



Estereogramas e Op Art: ilusão de óptica em sala de aula

Tudo o que mexe com a nossa imaginação é no mínimo emocionante. Perceber mensagens ocultas e imagens onde aqueles mais distraídos nada conseguem enxergar é sem dúvida muito curioso. E as pinturas em telas onde pessoas retratadas parecem nos acompanhar com os olhos? O que diríamos então das imagens em 3D,¹ ou aquelas composições abstratas que parecem movimentar-se? Será que realmente o que estamos vendo é real? Quando estamos diante de uma imagem ou cena e observamos algo e/ou algum efeito que não existe naquela imagem estamos diante de uma ilusão de óptica.

A ilusão de óptica se refere a sensações produzidas pelo sistema visual humano. Essa sensação faz com que vejamos coisas que na realidade não existem ou nos permite que vejamos o “que é real” no mínimo de um modo um pouco diferente [1]. Embora ilusão de óptica não seja arte, podemos obter uma produção artística fazendo uso de diversos recursos, e dentre esses recursos um apresenta ilusão de óptica.

Existem diversos tipos de ilusão de óptica e qualquer um deles pode ser trabalhado em sala de aula sendo extremamente interessante e motivador, despertando a curiosidade, a criatividade e o raciocínio dos alunos, tanto para desvendar o segredo das imagens como para criar novas figuras a partir das técnicas aprendidas. Alguns tipos de ilusão de óptica não são fáceis de serem observados como por exemplo os estereogramas, imagens escondidas e ambíguas.

Alguns tipos de ilusão de óptica

Existem vários tipos de ilusão de óptica.

Dentre esses tipos alguns são mais fáceis de serem trabalhados em sala de aula. Nesse artigo vamos classificá-los em sete tipos, dando um maior enfoque para os estereogramas e a op art. As *imagens ambíguas* são consideradas ilusões de óptica porque se referem a imagens que contêm mais de uma cena na mesma imagem. As *imagens escondidas*, como o próprio nome sugere, são imagens que em uma primeira observação não apresentam nada além do que está sendo visto em um primeiro momento. A surpresa aparece depois de algum tempo de observação. Já a ilusão de óptica formada por *imagens impossíveis* refere-se a imagens incríveis, mas correspondem a situações completamente impossíveis. Palavras escritas com cores específicas que confundem nosso cérebro durante a leitura também são um tipo de

ilusão de óptica, porém formada por *letras* ao invés de imagens. Após efeito é um tipo de imagem onde, após um determinado tempo de observação, revela novas imagens. Outro tipo de ilusão de óptica muito interessante

são as *imagens anáglifas 3D* ou visão em 3D ou ainda estereoscópicas. O resultado é decorrente de possuímos uma visão binocular (dois olhos). Quando fechamos um dos olhos, perdemos muito da noção de distância entre os objetos. Esse efeito acontece devido à distância entre os olhos que captam a imagem de um mesmo objeto em diferentes posições. A superposição de todas essas imagens nos dá a ilusão de uma terceira dimensão. Conseguimos enxergar uma imagem em 3D porque fazemos um reconhecimento tridimensional dos objetos que nos cercam. Esse reconhecimento é feito utilizando a experiência que temos do mundo tridimen-

A ilusão de óptica se refere a sensações produzidas pelo sistema visual humano. Essa sensação faz com que vejamos coisas que na realidade não existem ou nos permite que vejamos o “que é real” no mínimo de um modo um pouco diferente

Fabiana Cristina Nascimento

Departamento de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil.

E-mail: fabianacristina@uepg.br

Carla Emilia Nascimento

Departamento de Artes Visuais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil.

