

## Review Paper

DOI: 10.53681/c1

# OP ART: DA ILUSÃO ÓTICA AO SISTEMA RETINO-NEURO-FISIOLÓGICO

*Op Art: from optical illusion to the retino-neuro-physiological***JOÃO PEDRO MANAIA**<sup>1</sup>Concitualização / Investigação  
/ Escrita – Rascunho Original  
ORCID: 0000-0003-0467-913X<sup>1</sup> Instituto Pedro Nunes -  
Laboratório de Ensaios, Desgaste  
e Materiais (LED&MAT)**Autor Correspondente:**João Pedro Manaia,  
joamanaia@netcabo.pt |  
joamanaia@ipn.pt**RESUMO**

Este artigo investiga a relação dos efeitos óticos da Op Art na percepção visual e os seus efeitos no sistema retino-neuro-fisiológico, com o intuito de explorar e compreender os processos que desencadeiam as reações físicas e as sensações ilusórias no observador. A Op Art evidencia que a realidade, incluindo ciência, são subjetivos. A percepção visual é individual, cada individuo tem a sua própria percepção e o nosso sistema retino-neuro-fisiológico confirma a natureza individual (o subjetivo) da observação. As leis científicas são construídas, através dos nossos sentidos, como a observação, que difere de pessoa para pessoa. Ao observar efeitos óticos como padrão moiré, imagens fantasmas, pós-imagens, cores equiluminates o corpo e a mente do observador experimentam uma nova realidade, que é desconhecida. A Op Art demonstra que não existe apenas uma realidade, mas múltiplas realidades e este enigma é o cunho da Op Art.

**PALAVRAS-CHAVE**Op Art, Ilusão ótica, Percepção visual,  
Sistema retino-neuro-fisiológico.**ABSTRACT**

The relationship between the optical effects of Op Art on the retino-neuro-physiological system, which allows the visual perception possible, are investigated in this article, with the aim of exploring and understanding the processes that trigger physical reactions and illusory sensations in the observer. Op Art highlights that reality, including science, is subjective. Visual perception is individual, each individual has their own perception and our retino-neuro-physiological system confirms the individual nature (subjective) of observation. Scientific laws are constructed, through our senses, as an observation, which differs from person to person. When observing optical effects such as moiré patterns, ghost images, after-images, equiluminant colors, the body and mind of the observer experience a new reality, which is unknown. Op Art demonstrates that there is not just one reality, but multiple realities and this enigma is the hallmark of Op Art.

**KEYWORDS**Op Art, Optical illusion, Visual perception,  
Retino-neuro-physiological system.**Data de submissão:**  
07/07/2024**Data de aceitação:**  
27/06/2025

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o seu surgimento, em meados da década de 60, a Op Art caracteriza-se como uma arte de transformação psicológica, na qual, a sua estética foca-se essencialmente nos efeitos psicofisiológicos da visão, através dos efeitos óticos e estímulos a partir de uma superfície bidimensional, que se altera durante o ato de observação, gerando respostas preceptivas e dinâmicas. Estas respostas, provocam no observador imagens e sensações ilusórias, através da ativação da visão e do seu corpo que sente e responde aos estímulos visuais e que em casos extremos podem provocar o estado de desorientação, náuseas ou o desmaio.

A tentativa de dar respostas às reações que são desencadeadas, são exploradas neste artigo, numa tentativa de oferecer uma visão mais ampla sobre o que as determina e desvendar a importância da nossa percepção individual na compreensão de como criamos a realidade que nos submerge.

Foi elaborado um plano organizador do processo de investigação para desenvolvimento do estudo, tendo sido aplicada uma metodologia qualitativa, dedutiva e não intervencionista, composta por (Laurel, 2003):

- Síntese e atualização da literatura publicada, reunindo e avaliando as informações existentes. Para assegurar o pragmatismo e eficácia do estudo, foram considerados os principais autores que se dedicaram ao estudo da Op Art, tanto na sua vertente teórica/crítica, como os que ligados mais à ciência tentaram explicar muitos dos seus efeitos óticos. Autores como: Cyril Barrett, filósofo e historiador de arte, um dos primeiros autores a publicar um livro sobre a Op Art, Eduardo Durana no seu trabalho de investigação sobre as Transições de Fase e Percepção Visual, Christine Humphrey na sua investigação sobre a “Op Art: Perceptions of Reality”, Margaret Livingstone, professora e neurocientista da Faculdade de Medicina da Universidade de Harvard e autora do livro “Vision and Art: The Biology of Seeing”, Josef Albers, um dos mais proeminentes artistas da Op Art e o seu livro “Interaction of Color” fazem parte da bibliografia deste artigo.
- Dado o volume de artistas da Op Art, foram apenas considerados os que, cuja produção artística contemplasse os efeitos óticos e os mecanismos que suportam ou contrariam as teorias sobre a percepção visual, neste estudo.
- Da análise, interpretação e cruzamento da informação coletada com exemplos de efeitos óticos da Op Art, originou um estudo original.

