

Ibn Al Haytham e a óptica, por Joliane Olschowsky

Doutoranda em Comunicação e Estética do Audiovisual na ECAUSP, graduada em Física na USP e professora de Fotografia na Universidade Estadual de Santa Cruz em Ilhéus/BA

Apresentado no curso Panorama de Cultura Árabe, do Instituto de Cultura Árabe em 02/10/2006.

Falar sobre Al Haytham, Alhazem como ficou conhecido no ocidente, é falar de um passo importantíssimo no modo de ver *a visão* que, antes dele, era tida como subjetiva. Sua hipótese significou a possibilidade de encará-la como *objetiva*. Tal modo de ver possibilitou o ingresso das lentes no universo científico e sua conseqüente utilização como instrumento de descoberta de “mundos” nunca antes vistos.

Todo o conhecimento que temos hoje é uma continuidade e aproveitamento de idéias de pensadores que vieram antes de nós; Newton, por exemplo, ficou famoso por ter descoberto (ou inventado) a lei da gravitação, mas seguia a investigação em caminho trilhado antes por Galileu que, por sua vez, trabalhava por refutar as idéias de Aristóteles sobre queda dos corpos. O sábio grego continuava a pensar em coisas que outros sábios da antiguidade já haviam se indagado antes dele. Assim também Al Haytham seguiu uma tradição dando continuidade aos trabalhos de outros árabes, em particular Ibn Sahl e Al Quhi, que por sua vez retomavam trabalhos dos gregos dando prosseguimento à pesquisa sobre as várias disciplinas. Por este motivo começo minha abordagem retomando representações da Antiguidade.

As primeiras idéias sobre o mundo e a vida, as primeiras *representações*, não distinguiam ciência de religião. Arte era uma forma de divulgação científica (e religiosa). Voltando aqui para a 18ª dinastia egípcia, denominada Novo Reino, por causa de Akinathon, seu primeiro Faraó monoteísta, que revolucionou a *representação de mundo* da época (Fig.1).

Transferir toda a divindade para o Sol foi uma grande mudança. Se pensarmos que o Sol é uma estrela distante e que ela é quem garante a vida na Terra (e no sistema todo) e ainda por cima é quem garantia que garantia a visão diurna (a iluminação noturna da época não era como hoje), podemos pensar que naqueles dias:
SOL = VIDA

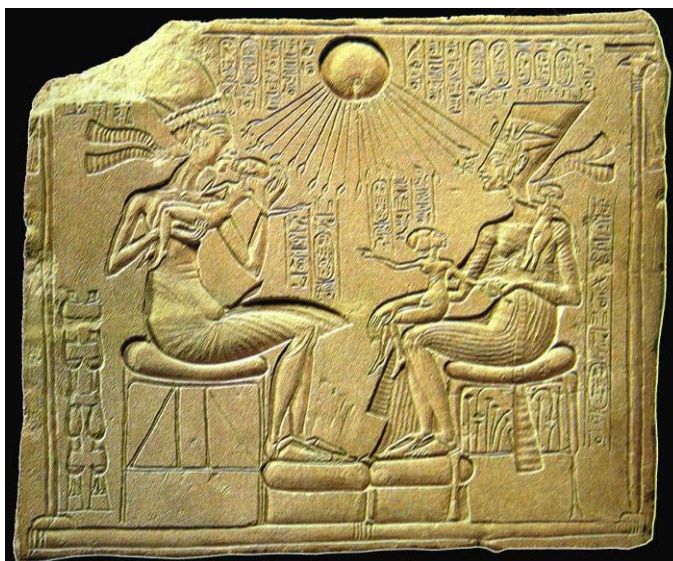


Fig. 1 - Akinathon e Nefertiti - 1350 a.C.

Dai a deificação do Sol ser “natural” e facilmente racionalizável. Nessa época era uma relação intuitiva e direta, porém não se pensava em luz como pensamos hoje. Talvez disséssemos:
SOL = LUZ = VIDA.

Como foi que mudou essa *representação* e por que é tão difícil ensinar e aprender a representação atual, a forma científica de ver a “visão”? As transformações sofridas pelas teorias ao longo da história podem apontar um caminho. Tento aqui pensar na física e na arte como formas de entender e representar o mundo. Tento estabelecer paralelos entre o que se

pensava em óptica, sobretudo *a visão*, e o que a arte mostrava para ser visto, ver a arte como forma de divulgar a ciência e trazê-la para o senso comum.