E-mail: carlimilia@hotmail.com

Esse artigo é resultado de uma oficina ministrada para acadêmicos dos cursos de bacharelado e Licenciatura em Física e Licenciatura em Artes Visuais da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) promovido em 2009 no II Workshop Paranaense de Arte e Ciência [1]. Nessa oficina os acadêmicos puderam discutir e apresentar ideias para se trabalhar a ilusão de óptica em sala de aula em diferentes disciplinas, como física, arte, matemática, biologia, geometria e história. Dentre os diversos tipos de ilusão de óptica é dado um maior enfoque nos estereogramas e na op art.

sional em que vivemos. Na observação de *imagens anáglifas*, é importante a noção de profundidade. Nós possuímos uma visão estereoscópica, ou seja, cada um de nossos olhos recebe uma imagem diferente do mundo ao redor. Baseado nessa diferença de um olho para o outro e na posterior junção das duas imagens pelo cérebro é que temos a noção de profundidade. Julian Beever é um exemplo de artista que utiliza desse recurso para dar um efeito 3D em suas obras. Ainda temos como exemplos de ilusão de óptica os estereogramas e a op art, os principais desse artigo. Todos os exemplos citados podem ser trabalhados em sala de aula. No entanto, os estereogramas podem despertar mais o interesse dos alunos porque revelam “mensagens ocultas” que nem todos conseguem observar. Já a op art sugere a ilusão de movimento nas imagens. Vamos discutir em maiores detalhes esses dois tipos de ilusão de óptica.

Estereogramas

Estereogramas referem-se a figuras espaciais representadas no plano. Essas figuras somente podem ser percebidas como espaciais porque temos dois olhos. Essa ilusão de óptica pode ser percebida devido à capacidade que nossos olhos têm de enxergar imagens repetidas horizontalmente como se elas estivessem em diversas profundidades, dispostas em distâncias alteradas [2]. Mas nem todas as pessoas conseguem ver um estereograma. E é aí que entra a parte divertida de se trabalhar diversos conceitos em sala de aula. As pessoas que por algum problema de visão enxergam com apenas um olho, ou que apresentam uma variação muito grande na visão de um olho para o outro, podem não conseguir ver um estereograma. Para quem tem dificuldade de perceber esse tipo ilusão de óptica existem duas técnicas: a primeira consiste em olhar fixamente para um ponto qualquer atrás da figura. Já a segunda técnica consiste em fixar o olhar em um ponto focalizado entre os dois olhos em direção à figura (olhar estrábico). Em qualquer um dos métodos é preciso relaxar. Quando algo começa a acontecer na figura é importante não tentar manter essa sensação, pois isso só vai servir para que ela desapareça. Ter um ambiente com boa iluminação e livre de reflexos sobre a figura é fundamental. A percepção de profundidade observada nesse tipo de ima-

gem é possível devido ao fato de que avaliamos distâncias através de impressões chamadas indicadores de profundidade. Os indicadores mais importantes nesse aspecto são os que atuam com os dois olhos, que são os seguintes: experiência, visão estereoscópica, movimento e perspectiva. Podemos avaliar a distância de um determinado objeto através do movimento. Por exemplo, quando estamos dentro de um veículo em movimento podemos perceber que os objetos maiores são os que se encontram mais próximos, e os menores são os que se encontram mais distantes. Pouco tempo atrás a produção de estereogramas exigia muitos cálculos de perspectiva, tornando o trabalho complexo e imperfeito. Hoje em dia programas de computador facilitam o trabalho, sendo necessário somente colocar as medidas das coordenadas x , y e z . O programa Stereograma Explorer 2.4 build 248 é um programa que pode ser baixado e instalado gratuitamente no computador. Pode-se criar imagens lindíssimas e curiosas. As imagens apresentadas nas Figs. 1a e 1b são exemplos de estereogramas obtidos usando esse programa. Na

Os estereogramas podem despertar mais o interesse dos alunos porque revelam “mensagens ocultas” que nem todos conseguem observar

Nós possuímos uma visão estereoscópica, ou seja, cada um de nossos olhos recebe uma imagem diferente do mundo ao redor. Baseado nessa diferença de um olho para o outro e na posterior junção das duas imagens pelo cérebro é que temos a noção de profundidade

Fig. 1a, depois de um tempo de observação, poderá ser vista a imagem oculta (3D) saindo do plano da figura. Trata-se de um tanque de guerra. Da mesma forma, na Fig. 1b a imagem oculta é um avião. Além de muita paci-

ência, essas imagens foram programadas para serem visualizadas a uma distância de aproximadamente 15 cm. Nos programas atuais as distâncias corretas para visualização das imagens secretas são pro-

gramáveis. Também existe a possibilidade de fazer as imagens divergirem ou convergirem do plano da figura.