O presente artigo está organizado em 6 secções. A contextualização da Op Art e os seus fenómenos visuais são explorados na secção 2. Dois conceitos básicos - cor e luminância - são explicados na secção 3. A percepção visual, o sistema retino-neuro-fisiológico e o processamento visual são esmiuçados na secção 4. A secção 5, relaciona os efeitos óticos da Op Art com os mecanismos do sistema retino-neuro-fisiológico e a percepção visual. Por fim as notas finais são dadas na secção 6.

## 2. OP ART

Op Art (nome abreviado de “Optical Art”, Arte Óptica em Português) é um movimento artístico que conheceu o seu apogeu na década de 60, impulsionado pela exposição “The Responsive Eye” de 1965 no Museu de Arte Moderna de Nova York. Com a curadoria de William Seitz, “The Responsive Eye”, até certo ponto foi o primeiro “blockbuster” da arte contemporânea, pelo fascínio, impacto visceral e instantâneo que provocava no público. As obras apresentadas eram abstratas com efeitos óticos, que destacavam o uso de linhas paralelas, retas e curvas, figuras geométricas simples, uso de justaposição de cores com nuances cromáticas ou acromáticas, como o contraste preto e branco ou variações em tons de cinza, o padrão moiré, imagens residuais e distorções espaciais (Rimanelli & Rich, 2007). A popularidade e emergência deste movimento, deveu-se não só à criação de ilusões óticas, apoiadas nos fenómenos da percepção visual, através da psicologia da Gestalt, no estudo

e aplicação de cores complementares, na repetição de elementos simples, exclusão da perspectiva e ambiguidades espaciais, caracterizada por um forte apelo perceptual direto, sem simbolismos ou associações, mas também devido aos grandes desenvolvimentos tecnológicos e científicos relacionados com o sistema retino-neuro-fisiológico, do marketing e da massificação do consumo. A Op Art gerou um enorme impacto no campo do design, moda e publicidade (Manaia, 2019).

O catálogo de “Optic Nerve: Perceptual Art of the 1960s” da exposição realizada em 1960 no Museu de Arte de Columbus em Ohio (anterior à exposição “The Responsive Eye”), descreve a importância da Op Art, na arte contemporânea afirmando: “o movimento Op Art foi pioneiro na integração da tecnologia na arte, inovou o conceito de participação do espectador e introduziu um ênfase na experiência imersiva, ideias que a arte contemporânea abraça e incorpora atualmente” (Houston, 2007, p.12) [1].

A Op Art envolve a percepção visual, o corpo e a experiência do espectador, cujo o foco assenta em confundir o sistema retino-neuro-fisiológico, que responde aos estímulos óticos, gerados através de métodos rigorosos, científicos ou intuitivos e programados. Estes estímulos, afetam determinados processos fisiológicos do olho e do cérebro, os quais normalmente não temos consciência da sua existência (Barrett, 1970).

A Op Art aponta tanto para uma natureza sensível, reação e resposta do espectador como para a própria experiência individual. O espectador torna-se um elemento integrante e indispensável da obra, pois cada um tem a sua própria interpretação. Joe Houston, acrescenta: “a Op Art dá ênfase às experiências sensoriais individuais e às respostas psicológicas de cada espectador, permitindo que cada um tenha uma reação única às obras apresentadas” (Houston, 2007, p.22) [2]. A Op Art ao provocar stress no sistema retino-neuro e ao próprio corpo do espectador que reage ao estímulo visual, faz com que este, ao ter maior consciência de si, possa ser levado a questionar as razões pelas quais o sistema retino-neuro-fisiológico e o corpo têm determinada reação, assim como se possa questionar sobre a maneira de como o nosso cérebro processa as imagens e o modo de como construímos o mundo em que vivemos por meio da nossa percepção (Houston, 2007).

Na Op Art, os efeitos óticos passaram a ser a própria representação e o corpo como o espaço da experiência. Abstracionista na sua essência, a Op Art deve muito aos precursores do abstracionismo geométrico como Malevitch e ao suprematismo e construtivismo que rejeita qualquer alusão à natureza. Rompe com a representação do real e passa a adotar uma nova linguagem plástico-pictórica: O mundo da não-representação. A influência do futurismo na Op Art expressa-se através da representação do movimento virtual, como em “electric lamp” do futurista Giacomo Balla e o seu forte efeito de cintilação ótica (Barrett, 1970).

