a nossa visão de outro, nós o percebemos como mais próximo. Objetos próximos se sobrepõem parcialmente a objetos mais distantes.

Deixas monoculares, deixas binoculares e vários princípios de julgamento de distância utilizados pelo cérebro normalmente são indicadores válidos de distância. Entretanto, às vezes essas deixas e princípios levam o cérebro a criar percepções errôneas. São as chamadas ilusões – percepções errôneas da realidade. Duas ilusões são ilustradas na Figura 3.13. A primeira é a ilusão de Ponzo. As duas barras horizontais são idênticas em tamanho, mas a de cima parece maior. A outra ilusão é a de Terror Subterra (Shepard, 1990). O monstro perseguidor (o mais alto) parece maior do que o monstro perseguido, mas os dois são exatamente do mesmo tamanho. Além desta ilusão de tamanho, os rostos idênticos dos dois monstros podem, às vezes, ser erroneamente percebidos como expressando emoções dife-

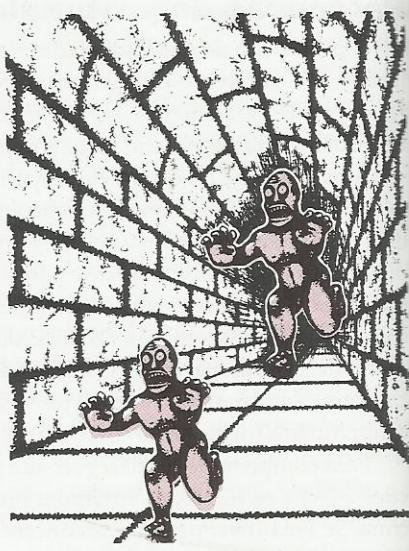
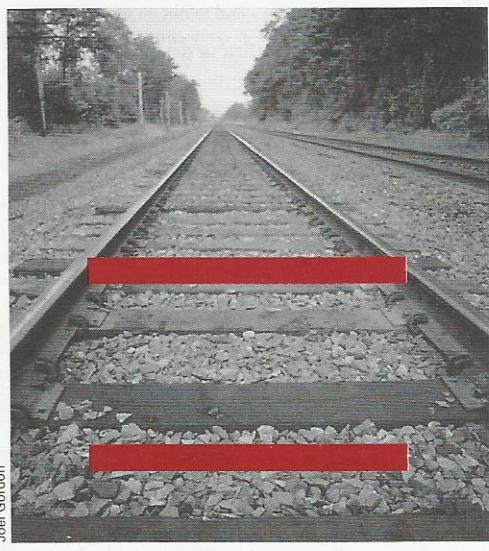


**percepção de profundidade** A nossa capacidade de perceber a distância dos objetos em relação a nós.

**disparidade retiniana** Uma deixa de profundidade binocular referente ao fato de que, conforme a disparidade (diferença) entre as duas imagens retinianas de um objeto aumenta, a distância do objeto em relação a nós diminui.

**perspectiva linear** Uma deixa de profundidade monocular referente ao fato de que, conforme linhas paralelas se afastam de nós, elas parecem convergir – quanto maior a distância, mais elas parecem convergir.

**interposição** Uma deixa de profundidade monocular referente ao fato de que, se um objeto bloqueia parcialmente a nossa visão de outro, nós o percebemos como mais próximo.



(b)

**▲ Figura 3.13 | As ilusões de Ponzo e de Terror Subterra** | (a) As duas barras vermelhas na ilusão de Ponzo são idênticas em tamanho. Mas a barra de cima parece ser maior. (b) Os dois monstros na ilusão de Terror Subterra também são de tamanho idêntico, mas o monstro perseguidor (o de cima) parece ser maior. Para se convencer de que as duas barras e os dois monstros são idênticos, copie (traçando por cima do desenho) uma das barras (ou um dos monstros) em uma fina folha de papel e depois coloque esse traçado sobre a outra barra (ou o outro monstro). Ambas as ilusões parecem ser causadas pela interpretação errônea que o cérebro faz da distância relativa das duas barras em (a) e dos monstros em (b). Veja o texto para uma explicação completa.

rentes, tais como raiva no monstro perseguidor e medo no perseguido. De que maneira as deixas de distância estão envolvidas nessas percepções errôneas?