Programas similares podem ser obtidos em sites de busca e são de acesso gratuito, o que facilita o uso em sala de aula, sendo um recurso a mais para utilização nos laboratórios de informática.

Op art

Abreviação do termo inglês *Optical Art*, trata-se de um tipo de arte abstrata que, através do uso de fenômenos ópticos, faz com que uma obra pareça vibrar, pular e cintilar. As ilusões visuais são elaboradas com base no conhecimento da psicologia da percepção e são geometricamente precisas [3]. Se comparada a outras manifestações artísticas, a op art é descaracterizada de apelo emocional, sendo cerebral e sistemática. Seu desenvolvimento situa-se em meados da década de 1950, tendo como representante teórico o húngaro radicado na França Victor Vassarely, que trabalhou em construções em preto e branco (Fig. 2a). O alemão Josef Albers fundou nos Estados Unidos um outro tipo de op art, baseada na relação de cores e formas geométricas (Fig. 2b). Richard Anuszkiewicz, aluno de Albers, destacou-se pelo uso de tons frios e quentes em elaborações menos rígidas do que as de seu professor (Fig. 2c).

É importante salientar que qualquer reprodução feita de uma obra de op art (fotografia ou vídeo) limita o efeito visual da composição, seja pela alteração no tamanho da composição ou nas cores empregadas [4-6].

Em sala de aula, o estudo da op art pode ser iniciado através da realização de testes simples de percepção. Esse tipo de exercício é recebido com muita descontração e curiosidade pelos alunos que passam



Figura 1 - Exemplos de estereogramas. (a) imagem oculta: um tanque de guerra e (b) imagem oculta: um avião.

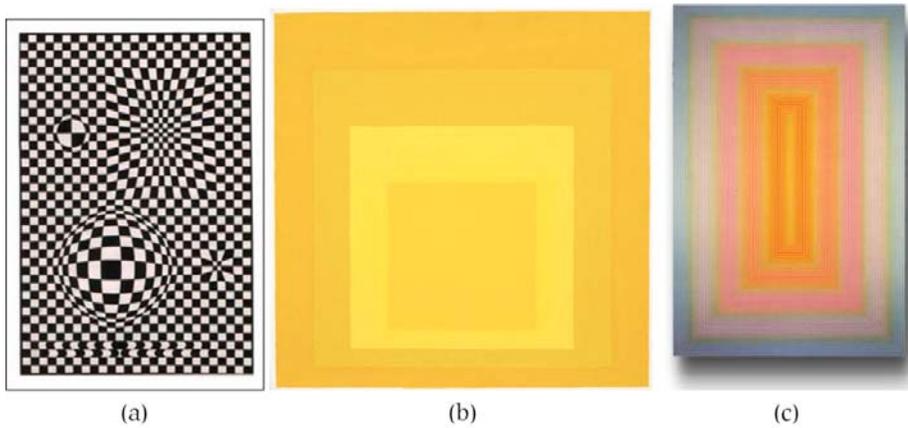


Figura 2 - (a) Vega (1957), 1,95 m x 1, 29 m, de Victor Vasarely. (b) Homage to the Square (1964), 45, 72 cm x 45,72 cm, de Josef Albers. (c) Entrance to Green (1970), 2,74 m x 1,83 m, de Richard Anuszkiewicz. Fonte: http://www.albersfoundation.org/Albers.php?inc=Galleries&i=J_8.

a ter maior atenção nas imagens e estímulos que recebem, conforme os exemplos apresentados na Fig. 3.