A cor foi uma fonte frutífera para os artistas da Op Art, muito influenciados pela obra de Georges Seurat e os neoimpressionistas. É a partir do efeito ótico da mistura das cores pelo olho que está a base da relação do pontilhismo com a pintura da Op Art. Também os pós-impressionistas, como Wassily Kandinsky, e a “exploração da cor pura”, foram precursores da Op Art. A pintura *Broadway Boogie-Woogie* de Piet Mondrian, combina linhas verticais e horizontais, cores primárias e quadrados que produzem um efeito ótico cintilante, inspirado na grelha urbana de Manhattan (Barrett, 1970).

Os artistas mais proeminentes deste movimento são Josef Albers, Yacov Agam, Carlos Cruz-Diez, Jesús Rafael Soto, Julio Le Parc, François Morellet, Victor Vasarely, Bridget Riley, Youri Messen-Jaschin, Richard Anuszkiewicz, Tadasuke Kuwayama, Edna Andrade, Frank Stella, Benjamin Cunningham e Julian Stanczak (Manaia, 2020).

Muitos destes artistas expuseram os seus trabalhos em conjunto, trabalharam durante o auge do movimento da Op Art e foram alunos de Josef Albers, artista alemão e professor na Bauhaus. Foi Josef Albers, que em 1963, publicou a obra “Interaction of Color” onde fez uma análise abrangente da percepção da cor e das suas interações, que influenciou profundamente a educação e prática artística no século XX. Albers afirma: “Quando se compreende realmente que cada cor é alterada por uma mudança de ambiente, acaba-se por descobrir que se aprendeu tanto sobre a vida como sobre a cor” (Albers, 2023, p.32) [3]. Diferentes áreas do cérebro, assim como diferentes processos de percepção visual - o sistema

retino-neuro-fisiológico - são responsáveis por funções visuais específicas, tais como a percepção de movimento, cor e profundidade. As ilusões óticas da Op Art, permitem estudar os diferentes processos de percepção visual, o seu funcionamento e o modo de como construímos a realidade que nos envolve (Humphrey, 2008).

ponto de partida para o estudo do sistema retino-neuro-fisiológico e da nossa percepção visual. O objetivo de compreender a realidade e as suas múltiplas possibilidades, através dos fenómenos ilusórios, sempre estiveram na base da inspiração na Op Art (Humphrey, 2008).

### 3. COR E LUMINÂNCIA

A cor de um objeto depende do comprimento de onda da luz que ele reflete, as três variáveis que são utilizadas para caracterizar uma cor são a: matiz, saturação e brilho. A luminância é definida como a intensidade luminosa por unidade de área e corresponde ao brilho de uma superfície que emite ou reflete essa intensidade luminosa (lumínico – que se processa sob a dependência da luz). As cores que observamos todos os dias dependem da quantidade de luminância recebida. As informações recebidas e processadas pelo olho, são na sua grande maioria, resultado de variações luminosas, isto é, o ser humano vê através dos contrastes, que podem ocorrer de duas formas, ou pela cor ou pela luminância. A luminância, em arte está associada ao brilho de uma cor, ou ao contraste de luz e sombra numa imagem. Margaret Livingston em “Vision and art: the biology of seeing” sublinha que, tanto para a visão humana como para a arte, a luminância é a qualidade mais importante na percepção visual, pelo modo como define elementos visuais como: formas, texturas, cores e linhas. A ciência da cor, luminância e as suas interações, foram exploradas por Josef Albers, tanto de uma maneira formal para construir a sua arte, como para uma elaboração mais ampla de educar o olhar e para promover a consciência. Albers reconheceu nas cores a inconstância, a subjetividade e a variabilidade da percepção visual (Livingstone, 2014).

### 4. PERCEÇÃO VISUAL - SISTEMA RETINO-NEURO-FISIOLOGICO

Através da visão, há uma percepção do mundo, e tem no olho o órgão recetor da luz. Foi no princípio do século XVII, por Johannes Kepler, que foi desvendado o funcionamento do olho humano. A visão ocorre pela formação de uma imagem invertida na superfície posterior do olho, onde existe uma membrana designada por retina (Leonardo, 2005).