Representar é mostrar aos outros como você vê, comunicar. Assim evoluiu a ciência e assim evolui a arte. Podemos encontrar na ciência e na arte o mesmo tipo de idéias.

Para ressaltar que o modo como pensamos se reproduz nas imagens e nas idéias (teorias) que professamos, observe a figura 2: por causa da representação da luz nela contida, os raios de Sol (que hoje denominamos luz) também refletem um modo de ver e pensar antropomórfico, pois o desenho do Sol tem mãos que abençoam, acariciam, tocam as pessoas.

A física da época era também antropomórfica, tudo que merecia ser estudado tinha origem em uma forma de contato. Sua organização dividia as áreas de estudo de acordo com as sensações humanas. Dessa forma as áreas eram: calor, som, óptica e mecânica, como resultado das sensações de quente-frio, audição, visão-cor e força, respectivamente.

Assim, responsável pela manutenção da vida na Terra, o Sol toca tudo que está na sua superfície e sua *representação* inclui prolongamentos capazes de alcançar os seres humanos. Este tipo de *representação* está inserido em um modo de pensar que rejeita a *ação à distância*, característico da época.



Fig. 2 - Tutankhamon e esposa, 1.330 aC

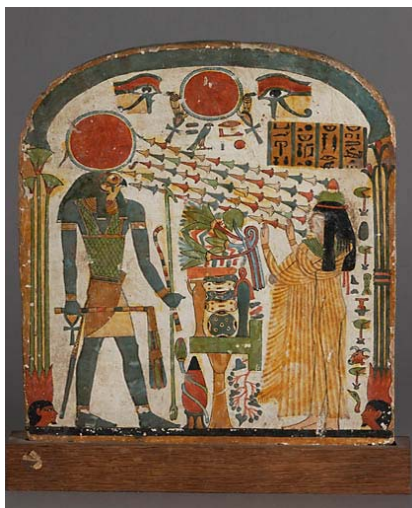


Fig. 3 - Stela funerária de Tapéret

Mostrando que mesmo em uma versão posterior (séc. IX a.C) , a visão egípcia de universo sendo diferente e politeísta: a imagem (Fig. 3) apresenta dois sóis, um no Zenith (Rê-Horakhty) e outro no poente (Athon). A *representação* dos raios de sol, agora carregados de cores, ainda liga a figura humana a Deus. Este modo de pensar na ação do Sol na Terra perdurou e dificultou a aceitação de novas idéias.