Para ver como as deixas de distância estão envolvidas nessas ilusões, precisamos primeiro considerar como o cérebro relaciona o tamanho da imagem retiniana de um objeto com a distância do objeto em relação a nós. Conforme um objeto se afasta de nós, seu tamanho na retina diminui. Isso é simples geometria, e o cérebro usa esse princípio ao criar nossa percepção. Agora considere a situação em que dois objetos têm imagens retinianas iguais, mas as deixas de distância indicam ao cérebro que um deles está mais longe. O que o cérebro concluiria dessa informação? Utilizando o princípio que relaciona o tamanho da imagem retiniana à distância, ele concluiria que o objeto mais distante deve ser maior. É a única maneira pela qual o tamanho da imagem retiniana poderia ser igual ao do objeto mais próximo. Assim, o cérebro aumenta o tamanho do objeto mais distante na nossa percepção dos objetos. Entretanto, se as deixas deram informações de distância incorretas e os objetos estavam na verdade equidistantes de nós, veríamos uma percepção errônea, uma ilusão. O cérebro aumentou, incorretamente, o objeto que erroneamente julgou estar mais longe. Isso é comparável a algo que experienciamos quando trabalhamos com problemas de matemática: inserir um valor incorreto em uma equação e obter um resultado errado. É isso, essencialmente, que o cérebro faz quando utiliza informações incorretas

sobre distância, levando a um erro de percepção. É importante perceber que o cálculo que o cérebro faz do tamanho da imagem retiniana e da distância dos objetos em relação a nós se dá no nível inconsciente de processamento. Só ficamos a par, em um nível perceptual consciente, do produto dos cálculos do nosso cérebro.

Agora vamos aplicar esta explicação aos exemplos de ilusão apresentados. Pense sobre a ilusão de Ponzo mostrada na Figura 3.13 (a). Se esta ilusão acontece porque o cérebro utiliza informações incorretas de distância sobre as duas linhas horizontais, que deixa descrita é responsável por ela? Está certo – a perspectiva linear. A convergência dos trilhos normalmente indica distância crescente. Dada essa deixa informativa, o cérebro incorretamente supõe que a barra superior está mais longe. Como as duas barras horizontais têm o mesmo tamanho e estão verdadeiramente equidistantes de nós, elas têm o mesmo tamanho nas nossas retinas. Já que suas imagens retinianas têm o mesmo tamanho, mas o cérebro pensa que as barras estão em distâncias diferentes em relação a nós, ele distorce incorretamente o tamanho da barra superior (aquela que supõe estar mais longe) e nós a percebemos como maior ou, melhor dizendo, nós a percebemos, erroneamente, como maior.

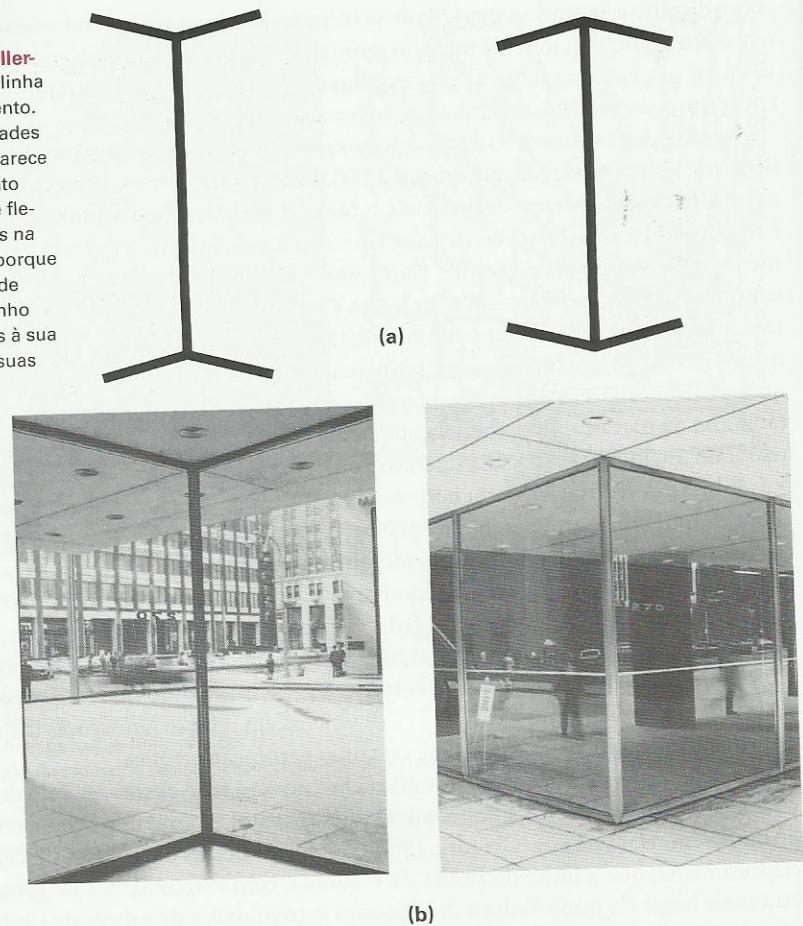
A ilusão de Terror Subterra pode ser explicada da mesma maneira. Deixas de profundidade monocular, principalmente perspectiva linear, levam o cérebro a julgar o monstro perseguidor como mais distante. Dado que o tamanho das imagens retinianas dos dois monstros é igual, porque os dois monstros são idênticos e estão equidistantes de nós, e que o monstro perseguidor é julgado incorretamente como mais distante, o cérebro aumenta o monstro perseguidor na nossa percepção consciente, resultando na ilusão. Como na ilusão de Ponzo, o cérebro aplica o princípio válido que relaciona o tamanho da imagem retiniana com a distância dos objetos em relação a nós, mas utiliza informações de distância incorretas e, assim, cria uma percepção errônea.