O sistema retino-neuro-fisiológico e o processo cognitivo de apreensão da realidade, estão continuamente a processar a informações do “instante real”, na presença de luz, os raios passam pela córnea, íris, pela abertura da pupila, pelo cristalino e pelo interior do globo ocular, convergindo na retina, onde sensores nervosos específicos são estimulados. A retina é sensibilizada quimicamente, e os raios de luz são convertidos em impulsos bioelétricos, que depois são transportados através do nervo ótico até o córtex cerebral (Boyce, 2014).

A retina é composta por três camadas: a camada mais externa da retina, que contém os fotorreceptores - os cones e os bastonetes, a camada mais interna, denominada camada de células ganglionares, estas fazem a ligação com o nervo ótico e comunicam diretamente com o cérebro, e a camada intermédia na qual existem células bipolares e horizontais, as quais unem funcionalmente as células dos cones e dos bastonetes às células ganglionares. A camada mais externa da retina contém fotorreceptores que transformam a luz em impulsos bioelétricos permitindo, que o cérebro os interprete como imagens e estão agrupados em duas classes: os cones e os bastonetes. Na área central da retina, há uma interrupção da concentração de cones e bastonetes, no denominado ponto cego, que corresponde à localização do nervo ótico (Gallardo, 2001).

Os cones são elementos que se ativam, quando há presença de luz de forma intensa e estão localizados na região central da retina, diretamente no caminho da luz a partir do cristalino e são as responsáveis pela visão de cores. Existem três tipos de cones – S, L, M

(comprimentos de onda curtos, longos e médios), de acordo com a frequência de comprimento de onda ao qual são sensíveis. Os cones L, são sensíveis prioritariamente à ação do comprimento de ondas longas, e produzem a sensação do que denominamos de vermelho, produzindo secundariamente as sensações do verde e violeta. Os cones M, são sensíveis ao comprimento de ondas médias, produzindo prioritariamente, a sensação do que denominamos de verde e secundariamente produzem as sensações do vermelho e violeta. Os cones S, são sensíveis prioritariamente ao violeta (azul violeta) e secundariamente são sensíveis ao vermelho e verde. A relação da quantidade dos cones L, M, S distribuídos é, respectivamente, de 32:16:1 (Boyce, 2014).

Já os bastonetes são elementos capazes de atuar com iluminação menos intensa e são menos sensíveis à cor. Os bastonetes têm como função a análise e detecção de movimento e funcionam como um sensível detetor de contrastes lumínico de preto, branco e cinzas. Na visão diurna, os cones realizam a principal função, sendo que os bastonetes, são os principais responsáveis pela visão noturna. No entanto, os bastonetes continuam ativos durante a visão diurna, contribuindo principalmente para a percepção de movimentos (Neitz, Carroll, & Neitz, 2001).

Existem dois tipos de células bipolares, centro-on e centro-off e comunicam com as células ganglionares centro-on ou centro-off respectivamente. Estas denominações estão associadas ao tipo de campo recetivo das células ganglionares da retina. As células bipolares centro-on têm a característica de inverter a polarização em relação ao fotorreceptor que com elas comunica, ou seja, despolarizam com aumento de luz. As células bipolares centro-off têm a característica de manter a polarização em relação ao fotorreceptor que com elas comunica. Portanto hiperpolarizam com aumento da luminosidade (Durana, 2006).

As células ganglionares integram sinais provenientes de várias células (campo recetivo) e ocupam uma área aproximadamente circular, constituída por uma região central e outra periférica. As células ganglionares, podem ser de três tipos: “midget”, “parasol” e “small bistratified”. As chamadas células “midget” conectam-se à via magnocelular com uma célula bipolar e um cone, as células “parasol” conectam-se à via parvocelular às células bipolares e com os bastonetes e os cones tipo M e L. A informação dos cones tipo S são transmitidas através das células bipolares, que se ligam às células “small bistratified” (Durana, 2006).

As células “midget”, situam-se principalmente na região central da retina e possuem uma alta resolução, enquanto que as células “parasol” situam-se mais na periferia e como recebem a informação de vários cones apresentam menor resolução espacial (responsáveis pela percepção de movimento, detecção de pequenas diferenças de luminosidade). Entre estas camadas encontramos as células ganglionares “small bistratified” (Durana, 2006).

A resposta das células ganglionares em relação a sinais provenientes de regiões diferentes não é igual. “Há antagonismo entre a informação proveniente do centro e da periferia. Uma célula ganglionar que responda de modo positivo ao aumento de luminância no centro e diminuição da luminância na periferia, é designada centro-on, no caso contrário é centro-off” (Durana, 2006, p.9). Os campos recetivos centro-on e centro-off sobrepõem-se de modo a que cada ponto da superfície retiniana seja analisado por várias células ganglionares centro-on e centro-off.