Olho humano

Existem várias formas utilizadas para a visualização de objetos, mas sem dúvida o funcionamento do olho humano é fascinante. Trata-se de uma complexa estrutura que captura a luz e a transforma em impulsos elétricos que, uma vez chegados ao cérebro, são interpretados como imagens. Nas Figs. 4a e 4b é apresentado o desenho esquemático de algumas partes importantes do olho. O cristalino (Fig. 4a) é responsável por capturar a luz e formar a imagem na retina. O bulbo ocular (Fig. 4b) apresenta a localização dos músculos que permitem orientação em quase todos os sentidos. O reto superior é responsável por inclinar o músculo para cima. O reto lateral gira

lateralmente e o reto inferior é responsável pela inclinação para baixo. O músculo oblíquo inferior é responsável pelo giro para o alto, lateralmente [7]. Na retina, onde são formadas as imagens, estão ramificações do nervo óptico que terminam em pequenas estruturas chamadas bastonetes e cones [8].

Bastonetes são estruturas oculares que distinguem as diferentes intensidades de brilhos (preto e branco). Eles cuidam da visão em condições de pouca luz. Cones são responsáveis pela visão a cores e pelos detalhes da imagem. A retina contém cerca de 100 milhões de bastonetes e 7 milhões de cones

Os bastonetes e cones recebem a imagem óptica e a transmitem ao cérebro por meio do nervo óptico.

A Fig. 5 apresenta um esquema dos cones e bastonetes. Os bastonetes distinguem as diferentes intensidades de brilhos (preto e branco). Os bastonetes cuidam da visão em condições de pouca luz, e os cones são os responsáveis pela visão de cores e detalhes. Quando a luz entra em contato com estes dois tipos de células, ocorre uma série de reações químicas complexas. O composto químico formado (rodopsina ativada) cria impulsos elétricos no nervo óptico. Geralmente,

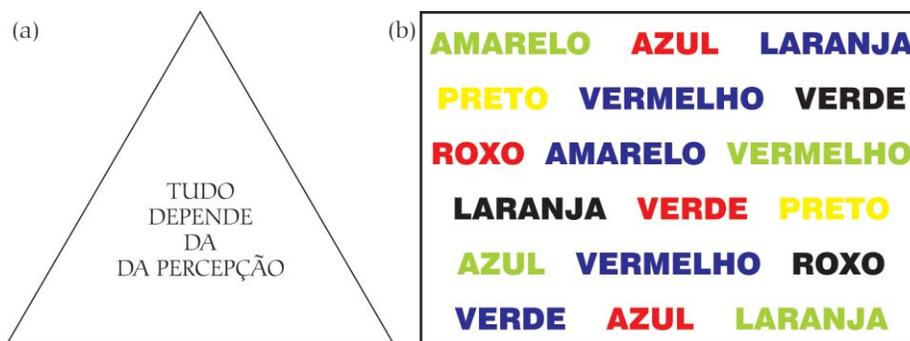


Figura 3 - Exemplos de testes de percepção.

o segmento exterior dos bastonetes é longo e fino, enquanto os segmentos externos dos cones são mais parecidos com cones. O segmento externo de um bastonete ou cone contém os compostos químicos sensíveis à luz. Nos bastonetes, este químico é chamado de rodopsina. Nos cones, são chamados pigmentos de cor [9].

A retina contém aproximadamente 100 milhões de bastonetes e 7 milhões de cones. A retina possui uma área central que contém alta concentração somente de cones. Esta área é a responsável pela visão detalhada e precisa [8].

Assuntos que podem ser abordados com uma imagem de ilusão de óptica

Em particular os estereogramas e a op art podem facilmente ser trabalhados em sala de aula tratando assuntos que vão desde o Ensino Fundamental ao Ensino Médio. Em ambos os tipos de ilusão de óptica, foco principal desse artigo, poderão ser trabalhados assuntos como cores fundamentais, cores complementares, pigmentos, disco de Newton, reflexão e refração da luz, funcionamento do olho humano, geometria, perspectiva, contraste, formas geométricas e história da arte; tudo dependerá da série a ser trabalhada e do aprofundamento de cada conteúdo.