A ilusão de Müller-Lyer apresentada na Figura 3.14 (a) é outro exemplo de uma ilusão criada pela aplicação errônea da geometria que relaciona o tamanho da imagem retiniana à distância em relação a nós (Gregory, 1968). Como nas outras duas ilusões, o cérebro pensa, erroneamente, que a linha da flecha da esquerda, com extremidades de penas de flecha, está mais longe do que a linha à direita, com extremidades de cabeça de flecha. Por quê? Neste caso, o cérebro está usando uma relação entre distância e diferentes tipos de canto que aprendeu em sua experiência perceptual passada. A linha com extremidades de penas de flecha tem a aparência de um canto que está se afastando de nós (como os cantos em que duas paredes se encontram em uma sala), enquanto a linha com extremidades de cabeça de flecha tem a aparência de um canto que está se projetando em direção a nós (como os cantos em que dois lados de um edifício se encontram). Esses dois tipos de cantos estão ilustrados na Figura 3.14 (b). Portanto, baseado em sua experiência passada com esses cantos, o cérebro acredita que a linha com as extremidades em pena de flecha está mais distante.

Mas, na verdade, a linha com as extremidades em pena de flecha não está mais longe. As duas linhas são idênticas em comprimento e estão equidistantes de nós; portanto, suas duas imagens retinianas são idênticas. Dadas as imagens retinianas idênticas e o julgamento incorreto sobre a distância relativa, o cérebro aumenta incorretamente a linha com extremidades em pena de flecha, de modo que a percebemos como mais longa. Em apoio a essa explicação, pesquisadores culturais cruzados descobriram que as pessoas que vivem em ambientes físicos sem esses cantos indicadores de distância são menos suscetíveis à ilusão (Segall, Campbell e Herskovits, 1963, 1966; Stewart, 1973).

A ilusão da lua pode ser explicada de maneira semelhante (Restle, 1970). Considere que a lua parece ser maior no horizonte do que quando está no alto, em seu zênite. Mas a

**▲ Figura 3.14 | A ilusão de Müller-Lyer** | (a) Os dois segmentos de linha vertical são de mesmo comprimento. Entretanto, aquele com extremidades em pena de flecha, à esquerda, parece mais comprido do que o segmento com extremidades em cabeça de flecha, à direita. (b) Como as ilusões na Figura 3.13, esta ilusão é criada porque o cérebro aplica mal o princípio de geometria que relaciona o tamanho da imagem retiniana dos objetos à sua distância de nós. Com base em suas experiências com cantos que se afastam e se projetam conforme ilustrado aqui, o cérebro pensa, erroneamente, que a linha com extremidades de pena de flecha é um canto que se afasta e, portanto, está mais longe de nós do que a linha com extremidades em cabeça de flecha, que o cérebro pensa que é um canto que se projeta. Como as imagens retinianas das duas linhas são idênticas, o cérebro aumenta incorretamente o comprimento da linha de pena de flecha na nossa percepção consciente.



lua é do mesmo tamanho e está à mesma distância de nós, quer esteja no horizonte, quer esteja no alto do céu. Isso significa que o tamanho maior da lua no horizonte é uma ilusão. Os objetos próximos ao horizonte levam o cérebro a pensar que a lua está mais longe quando está perto do horizonte do que quando está no alto. Como as imagens retinianas da lua nessas duas localizações são as mesmas e o cérebro, erroneamente, pensa que a lua do horizonte está mais longe, ele distorce o tamanho da lua para parecer muito maior na nossa percepção do que quando ela está no alto. Ela não é maior, e é fácil averiguar isso.