#### 4.1. O processamento visual

O sistema retino-neuro-fisiológico que torna possível a percepção visual, contém uma grande quantidade de subsistemas especializados. A partir da sensibilização dos fotorreceptores, existentes na retina, que transformam a luz em impulsos bioelétricos, a informação cromática, a detecção de movimento e a percepção de profundidade, é transmitida para o cortex cerebral através da via magnocelular, enquanto que a informação cromática, a percepção de padrões e da forma, é transmitida através da via parvocelular.

O processamento neural da informação visual começa no córtex occipital, sendo neste que se encontram as células simples (reagem fortemente a linhas ou arestas segundo orientações específicas) e complexas (são sensíveis à orientação do estímulo, mas contrariamente às

células simples, são menos sensíveis à sua posição). Esta informação é depois enviada para o córtex temporal e o córtex parietal. O sistema – “what” (o quê) – é a via que transmite a informação ao córtex temporal, e tem um papel importante na identificação dos objetos, reconhecimento facial e está dependente da cor para a percepção visual. Por sua vez, a via que transmite a informação ao córtex parietal é designada por sistema – “where” (onde) - e informa sobre a localização de um objeto, a percepção de movimento, de profundidade, dos contrastes, diferenciação figura/fundo e só responde à luminância (Gomes, 2012).

“O facto de a visão depender de múltiplos subsistemas especializados levanta o problema de descobrir como se integram os pedaços de informação separados para formar um todo perceptivo coerente. Este problema é designado por problema da interligação e continua a ser objeto de intensa investigação” (Gomes, 2012, p.10). Certas ilusões de ótica, fornecem pistas sobre os mecanismos que estão ou não por detrás de determinado efeito perceptivo.

## 5. OP ART E A PERCEÇÃO VISUAL - SISTEMA RETINO-NEURO-FISIOLÓGICO.

Os efeitos óticos são utilizados cientificamente para estudar os mecanismos que suportam ou contrariam as teorias sobre a percepção visual. Doravante, serão utilizados os conceitos discutidos anteriormente para a compreensão de alguns efeitos óticos da Op Art.

A organização das células ganglionares, centro-periferia explica muitos dos efeitos óticos da Op Art na percepção visual. As rápidas e constantes respostas ao aumento de luminância numa região “on” do campo recetivo ou diminuição da luminância numa região “off”, e vice-versa, redução de luminância numa região “on” do campo recetivo ou aumento da luminância numa região “off, provoca na percepção visual pontos escuros onde eles não existem - imagens fantasmas. A pintura “Fall” de Bridget Riley (Fig.1) é um exemplo desse efeito ótico.



**Fig. 1**  
Pintura “Fall” de Bridget Riley.  
(Riley, 1963)

Outros efeitos óticos podem ser experimentados na pintura “Fall” como o efeito de movimento que pode ser explicado pela oscilação causada pela organização centro-periferia do campo recetivo das células ganglionares e o tempo de resposta mais lento, porque o processamento é tanto maior quanto maior a excentricidade das regiões correspondentes do campo recetivo, cujas imagens formadas na retina têm pior qualidade. Pois na periferia é onde os efeitos das aberrações se fazem notar com maior intensidade. A pós-imagem (persistência de uma imagem na retina) induzida pela adaptação prévia ao estímulo visual pode ser provocado pelo branqueamento dos fotorreceptores dos bastonetes e cones nos quais o processamento dos sinais nas células ganglionares é inibida uma outra causa poderá dever-se à adaptação neural na retina (Shimojo, Kamitani, & Nishida, 2001). As células ganglionares respondem melhor à determinação de contrastes acentuados, “mas são limitadas na correta determinação da intensidade luminosa de uma superfície ou nas mudanças graduais na luminância” (Durana, 2006, p.29). Isto explica a ambiguidade em termos de intensidade luminosa, quando dois retângulos centrais cinza são iguais em termos de luminosidade e são colocados sobre fundos diferentes parecem diferir. O retângulo da direita parece mais escuro que o da esquerda, por a luminância envolvente ser mais clara (Fig.2).

