

## A Óptica de Ibn al-Haytham – 1.000 anos de luz

Roberto de Andrade Martins

Instituto de Física de São Carlos, USP (pesquisador visitante); Programa de Pós-Graduação em  
Ciência, Tecnologia e Sociedade da UFSCar (professor visitante)

roberto.andrade.martins@gmail.com

Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham (aproximadamente 965-1040), conhecido no ocidente como Alhacen ou Alhazen, é um pensador islâmico homenageado no “Ano Internacional da Luz”. Cerca de mil anos atrás (não exatamente em 1015) escreveu seu “Livro de óptica”, *Kitāb al-Manāzīr*. Propôs que a visão se dá através da luz e das cores que se espalham em linha reta, para todos os lados, a partir de cada ponto da superfície dos objetos, e atingem o olho, nele produzindo uma réplica bidimensional que percebemos. Sua teoria não é aceita atualmente, mas foi um passo importante para a compreensão do processo visual. Teve grande influência na Europa, da Idade Média até o início do século XVII, quando Johannes Kepler (1571-1630) propôs as bases da teoria da visão que ainda utilizamos.

Este trabalho apresentará a teoria da visão de Alhacen, comparando-a com as de seus antecessores e mostrando algumas de suas limitações.

Diversos pensadores da Antiguidade grega tentaram compreender como conseguimos enxergar coisas que estão distantes de nós, como árvores, montanhas, nuvens e estrelas. Como isso é possível?

Os antigos atomistas (de Leucipo e Demócrito até Lucretius) supunham que todos os objetos luminosos ou iluminados emitiam continuamente películas muito finas, constituídas por átomos, que se espalhavam para todos os lados, mantendo as características do objeto de onde tinham saído – cor, forma, brilho etc. Quando penetravam no olho, este percebia as características do objeto observado, já que estava em contato direto com esta réplica. Tal interpretação tinha problemas graves. Como a enorme película de uma montanha conseguiria penetrar em um olho?

Outra proposta, de pitagóricos e Empédocles, era que o olho emitiria um tipo de “fogo” que iria até os objetos, para produzir a visão – ou seja, uma teoria de emissão. Ela foi depois modificada por Platão. Segundo este, o olho emite um tipo de luz ou fogo visual; quando o ambiente em volta da pessoa está iluminado, tal fogo visual se combina com essa luz externa e forma raios que vão até os objetos externos, transmitindo suas características ao observador. É como se pudéssemos esticar dedos invisíveis até os objetos, tocá-los e perceber como eles são.

Aristóteles rejeitou as teorias anteriores sobre a visão. Considerou que não era razoável aceitar que saísse alguma coisa dos olhos que fosse capaz de atingir até mesmo as estrelas. Também considerou que se a visão fosse um tipo de contato, poderíamos enxergar os objetos encostando-os ao olho; mas isso não acontece.

Segundo Aristóteles, precisa existir um meio transparente entre o olho e o objeto; e é ele que atua sobre o olho e produz a visão. Os objetos visíveis produzem um efeito sobre o ar que está encostado neles e esse efeito (não material) pode passar instantaneamente até o olho do observador, onde é captado.

Alguns pensadores posteriores tentaram compreender como a aparência visual dos objetos se altera, conforme sua distância e posição em relação ao observador – um estudo depois denominado “perspectiva”. Euclides supôs que o olho produzia um feixe de raios visuais, que se espalhavam em linha reta até encontrarem algum objeto opaco (uma teoria de emissão). Cada um deles tocava um ponto do corpo observado permitindo ao observador saber sua posição (pela direção do raio) e outras propriedades. Autores posteriores, como Heron de Alexandria e Ptolomeu, também utilizaram essa hipótese, analisando geometricamente as propriedades dos raios visuais em espelhos (reflexão), assim como através de corpos transparentes (refração).

Galeno (século II d.C.) adotou uma teoria de emissão. Supôs que o poder vital (*pneuma*, em grego) visual seria enviado do cérebro, através dos nervos ópticos, até os olhos; sairia então e produziria uma alteração no ar, mas não iria até longe; o efeito produzido pelo *pneuma* seria transmitido até grandes distâncias pelo ar, quando este está iluminado, até atingir o corpo colorido e captar suas propriedades.