Para fazer a lua no horizonte diminuir de tamanho, podemos enrolar uma folha de cartolina, formando um “telescópio”, e olhar para a lua por esse telescópio de modo a ver só a lua e não os outros objetos no horizonte. O tamanho da lua parecerá diminuir extraordinariamente, porque o cérebro então não será enganado em seu julgamento de distância da lua do horizonte. Ao criar essas percepções errôneas de tamanho, o cérebro faz uso de um princípio válido, mas de informações falsas sobre a distância relativa. O resultado global (nossa percepção) é incorreto. Em resumo, as deixas e os princípios de distância utilizados pelo cérebro para nos dar uma visão acurada do mundo externo funcionam quase todo o tempo, mas, às vezes, provocam percepções errôneas.

## Resumo da seção

Nesta seção, examinamos a percepção visual mais detalhadamente. Os processamentos ascendente e descendente são ambos necessários para uma percepção fluente e eficiente. Embora o processamento descendente seja adaptativo, conforme ilustrado pela constância perceptual, ele também é responsável pela natureza subjetiva da percepção. Vieses perceptuais e efeitos perceptuais contextuais são bons exemplos de como as nossas experiências passadas, crenças e expectativas guiam a nossa interpretação do mundo.

A organização perceptual e a constância perceptual são processos essenciais para dar ordem ao *input* sensorial que chega. Os psicólogos da Gestalt propuseram muitos princípios que orientam a organização do *input* sensorial em objetos holísticos significativos, tais como os princípios de figura e fundo e do fechamento. Além de organizar o *input* sensorial em objetos significativos, o cérebro precisa manter constância em sua percepção do mundo. Para obter essa constância perceptual, o cérebro utiliza o processamento descendente para modificar as informações sensoriais e manter o tamanho, a forma, o brilho e a cor normais do objeto na nossa percepção.

A percepção de profundidade (o julgamento da distância dos objetos em relação a nós) é uma parte crucial da percepção visual. Para avaliar a profundidade, o cérebro utiliza informações de deixas binoculares, tais como disparidade retiniana, e deixas monoculares, tais como perspectiva linear e interposição. A percepção cerebral do tamanho do objeto está relacionada à sua distância de nós. Conforme um objeto se afasta de nós, seu tamanho na nossa retina diminui. Entretanto, às vezes, o cérebro aplica esse princípio geométrico relacionando o tamanho da imagem retiniana à distância, e cria uma percepção errônea (uma ilusão). As ilusões de Ponzo, Terror Subterra e Müller-Lyer são bons exemplos dessa má aplicação. Em todos esses casos o cérebro julga, incorretamente, que os dois objetos envolvidos na ilusão, que têm o mesmo tamanho na imagem retiniana, estão a distâncias diferentes, e assim, erroneamente, torna maior na nossa percepção o objeto avaliado como mais distante.

## Você aprendeu os conceitos? | 3

- Explique por que o processamento perceptual requer tanto o processamento ascendente quanto o descendente.
- Explique como o processamento descendente envolvido em efeitos do contexto sobre a percepção é semelhante àquele envolvido no uso do princípio organizacional da Gestalt de fechamento.
- Explique por que ver uma de suas professoras em uma mercearia do seu bairro faz com que fique mais difícil reconhecê-la.
- Explique por que a aplicação, por parte do cérebro, da relação geométrica entre o tamanho da imagem retiniana de um objeto e sua distância de nós leva o cérebro a criar as ilusões de Ponzo, Müller-Lyer e da lua.