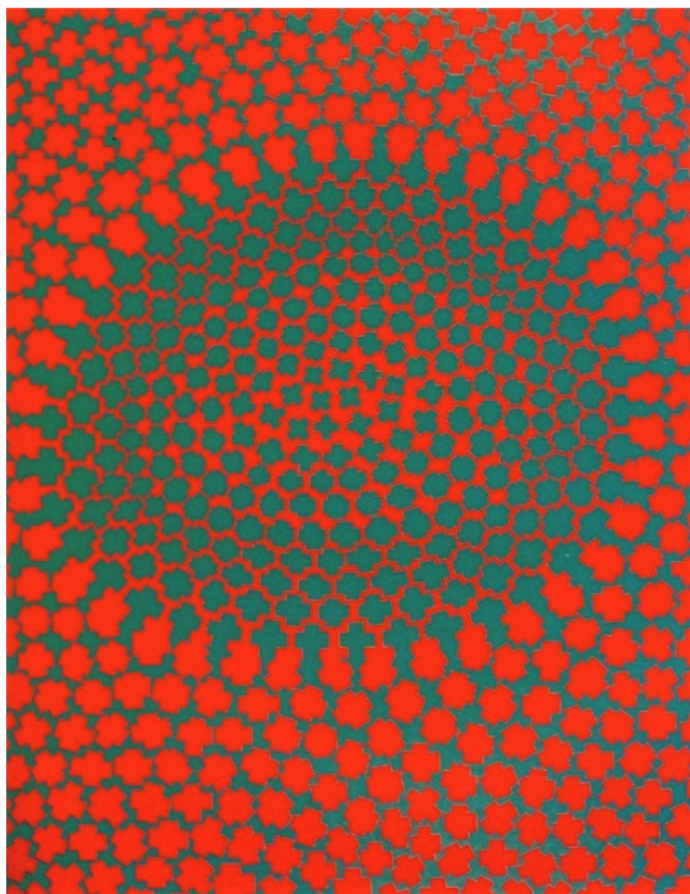


**Fig. 2**  
Ambiguidade na intensidade luminosa. Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta figura “podem ainda verificar-se dois outros fenômenos. Percebe-se um gradiente em cada lado, na imediação da fronteira entre os dois fundos, o que pode ser explicado através dos campos recetivos circulares com o antagonismo centro-periferia das células ganglionares da retina” (Durana, 2006, p. 29). Também se verifica que o tamanho aparente dos dois retângulos difere ligeiramente, no entanto são da mesma dimensão. Para explicar este fenômeno, “é necessário introduzir o conceito de difração como a distorção da luz por um obstáculo. Neste caso o obstáculo consiste nos bordos livres da íris. Como resultado a imagem correspondente a regiões com maior luminância, vão ser percebidas como tendo uma maior dimensão” (Durana, 2006, p. 30), devido à maior dispersão da luz. No livro “Interaction of Color”, Josef Albers expõe as ambiguidades da intensidade luminosa utilizando a cor, na mudança de fundo para uma outra cor, as mudanças graduais de luminância são ignoradas pelas células ganglionares, transmitindo a percepção visual, da mesma, ser ou mais clara ou mais escura, dependendo do fundo (Albers, 2023).

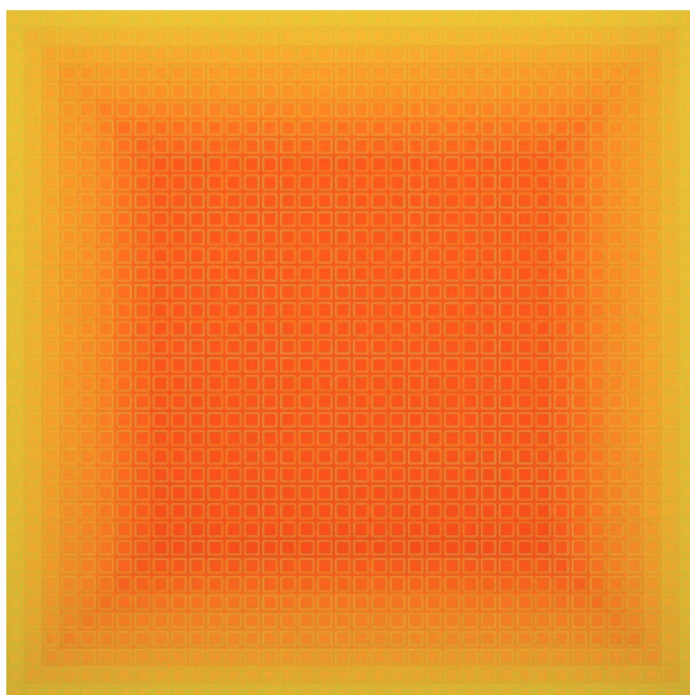
O sistema “where”, tendo como funções a percepção da profundidade através dos contrastes, da luminância e do movimento, foi muito explorado pelos artistas da Op Art, através da utilização de cores com a mesma luminância ou brilho (quando duas cores têm brilhos iguais, é difícil distinguir figura/fundo). Em “Impression Sunrise” de Claude Monet, o sol surge representado com um brilho não natural no céu, devido ao uso de cores equiluminantes, tornando a cena imóvel e sem posição. O sistema “what” vê as formas devido ao forte contraste de cores, mas o sistema “where” não consegue “vê-las” porque o céu e o sol são equiluminantes (Humphrey, 2008).