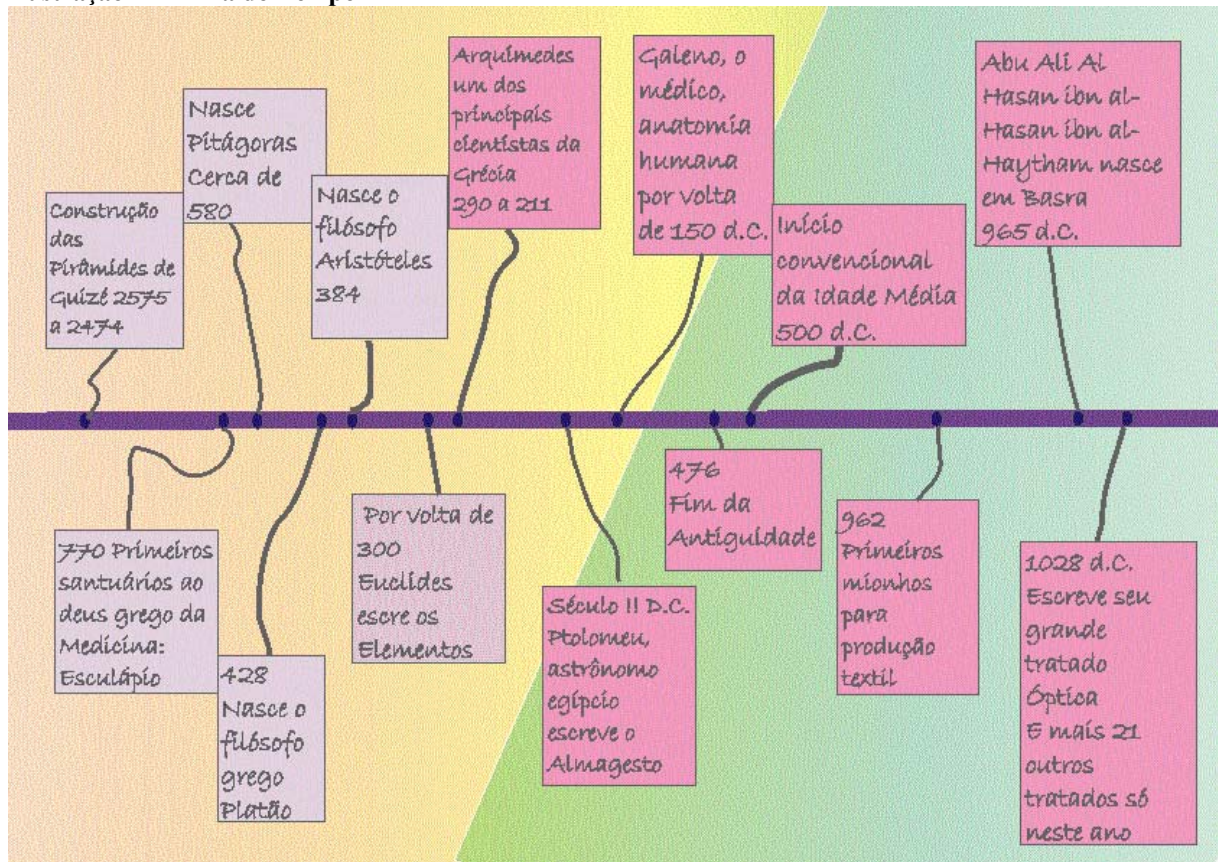
De acordo com Capra (1990), Física como ciência, atividade do pensar humano surge na antiguidade posterior às imagens mostradas até aqui.

Física e matemática evoluíram como disciplinas distintas uma vez que diferiam por definição.

"As raízes da Física, como de toda ciência ocidental, podem ser encontradas no período inicial da filosofia grega do século VI a.C, numa cultura onde a ciência, a filosofia e a religião não se encontravam separadas. Os sábios da escola de Mileto, em Iônia, não se preocupavam com essas distinções. Seu objetivo girava em torno da descoberta da natureza essencial ou da constituição real das coisas, a que denominavam *physis*. O termo *Física* deriva dessa palavra grega e significava originalmente, a tentativa de ver a natureza essencial em todas as coisas." (CAPRA, 1990: 23).

Nessa linha de tempo chegamos aos filósofos para lembrar da hierarquia das ciências ou disciplinas e como eles organizavam o pensamento na antiguidade assim chegando às matemáticas. As opiniões dos filósofos diferiam e até se opunham.

Ilustração 1 - Linha do Tempo



Pitágoras (580 a.C) organizava o pensamento baseado em categorias objetivas, distintas por critérios observáveis, contáveis. Na escola pitagórica usava-se o “Quadrivium Pitagórico” e a matemática, o pensamento lógico, dividia-se em quatro grandes unidades de pesquisa.

| SERES | DISCRETOS | | CONTÍNUOS | |
|--------------------------|------------|--------|-----------|------------|
| CIÊNCIAS CORRESPONDENTES | Aritmética | Música | Geometria | Astronomia |

Tabela 1 - Quadrivium Pitagórico

Platão (428aC) acreditava que as matemáticas eram indispensáveis como estudos preparatórios para a filosofia. Assim, na Academia privilegiava-se a noção de oposição entre seres perceptíveis pelos sentidos e seres inteligíveis, as idéias, como se verifica nessa classificação (quadro a seguir) atribuída a de Geminus (provavelmente séc. I a.C).

| | |
|---|--|
| MATEMÁTICAS | |
| Matamáticas aplicadas aos Inteligíveis | Matemáticas aplicadas aos Sensíveis |
| Aritmética | Geometria |

Tabela 2 - Classificação dita de Geminus

Para Aristóteles (384 a.C) os critérios de hierarquização privilegiavam o lado esquerdo do cérebro, que sabemos hoje ser a sede do pensamento racional conceitual, alcunhada por muito tempo de “cérebro dominante”. A invenção da escrita, por volta do segundo milênio antes de Cristo, veio a propor a linearização do pensamento. Esta concepção de ciência hegemônica baseada em elucubrações puramente mentais, vem de uma necessidade de desmágicação das idéias e das crenças, e instituiu uma forma de pensar que desvalorizava as imagens como conhecimento. Toda ciência passou a ser escrita.