# Guia de Estudo

## Termos-chave do capítulo

Você precisa saber as definições dos seguintes termos-chave do capítulo. Eles estão listados na ordem em que aparecem. Quando não souber algum termo, volte à seção relevante do capítulo para aprendê-lo. Quando achar que sabe todos eles, complete o exercício correspondente baseado nestes termos-chave.

limiar absoluto	fóvea	processamento descendente
teoria da detecção de sinal	adaptação ao escuro	predisposição perceptual
limiar de diferença	teoria tricromática	efeito contextual
lei de Weber	misturas aditivas	princípio de figura e fundo
lei de potência de Stevens	misturas subtrativas	fechamento
adaptação sensorial	cores complementares	contorno subjetivo
comprimento de onda	teoria do processo oponente	constância perceptual
amplitude	células ciliadas	percepção de profundidade
frequência	surdez nervosa	disparidade retiniana
transdução	surdez condutiva	perspectiva linear
acomodação	teoria do lugar	interposição
miopia	teoria da frequência	
hipermetropia	princípio da sarávada	
retina	sensação	
bastonetes	percepção	
cones	processamento ascendente	

## Exercício sobre os termos-chave

Identifique o termo correto para cada uma das seguintes definições. As respostas deste exercício vêm após as respostas de "Você aprendeu os conceitos?", no final do capítulo.

1. A focalização de ondas de luz de objetos de diferentes distâncias diretamente na retina.
2. Um problema visual em que as ondas de luz de objetos próximos focalizam atrás da retina, borrando as imagens desses objetos.
3. Uma teoria da visão das cores que supõe a existência de três tipos de cones, cada um ativado apenas por intervalos de comprimento de onda de luz correspondentes, aproximadamente, ao azul, ao verde e ao vermelho.

4. O uso, por parte do cérebro, de conhecimentos, crenças e expectativas para interpretar informações sensoriais.

5. O princípio organizacional perceptual da Gestalt de que o cérebro completa figuras incompletas para formar objetos significativos.

6. A nossa sensibilidade a estímulos imutáveis e repetitivos desaparece com o passar do tempo.

7. A perda auditiva criada por lesão em uma das estruturas do ouvido responsáveis por transportar a informação auditiva até o ouvido interno.

8. O número de vezes que uma forma de onda faz um ciclo em um segundo.

---

9. A magnitude percebida de um estímulo é igual à sua intensidade física real elevada a uma potência constante, e essa potência constante é diferente para cada tipo de julgamento sensorial.

---

10. A diferença mínima entre dois estímulos sensoriais detectados 50% das vezes.

---

11. Comprimentos de onda de luz que, quando somados, produzem o branco.

---

12. Uma teoria da percepção de tons segundo a qual a frequência da onda de som é imitada pelo índice de descarga de toda a membrana basilar.

---

13. Uma linha ou forma que é percebida como estando presente, mas que na realidade não existe. O cérebro a cria durante a percepção.

---

14. A estabilidade perceptual do tamanho, da forma, do brilho e da cor de objetos familiares vistos a distâncias variadas, diferentes ângulos e em diferentes condições de iluminação.

---

15. O processo pelo qual os bastonetes e os cones, por meio de mudanças químicas internas, se tornam crescentemente sensíveis à luz em condições de obscuridade.

---

### Perguntas práticas

As seguintes perguntas práticas de múltipla escolha testam os conteúdos do capítulo. As respostas são dadas no final do capítulo, após as respostas do "Exercício sobre os termos-chave". Se você chutou ou errou alguma

**resposta, estude novamente a seção relevante do capítulo.**

1. A quantidade de energia em um estímulo sensorial detectado 50% das vezes se chama \_\_\_\_\_.
  - a. limiar de diferença
  - b. limiar absoluto
  - c. índice de falso alarme
  - d. índice de omissão
2. Se uma pessoa está utilizando um critério muito rígido em uma tarefa de detecção de sinal, o índice de falso alarme será \_\_\_\_\_ e o índice de omissão será \_\_\_\_\_.
  - a. alto; alto
  - b. alto; baixo
  - c. baixo; alto
  - d. baixo; baixo
3. De acordo com a lei de Weber, se  $c = 1/50$ , o limiar de diferença de um estímulo padrão de 100 unidades será \_\_\_\_\_.
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 5
  - d. 10
4. Comprimentos de onda de luz vermelha são \_\_\_\_\_ e comprimentos de onda de luz violeta são \_\_\_\_\_.
  - a. longos; longos
  - b. longos; curtos
  - c. curtos; longos
  - d. curtos; curtos
5. Os bastonetes na retina são responsáveis pela visão \_\_\_\_\_ e os cones são responsáveis pela visão \_\_\_\_\_.
  - a. das cores; na obscuridade
  - b. em luz brilhante; na obscuridade
  - c. das cores; em luz brilhante
  - d. na obscuridade; das cores
6. De acordo com a teoria do processo opONENTE da visão das cores, se você fixar o olhar em um círculo azul por um instante e depois mudar o olhar para uma superfície branca, verá uma pós-imagem circular \_\_\_\_\_.