O mesmo acontece na pintura “Plus Reversed” de Richard Anuszkiewicz (Fig.3), artista da Op Art, na qual é utilizada a equiluminosidade. O sistema “what” identifica as formas devido ao forte contraste de cores, mas como o sistema “where” não consegue atribuir-lhes posições, fazendo com que a imagem pareça instável, nervosa e estonteante.



**Fig. 3**  
Pintura "Plus Reversed" de  
Richard Anuszkiewicz ("Richard  
Anuszkiewicz," 1960).

Dos ensinamentos de Josef Albers, Julian Stanczak em "Filtration" (Fig.4) usa as interações e energia da cor, criando diferentes justaposições de cores, produzindo com elas o efeito anteriormente descrito, no qual o olhar não se consegue fixar num ponto. O uso de múltiplas cores justapostas e a estrutura em grade, também apontam para o fascínio de Stanczak pelo espaço e pelas múltiplas visões que se pode ter da realidade (Costello, 2016).



**Fig. 4**  
PPintura "Filtration" de Julian  
Stanczak (Costello, 2016).

O efeito moiré ou padrão moiré é outro efeito ótico que ocorre quando dois padrões são colocados um em cima do outro, estando em planos opostos, sobrepostos e em movimento. É o espectador quem determina o movimento, a forma como o olho se move pela superfície. O efeito moiré dependem do ângulo, do padrão e da interseção com os olhos do observador. A pintura “Fall” de Bridget Riley (Fig.1), incorpora o movimento e a profundidade, que pode ser explicada pela repetição de padrões. A repetição do padrão bidimensional faz com que o campo recetivo da retina, confunda a correspondência das imagens, uma vez que estas de um modo irrequieto movimentam-se, ora para a frente, ora para trás do ponto focal. Outro efeito interessante na pintura “Fall”, são as curvas, estas têm larguras e distâncias diferentes, o que reforça a percepção de profundidade, provocando um movimento sensorial.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo, e de acordo com a metodologia delineada, foram estudados de uma forma abrangente, a anatomia e fisiologia do sistema visual, assim como diferentes processos de percepção visual - o sistema retino-neuro-fisiológico e alguns conceitos psicofísicos. Estes foram posteriormente relacionados com alguns dos efeitos óticos da Op Art, com o intuito de estudar a capacidade dedutiva e intuitiva da percepção visual. O sistema retino-neuro-fisiológico molda as nossas percepções visuais. A percepção visual baseada na visão pode falsear, como nas ilusões óticas da Op Art, nas quais a percepção visual da realidade é distorcida ou desorientada, motivando nos espetadores a introspeção e a questionarem-se do modo como a percepção individual revela o seu mundo e influência a sua realidade. Ao criar tensão e romper com equilíbrio quotidiano, a Op Art provoca uma reflexão dos pressupostos subjacentes, abrindo um mundo com múltiplas possibilidades. A Op Art demonstra que não existe apenas uma realidade, mas múltiplas realidades e este enigma é o cunho da Op Art.

Efeitos óticos como: padrão moiré, imagens fantasmas, pós-imagens, cores equilibradas, são fenómenos físicos, que estimulam a mente do observador, despoletando novas sensações e realidades até aí desconhecidas. A Op Art evidencia que a realidade, incluindo ciência, são subjetivos. As leis científicas, são construídas através dos nossos sentidos, como a visão, que difere de pessoa para pessoa. A percepção humana é individual, cada individuo tem a sua própria percepção, fruto das vivências/experiências/memórias passadas e o nosso sistema retino-neuro-fisiológico confirma a natureza individual (o subjetivo) da observação, como sendo um dos métodos de interpretação da nossa realidade.