Galeno enriqueceu sua teoria da visão com muitas informações sobre a anatomia e a fisiologia do olho, distinguindo várias de suas partes. Ele supunha que o cristalino (“humor glacial”) era o principal órgão da visão; não atribuía importância à retina.

As primeiras pesquisas islâmicas sobre óptica que conhecemos foram desenvolvidos no século IX, por Abū Yūsuf Ya’qūb ibn Ishāq al-Kindī. Baseou-se, em grande parte, na tradição geométrica da perspectiva de Euclides, aceitando a hipótese dos raios visuais. No entanto, afirmou que todos os corpos do universo emitem raios de vários tipos e assim se influenciam uns aos outros. Através deles, as estrelas enviam suas influências sobre o mundo terrestre; os ímãs, o fogo, o som e as cores atuam também através de raios sobre sua vizinhança.

‘Abū Zayd Ḥunayn ibn ‘Ishāq (século IX) criticou a teoria de emissão de raios visuais argumentando que eles precisariam sair do olho e preencher todo o espaço, até os objetos mais distantes, o que parece implausível. Pelo contrário, na teoria de Galeno, esse espaço já está preenchido pelo ar, e o poder vital visual que sai do olho apenas toca o ar que está perto do olho; o ar, assim modificado, transmite essa ação à distância.

Os ataques islâmicos contra as teorias de emissão se tornaram mais fortes na obra de Abū ‘Alī al-Ḥusayn ibn ‘Abd Allāh ibn Sīnā (980-1037), mais conhecido no ocidente como Avicenna, um seguidor de Aristóteles. Criticou a teoria dos raios visuais argumentando que seria absurdo acreditar que um órgão tão pequeno (o olho) pudesse emitir alguma coisa capaz de preencher um hemisfério do universo. Além disso, se o olho percebesse os objetos quando os raios visuais o tocam, ele sempre os perceberia do mesmo tamanho que são, e as leis da perspectiva não valeriam.

Avicenna também criticou a teoria galênica de que os raios visuais modificam o ar e o tornam capaz de transmitir a visão. Se olhar para um objeto através do ar desse uma nova propriedade ao ar, então as pessoas míopes veriam melhor quando estivessem perto de outros; e uma pessoa com visão fraca veria melhor quando estivesse próxima a outra com visão mais forte – o que não ocorre.

Alhacen foi contemporâneo de Avicenna e também sofreu forte influência de Aristóteles. Porém, conseguiu unir elementos de muitas abordagens diferentes, empregando os recursos geométricos de Euclides e Ptolomeu e os conhecimentos anatômicos e fisiológicos de Galeno, produzindo uma teoria original sobre a visão.

Parte da contribuição de Alhacen consistiu em criticar as teorias anteriores. Porém, a refutação apresentada por Avicenna foi mais detalhada e completa. Nenhum deles provou que não saem raios dos olhos; mas Ibn al-Haytham mostrou que é problemático admitir sua existência e que a visão pode ser compreendida sem eles, sendo portanto inútil utilizar essa hipótese.

Alhacen inicia seu *Livro sobre óptica, Kitāb al-Manāẓir*, defendendo através de observações e argumentos que cada ponto de um objeto iluminado ou luminoso emite luz e cor em todas as direções (uma ideia já apresentada por al-Kindī). Portanto, se o olho está diante de um corpo visível, separado dele apenas por uma substância transparente, a luz e a cor do objeto (ou suas formas) atingirão e penetrarão no olho.

Ele defende, em seguida, que a luz e as cores produzem efeitos no olho. Uma luz muito brilhante (como a do Sol, ou a luz solar refletida por um espelho) pode produzir dor e dano ao olho. Além disso, o efeito de luzes brilhantes que atingem o olho tem certa duração: olhando para um lugar escuro depois de observar um corpo branco brilhante, não se consegue ver bem, durante algum tempo. Os objetos coloridos também produzem efeitos nos olhos, que duram algum tempo.

A abordagem de Ibn al-Haytham é fortemente experimental – como a de Ptolomeu também era, muitos séculos antes dele. Apresentou experimentos com tubos opacos, cordas e câmara escura para defender a propagação retilínea de todos os tipos de luz e cor. Mostrou, usando a câmara escura, que a luz e a cor provenientes de um objeto podem atravessar as provenientes de outro objeto sem se combinarem ou atrapalharem.