- a. azul  
 b. verde  
 c. amarela  
 d. preta
7. A transdução de ondas de som em impulsos neurais é realizada \_\_\_\_\_.  
 a. pelo tímpano  
 b. pela janela oval  
 c. pelo martelo, bigorna e estribo  
 d. pelas células ciliares na membrana basilar
8. A melhor explicação de como percebemos tons baixos (<500 Hz) é a teoria \_\_\_\_\_, e a melhor explicação de como percebemos tons altos (> 5.000Hz) é a teoria \_\_\_\_\_.  
 a. do lugar; do lugar  
 b. do lugar; da frequência  
 c. da frequência; do lugar  
 d. da frequência; da frequência
9. A predisposição perceptual é um bom exemplo de \_\_\_\_\_.  
 a. princípio de figura e fundo  
 b. constância perceptual  
 c. processamento ascendente  
 d. processamento descendente
10. Qual das seguintes é uma deixa de profundidade binocular?  
 a. perspectiva linear  
 b. interposição  
 c. disparidade retiniana  
 d. todas as respostas acima
11. Qual é o propósito da transdução?  
 a. aumentar a intensidade de um estímulo para que o cérebro consiga detectá-lo mais facilmente  
 b. traduzir a energia física em sinais neurais que o cérebro é capaz de compreender  
 c. determinar se um estímulo é detectável ou não  
 d. integrar sinais visuais com sinais auditivos
12. Lesões nas células ciliares na cóclea causam surdez \_\_\_\_\_, e a \_\_\_\_\_ ocorre quando ondas de

luz de objetos distantes entram em foco na frente da retina.

- a. nervosa; miopia  
 b. condutiva; miopia  
 c. nervosa; hipermetropia  
 d. condutiva; hipermetropia

13. Mesmo que a imagem do seu cachorro em sua retina mude conforme ele corre para pegar um bastão, você não o percebe como ficando menor. Que processo de percepção explica esse fenômeno?  
 a. predisposição perceptual  
 b. constância perceptual  
 c. adaptação ao escuro  
 d. acomodação
14. Perceber ou um vaso ou dois perfis um diante do outro foi usado para ilustrar o princípio da Gestalt de \_\_\_\_\_; perceber dois caracteres ambíguos numéricamente como 13 ou alfabeticamente como a letra B foi usado para ilustrar \_\_\_\_\_.  
 a. fechamento; contornos subjetivos  
 b. figura e fundo; efeitos contextuais  
 c. fechamento; efeitos contextuais  
 d. figura e fundo; contornos subjetivos

15. Embora o relógio de pulso de Henry o incomodasse quando ele o pôs no braço, um pouco depois ele nem sequer percebia que estava usando um relógio. Isso ilustra a \_\_\_\_\_.  
 a. acomodação  
 b. adaptação sensorial  
 c. percepção subliminar  
 d. constância perceptual

### Respostas de "Você aprendeu os conceitos?"

#### Você aprendeu os conceitos? | 1

- Os dois tipos de limiar receberam definições estatísticas porque os dados experimentais não permitiram uma definição absoluta. Não houve nenhum ponto de mudança tipo "tudo ou nada" nos resultados observados quando os pesquisadores psicofísicos tentaram medir os limiares absoluto e de diferença.

- Ao mudar de um critério de decisão muito fraco para um muito rígido, o índice de falso alarme da pessoa diminuiria e o índice de comissão aumentaria. Essas mudanças aconteceriam porque a pessoa deixaria de dizer "sim" na maior parte do tempo e passaria a dizer "não" na maior parte do tempo.
- Uma fração constante realmente grande na lei de Weber indicaria que os julgamentos de diferença nesse tipo de julgamento sensorial não são muito bons; é necessária uma proporção maior do estímulo padrão para que uma diferença seja percebida.
- É adaptativo que o expoente seja maior do que 1 para formas de energia física perigosas, porque então perceberíamos um *input* fraco desse tipo como muito mais intenso do que realmente é. Isso, possivelmente, nos permitiria escapar antes de sermos expostos a uma energia mais intensa desse tipo.