Experimentar e estudar os efeitos óticos da Op Art, permite oferecer uma compreensão maior da nossa envolvente, de como se processam os estímulos visuais. Da mesma forma que necessitamos de conhecimento, da experiência vivida, para perceber, sentir, experimentar as imagens da Op Art, essas imagens também são usadas para perceber o mundo. Na Op Art a percepção individual é privilegiada, essa individualidade de experiências também inspirou os Op artistas, tornando a ideia da percepção individual como sendo a base para a formação do mundo. A Op Art permite que cada individuo traduza pessoalmente a sua percepção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albers, J. (2023). *Interaction of color* (50th ed.). Yale University Press.
- Barrett, C. (1970). *Op art*. Londres: Studio Vista.
- Boyce, P. (2014). *Human factors in lighting* (3rd ed.). CRC Press.
- Costello, E. (2016). *Julian Stanczak: From life*. Mitchell-Innes & Nash.
- Durana, E. (2006). *Transições de fase e percepção visual* (Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro). Repositório Institucional da Universidade de Aveiro. <https://ria.ua.pt/handle/10773/40255>
- Gallardo, A. (2001). *3D lighting: history, concepts and techniques* (1st ed.). Charles River Media.
- Gomes, L. F. O. (2012). *Influência da percepção humana no processo de visualização de dados* (Seminário de Investigação, Universidade do Porto). Repositório Aberto da Universidade do Porto). [https://web.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/relatorios/Seminario\\_VF\\_LeandroGomes.pdf](https://web.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/relatorios/Seminario_VF_LeandroGomes.pdf)
- Houston, J. (2007). *Optic nerve: Perceptual art of the 1960s*. Merrell Publishers.
- Humphrey, M. (2008). *Op art : Perceptions of reality* (Tese de doutoramento, Universidade of Louisville). Electronic Theses and Dissertations. <https://doi.org/10.18297/etd/653>
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2005). *Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem* (5th ed.). Bookman.
- Laurel, B. (2003). *Design research: Methods and perspectives*. MIT Press.
- Leonardo, A. J. F. (2005). *Segredos da luz e da matéria* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra). Repositório científico da UC. <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/12321>
- Livingstone, M. (2014). *Vision and art: The biology of seeing* (Expanded c). Abrams Books.
- Manaia, J. P. (2019). Op art : Origens, enquadramento e os seus fenómenos da percepção visual. *Revista Convergências*, 12(25), 1–5.
- Manaia, J. P. (2020). Bridget Riley e a Op Art: Natureza, percepção e representação. *Revista Convergências*, 12(25), 69–82. <https://doi.org/10.53681/c1514225187514391s.25.110>
- Neitz, J., Carroll, J., & Neitz, M. (2001). Color vision: Almost reason enough for having eyes. *Optics and photonic News*, 12(1), 26. <https://doi.org/10.1364/opn.12.1.000026>
- Anuszkiewicz, R. Plus Reversed (1969). <http://www.anuszkiewicz.com/paintings/1960s?page=1>
- Tate (2025). Fall de Bridget Riley (1963). <https://www.tate.org.uk/art/artworks/riley-fall-t00616>
- Rimanelli, D., & Rich, S. (2007). Beautiful loser: Op Art revisited. *Artforum International*, 45(9), 1–10.
- Shimojo, S., Kamitani, Y., & Nishida, S. (2001). Afterimage of perceptually filled-in surface. *Science*, 293(5535), 1677–1681.

## NOTAS

[1] “The Op Art movement pioneered the integration of technology into art, innovated the concept of viewer participation, and introduced an emphasis on immersive experience, ideas that contemporary art now embraces and incorporates” (Tradução do autor de Houston, 2007, p.12).

[2] “Op Art stresses the individual sensory experiences and psychological responses of each viewer, enabling everyone to have a unique reaction to the works featured” (Tradução do autor de Houston, 2007, p.22).

[3] “When you really understand that each color is changed by a changed environment, you eventually find that you have learned about life as well as about color” (Tradução do autor de Albers, 2023, p.32).

## NOTAS SOBRE AUTOR

### João Pedro Manaia

Licenciado em Design Industrial, pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (2007). Mestre em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento de Produto pela Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria (2012). Doutorado em Engenharia de Materiais pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2018). Trabalhou na indústria de moldes para plásticos e num projeto chamado FUTI – desenvolvimento de um veículo elétrico para ser produzido em Portugal. Atualmente desenvolve a sua atividade profissional como investigador, no Laboratório de Ensaios, Desgaste e Materiais (LED&MAT) no Instituto Pedro Nunes e como fotógrafo profissional. Diploma obtido pelo Instituto Português de Fotografia (2016). Tem vários artigos publicados em revistas científicas, assim como tem participado em conferências internacionais. A sua linha de investigação/interesses situam-se entre o design, arte e engenharia.

ORCID: 0000-0003-0467-913X / Ciência Vitae: 9C16-68B1-575E

### Reference According to APA Style, 7th edition:

Pedro Manaia, J., (2025) Op Art: da ilusão ótica ao sistema retino-neuro-fisiológico. *Convergências - Revista de Investigação e Ensino das Artes*, VOL XVIII (36), 159-170. <https://doi.org/10.53681/c1514225187514391s.36.289>