Materiais e métodos

Os materiais a serem utilizados dependerão do tipo de ilusão de óptica a ser trabalhado. Excelentes trabalhos podem ser produzidos utilizando papel, lápis preto e/ou colorido, tinta ou ainda colagem, dependendo muito do tempo disponível em sala de aula. O uso de formas simples (quadrados, triângulos, linhas retas, espirais, círculos) com algumas noções de perspectiva poderá resultar em uma belíssima ilusão de movimento. Exemplos de imagens com ilusão de óptica podem ser encontrados em diversos sítios da internet [1-2, 10-11]. No entanto, a grande maioria das produções artísticas não vem acompanhada do nome do artista, exceto alguns estereogramas produzidos com finalidade competitiva.

Além dos exemplos apresentados nesse artigo, alguns tipos de ilusão de óptica poderão ser trabalhados com imagens obtidas com câmera digital ou telescópios. É o caso do tamanho aparente da Lua cheia. É uma das ilusões de óptica mais fascinantes a serem trabalhadas em sala de aula. O diâmetro aparente da Lua cheia (quando nasce no leste) parece maior que seis horas mais tarde, quando a Lua está sobre nossas cabeças. Existem diversas explicações para essa ilusão de óptica [13].

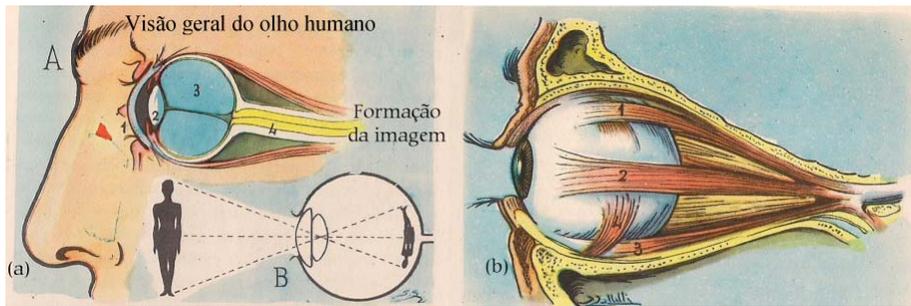


Figura 4 - (a) Desenho esquemático do olho humano. A - visão geral: 1 - córnea, 2 - cristalino, 3 - corpo vítreo e 4 - nervo ótico; B - formação de imagem. (b) bulbo ocular com seus músculos: 1 - reto superior, 2 - reto lateral, 3 - reto inferior e 4 - oblíquo inferior. Figuras extraídas da Ref. [7].

A hipótese mais aceita atribui essa ilusão ao contraste com o tamanho dos objetos terrestres distantes, como casas, edifícios e árvores. Quanto mais longe o objeto, menor o tamanho da imagem que ele projeta sobre nossas retinas. O cérebro se acostuma, desde que nascemos, a associar pequenas imagens de objetos cujo tamanho conhecemos ao fato deles estarem distantes de nós. O tamanho da imagem da Lua na retina não muda durante a noite. A comparação com imagens de objetos terrestres distantes, quando ela está no horizonte, é que faz com que a imagem da Lua pareça muito maior do que ela é.

Conclusões

Os acadêmicos dos cursos de Licenciatura em Física e Licenciatura em Artes Visuais e Bacharelado em Física da UEPG

As produções de estereogramas são pouco trabalhadas em sala de aula, talvez pela pouca divulgação dos recursos disponíveis, mas os acadêmicos participantes da oficina de ilusão de óptica manifestaram grande entusiasmo ao desvendar várias formas escondidas nos estereogramas. A possibilidade do uso de programas de acesso livre facilita o uso desse recurso em sala de aula, desperta a curiosidade e promove a interdisciplinaridade

que participaram da oficina de ilusão de óptica [1] conseguiram produzir exemplos de op art em um tempo de aproximadamente 2 horas. Diferentes estereogramas foram produzidos em cerca de 5 minutos utilizando o programa Stereograma Explorer. Em discussão com os participantes, em sua grande maioria já atuantes no ensino, o recurso de ilusão de óptica é excelente para trabalhar diversos conteúdos já mencionados. Trata-se de um método simples e divertido quando bem direcionado. Um dos pontos negativos se refere ao pouco tempo disponibilizado para o trabalho em sala de aula, havendo necessidade da finalização do trabalho em casa. Os participantes que já trabalharam o tema op art em sala de aula afirmaram que tiveram uma resposta bastante positiva dos alunos.