Um dos grandes sucessos da teoria dos raios visuais tinha sido a explicação de fenômenos de perspectiva e dos espelhos. Alhacen considerou que o uso de raios retilíneos é adequado, desde que se admita que são imaginários, ou seja, meras construções geométricas, sem realidade física. Invertendo a interpretação de Euclides e Ptolomeu e supondo que a luz caminha em linha reta dos objetos até os olhos, foi capaz de aproveitar todas as análises geométricas antigas e integrá-las à sua nova teoria. Adicionou, também, experimentos sobre reflexão e refração relativos à luz (e não à visão).

Alhacen manteve praticamente a mesma descrição do olho que havia sido apresentada por Galeno e outros autores; supunha que a parte sensível do olho era o cristalino (“humor glacial”). Este, sendo transparente, pode receber as formas; no entanto, como é denso, as formas não passam livremente por ele. Assim, as formas (luz e cor) se fixam na sua superfície; então, o “humor glacial” as percebe e essa sensação é sentida pela pessoa.

Segundo Alhacen, cada ponto de um corpo visível irradia luz e cor para todas as direções, seguindo linhas retas. Isso, no entanto, cria um problema para sua teoria de visão. Toda a superfície do cristalino recebe luz e cor de cada um dos pontos dos objetos que estão diante dele. Então, como pode ser percebida uma imagem nítida?

Quando a luz incide perpendicularmente na superfície de separação entre dois meios, ela passa sem se desviar; quando incide obliquamente, sofre um desvio. Ibn al-Haytham supôs que apenas os raios que chegam perpendicularmente à superfície do cristalino produzem efeitos visuais e isso é o que permite uma visão nítida dos objetos: de cada ponto luminoso ou iluminado do objeto, um único raio atinge a retina perpendicularmente e apenas esse raio transmite as propriedades de luz e cor desse ponto. No entanto, não tinha nenhum argumento razoável para mostrar que os raios defletidos não podem produzir efeitos visuais.

A teoria de Alhacen tem pontos fracos, comparados com a teoria dos raios visuais. Nesta, a distância até os objetos era percebida pelo comprimento dos raios visuais, que estão conectados ao olho da pessoa e que sentem essa distância. No caso da teoria de Alhacen, os raios de luz não permitem determinar a distância de onde vieram até o olho. Por isso, ele desenvolveu uma complexa análise psicológica (e não física ou fisiológica) para tentar explicar a percepção de distância.

Embora possamos considerar a teoria de Ibn al-Haytham como superior às anteriores, ela não as substituiu imediatamente. Alguns autores islâmicos posteriores continuaram e adotaram as hipóteses antigas, como Muḥammad Ibn ‘Aḥmad Ibn Rušd (1126-1198), conhecido no ocidente como Averroes.

Antes da aceitação no mundo islâmico, no entanto, a obra de Ibn al-Haytham foi traduzida para o latim (talvez em torno de 1200), começou a circular pela Europa e inspirou muitos autores, como Roger Bacon, Erazmus Witelo, John Pecham e outros. Embora nem todos aceitassem integralmente suas ideias, nesse período da Idade Média a Óptica começou a ser tratada como o estudo das propriedades da luz.

Foi Johannes Kepler quem, no início do século XVII, realizou uma nova revolução no que se refere ao processo visual. Ele aceitou que cada ponto dos objetos visíveis emite luz e cor para todos os lados e que a luz e a cor se propagam em linha reta, atingindo o olho e produzindo a visão; porém, negou que o cristalino fosse a parte sensível do olho, defendendo que esse papel era desempenhado pela retina; e abandonou a ideia de formação de uma réplica dos objetos no cristalino, substituindo-a pela de formação de uma imagem na retina, pelo cristalino, que atua como uma lente. Atualmente aceitamos, em grande parte, a interpretação de Kepler; mas o trabalho de Ibn al-Haytham foi um passo muito importante para a compreensão do processo de visão.

Este episódio nos ensina a valorizar os pesquisadores da Idade Média e também a perceber que houve avanços científicos importantes no mundo islâmico, ajudando a romper a visão eurocêntrica da história da ciência.