#### Você aprendeu os conceitos? | 2

- Na miopia, temos dificuldade em ver objetos distantes porque suas imagens entram em foco na frente da retina; na hipermetropia, temos dificuldade em ver objetos próximos porque suas imagens entram em foco atrás da retina. Os problemas de focalização podem ser devidos a defeitos no cristalino ou na forma do globo ocular.
- Depois de fixar a bandeira com listras amarelas e brancas alternadas e um bloco verde no centro, as partes amarela, branca e verde dos três sistemas de processo oponente estariam fatigadas e, portanto, incapazes de se opor às partes azul, preta e vermelha desses sistemas quando você olhasse para a folha de papel branca. Assim, em vez de enxergar branco, você veria a pós-imagem de uma bandeira com listras azuis e pretas alternadas e um bloco vermelho no centro. Depois que as partes opostas dos três sistemas se recuperassem, a pós-imagem da bandeira desapareceria e você veria a superfície branca.
- Comprimentos de onda mais longos levam a frequências mais baixas porque eles só podem fazer um ciclo poucas vezes por segundo. Da mesma forma, comprimentos de onda mais curtos levam a frequências mais altas

porque conseguem fazer um ciclo mais vezes por segundo.

- Nenhuma das teorias, sozinha, consegue explicar como ouvimos todo o intervalo de tons, de 20 a 20.000Hz, porque cada teoria é incapaz de explicar a percepção do tom de uma parte específica desse intervalo. A teoria do lugar não consegue explicar como percebemos tons baixos (< 500Hz) porque não há nenhum lugar de descarga máxima ao longo da membrana basilar para essas frequências. O índice de descarga de toda a membrana imita essas frequências. Igualmente, a teoria da frequência não consegue explicar como percebemos tons altos, aqueles superiores a 5.000Hz, porque existe um limite fisiológico no índice de descarga das células. Mesmo que empreguemos o princípio da saraivada, esse limite é cerca de 5.000 vezes por segundo. Isso significa que as células ciliares não podem gerar índices de descarga correspondentes às frequências altas.

#### Você aprendeu os conceitos? | 3

- O processamento perceptual requer ambos os tipos de processamento, porque sem o ascendente você não teria nada a perceber, e sem o descendente você não teria conhecimento algum a utilizar para interpretar o *input* ascendente.
- A semelhança é que, em ambos os casos, o cérebro utiliza o processamento descendente para completar a percepção. Nos efeitos de contexto, o cérebro usa o contexto presente para completar a percepção, determinando o que seria significativo naquele contexto específico. No fechamento, o cérebro usa a parte incompleta de um objeto para determinar como deveria ser a parte restante para que aquele fosse um objeto significativo.
- É mais difícil reconhecer sua professora porque ela está em um contexto muito diferente. Seu cérebro é lançado em um "loop perceptual" porque ela não se encaixa nesse contexto (fora da sala de aula). É por isso que seu cérebro leva mais tempo para encontrar o conhecimento descendente relevante.
- Os tamanhos da imagem retiniana dos dois objetos em cada caso são iguais, porque os dois objetos têm o mesmo tamanho real e

estão equidistantes de nós. Entretanto, deixa de distância levam o cérebro a acreditar, erroneamente, que um dos dois objetos está mais longe. Portanto, o cérebro aumenta o tamanho do objeto que pensa estar mais distante, pois esse teria de ser o caso para ser válida a relação geométrica entre o tamanho da imagem retiniana e a distância de nós. Por exemplo, na ilusão de Ponzo, a deixa de distância de perspectiva linear leva o cérebro a pensar que a linha horizontal superior está mais longe. Como as duas linhas horizontais têm um tamanho idêntico de imagem retiniana, o cérebro utiliza a relação geométrica e, erroneamente, cria uma ilusão, tornando a linha superior maior na nossa percepção.