Na prática as produções dos estereogramas são pouco trabalhadas em sala de

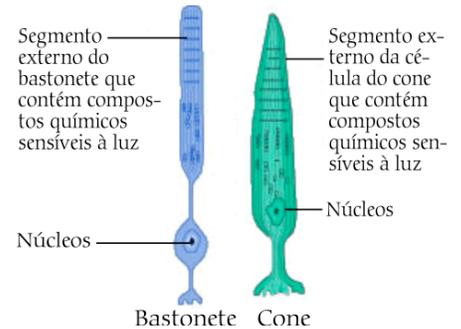


Figura 5 - Esquema ilustrativo dos bastonetes e cones. Figura extraída da Ref. [9].

aula. Talvez uma das dificuldades esteja relacionada à pouca divulgação dos recursos disponíveis. Os acadêmicos participantes da oficina de ilusão de óptica manifestaram grande entusiasmo ao desvendar várias formas escondidas nos estereogramas, como as apresentadas na Fig. 1. A possibilidade do uso de programas de acesso livre facilita o uso desse recurso em sala de aula, desperta a curiosidade e promove a interdisciplinaridade.

Nota

¹Desde a década de 1950 a indústria cinematográfica procura desenvolver a tecnologia em 3D através do uso de óculos especiais, responsáveis pela ilusão tridimensional através da justaposição de imagens, que entre outros inconvenientes causavam dor de cabeça. Recentemente, o lançamento de *Avatar*, filme de ficção científica escrito e dirigido por James Cameron (2009), abriu o caminho para uma nova onda de filmes em 3D que começa a entrar em cartaz nos cinemas do mundo todo. Atualmente, as pesquisas concentram-se em abolir o uso dos óculos e disponibilizar a tecnologia 3D para uso doméstico.

Referências

- [1] F.C. Nascimento, in *II Workshop Paranaense de Arte-Ciência: Os 400 Anos da Invenção do Telescópio e seus Desdobramentos na Arte* (UEPG, Ponta Grossa, 2009). Apostila publicada em CD-ROM.
- [2] Disponível em <http://www.ilusaodeotica.com.br>. Acesso em nov. 2009.
- [3] Ian Chilvers, *Dicionário Oxford de Arte* (Martins Fontes, São Paulo, 2001).
- [4] H.W. Janson e A.F. Janson, *Iniciação à História da Arte* (Martins Fontes, São Paulo, 1996).
- [5] Texto corrigido: T.R. Rosseto, in: *Arte. Ensino Médio* (Secretaria do Estado de Educação, Curitiba, 2006), p. 127-141.
- [6] Disponível em <http://www.historiadaarte.com.br>. Acesso em 11 nov. 2009.
- [7] Olhos. *Trópico: Enciclopédia Ilustrada em Cores* (Martins S.A., São Paulo, 1960), v. 1, p. 13-15.
- [8] F. Sears, M.W. Zemanski e D.Y. Hugh, *Física. Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica* (LTC, Rio de Janeiro, 1994), p. 831-854.
- [9] Como funciona a visão. Disponível em <http://www.Howstuffworks.com>. Acesso em 19 nov. 2009.
- [10] Disponível em <http://www.obvious.com.br>. Acesso em 23 nov. 2009.
- [11] Disponível em www.ilusao.com.br. Acesso em 27 nov. 2009.
- [12] Disponível em www.fisica.ufc.br. Acesso em 27 nov. 2009.
- [13] F.L. da Silveira e A. Medeiros, *Física na Escola* **7**(2), 67-69 (2006).