#### **Respostas do “Exercício sobre os termos-chave”**

1. acomodação
2. hipermetropia
3. teoria tricromática
4. processamento descendente
5. fechamento
6. adaptação sensorial
7. surdez condutiva
8. frequência

9. lei de potência de Stevens
10. limiar de diferença
11. cores complementares
12. teoria da frequência
13. contorno subjetivo
14. constância perceptual
15. adaptação ao escuro

#### **Respostas das “Perguntas práticas”**

1. b; limiar absoluto
2. c; baixo; alto
3. b; 2
4. b; longos; curtos
5. d; na obscuridade; das cores
6. c; amarela
7. d; pelas células ciliares na membrana basilar
8. c; da frequência; do lugar
9. d; processamento descendente
10. c; disparidade retiniana
11. b; traduzir a energia física em sinais neurais que o cérebro é capaz de compreender
12. a; nervosa; miopia
13. b; constância perceptual
14. b; figura e fundo; efeitos contextuais
15. b; adaptação sensorial

Agora volte para a Figura 3.8, na página 115, e você verá, facilmente, o cachorro dálmata.



## A questão da diferença

Qual é a menor diferença de brilho entre duas luzes ou de altura entre dois sons que somos capazes de detectar? Para responder a essas perguntas sobre quanta diferença precisa existir entre os estímulos para que os percebamos como diferentes, os psicofísicos variam a quantidade de diferença de energia física entre dois estímulos claramente detectáveis (duas luzes ou dois sons) e pedem à pessoa que responda “sim” ou “não” com relação ao fato de os estímulos (luzes ou sons) serem diferentes. Com esse procedimento, os primeiros pesquisadores psicofísicos pensavam que poderiam medir o limiar da pessoa para perceber uma diferença de intensidade entre dois estímulos. Entretanto, como na medição do limiar absoluto, os resultados não revelaram um valor fixo de limiar, de modo que o **limiar de diferença** precisou ser definido, estatisticamente, como a diferença mínima entre dois estímulos detectada 50% das vezes. Outro nome para o limiar de diferença é “diferença apenas perceptível” (*just noticeable difference*, ou JND).

**Lei de Weber.** Ao medir o limiar de diferença das pessoas, os psicofísicos apresentavam dois estímulos em cada tentativa e variavam a quantidade de diferença entre eles a cada tentativa. É importante compreender como eles manipularam a quantidade de diferença entre as tentativas: mantinham sempre igual a intensidade de um estímulo e mudavam a intensidade do outro a cada tentativa. O estímulo que não mudava era chamado de estímulo padrão, e aquele cuja intensidade variava a cada tentativa era o estímulo de comparação. Por exemplo, o estímulo padrão para julgar diferenças em pesos erguidos poderia ser de 20 libras, e os estímulos de comparação seriam vários pesos inferiores ou superiores a 20 libras. Em uma tentativa o peso de comparação poderia ser de 19,5 libras, 21 libras na próxima, e assim por diante.

Ernst Weber, um psicofísico alemão do século XIX, descobriu que os limiares de diferença e as intensidades do estímulo padrão usados para medi-los têm uma relação muito regular. Em termos simples, a **lei de Weber** diz que, para cada tipo de julgamento sensorial que podemos fazer, o limiar de diferença medido é uma fração constante do valor do estímulo padrão usado para medi-lo. Por exemplo, para julgar o brilho de luzes a constante é 0,08, mas para a altura de tons é 0,05 (Teghtsoonian, 1971). Uma constante menor significa que diferenças menores podem ser detectadas para aquele tipo de julgamento sensorial. Para compreender a lei de Weber, vamos considerar a percepção de diferenças em pesos erguidos. A constante para pesos erguidos é 0,02, ou 1/50. Se o estímulo padrão utilizado para determinar o limiar de diferença fosse de 100 libras, o limiar seria de 2 libras. Se o padrão fosse 200 libras, o limiar seria de 4 libras. Qual seria o limiar de diferença para um estímulo padrão de 1.000 libras? Seria de 20 libras (1/50 de 1.000). Os pesquisadores descobriram que a lei de Weber vale para a maioria dos tipos de julgamento sensorial, mas não para estímulos de intensidade muito baixa ou muito alta (Gescheider, 1976).

Na vida cotidiana, a lei de Weber significa que a nossa capacidade de perceber uma diferença é relativa à intensidade de fundo da constante. Por exemplo, em uma sala pouco ilumi-

**limiar de diferença** A diferença mínima entre dois estímulos sensoriais detectada 50% das vezes. O limiar de diferença, às vezes, também é referido como diferença apenas perceptível (*just noticeable difference*, ou JND).

**lei de Weber** Para cada tipo de julgamento sensorial que podemos fazer, o limiar de diferença medido é uma fração constante do valor do estímulo padrão usado para medi-lo. Essa fração constante é diferente para cada tipo de julgamento sensorial.