“As imagens são, portanto, resultado do esforço de se abstrair duas das quatro dimensões espaço-temporais, para que se conservem apenas as dimensões do plano. Devem sua origem à capacidade de abstração específica que podemos chamar de *imaginação*. No entanto, a *imaginação* tem dois aspectos: se, de um lado, permite abstrair duas dimensões dos fenômenos, de outro, permite reconstituir as duas dimensões abstraídas na imagem. Em outros termos: *imaginação* é a capacidade de codificar fenômenos de quatro dimensões em símbolos planos e decodificar as mensagens assim codificadas. *Imaginação* é a capacidade de fazer e decifrar imagens”.(FLUSSER, 1983)

Assim, situando nas *ciências subordinadas* tudo que dependesse de habilidades além das intelectuais, os seguidores de Aristóteles consideravam mais como *arte* as invenções técnicas, uma vez que elas dependiam mais de *imaginação* e construção. Aí temos um bom motivo para que as lentes, uma vez que foram “descobertas” ou “inventadas” por pessoas ditas *artesãs*, não serem consideradas científicas.

| | | | | |
|--------------------------|------------|-----------|---|--------------------------------|
| Ciências Hegemônicas | Aritmética | Geometria | Estereometria <small>(do grego <i>stereós</i>, sólido + <i>metr</i>, medir. S.f. parte da geometria que ensina a medir os sólidos)</small> | Astronomia Matemática |
| ↓ | ↓ | ↓ ↘ | ↓ | ↓ |
| Ciências Subordinadas | Harmônicas | Ópticas | Mecânicas | Astronomia de Observação |

Tabela 2 - Hierarquização das Ciências de Aristóteles

Experimentos, como entendemos hoje, também não eram considerados ciência para Aristóteles, que criticava a classificação de Geminus pois tal classificação admitia a existência de ciências matemáticas cujo objeto seria *sensível* e portanto corruptível.

O que hoje entendemos por *física* era mais uma matemática aplicada aos *sensíveis*, nos termos da Academia e uma ciência subordinada, nos termos de Aristóteles.

Óptica então, uma matemática dos sensíveis, estudava os espelhos, as lentes quando começaram a ser *artesanamente produzidas* e tentava explicar a visão. Tentava-se explicar a visão através de um ente denominado *eidola*, como se fossem umas “peles de imagem”, que se descolavam da superfície das coisas vistas e viajavam no espaço entre a coisa e os olhos (Fig. 5).



Fig. 4 - Falcão

Rejeitava-se a ação à distância. Tais peles durante a Idade Média ganharam o nome de *spécies*.

A versão materialista dos atomistas gregos, de um conjunto de pontos de imagem deslocando-se no espaço entre o olho e a



Fig. 5 - Eidola - peles de imagem

coisa vista, foi desconsiderada por encontrar mais dificuldades do que soluções, os mecanismos da visão eram incompreensíveis.

“Os olhos recebem passivamente,... contanto que estejam abertos,... sarabandas de figuras, formas, cores, nuvens de átomos luminosos que se ofertam, em danças e volteios vertiginosos, aos sentidos do homem. E o efeito desse encontro deslumbrante pode ter um nome: conhecimento”. (BOSI, 2000:67)

Ou ainda,

“Conhecer é ser invadido e habitado pelas imagens errantes de um cosmo luminoso”, (BOSI, 2000:67)

Ambas contavam com sérios problemas. Contrariamente aos atomistas, a vertente idealista considerava os olhos como ativos no processo de visão. A noção que prevalecia era de que raios partindo dos olhos capturavam a imagem dos objetos. A visão era, pois, subjetiva e intencional, enviando seus “raios visuais”, seus representantes, com o intuito de encontrar a imagem das coisas, capturá-la e trazê-la para que a mente a interpretasse sob a forma de *lux*.

Surgiam várias questões que os filósofos em vão tentavam esclarecer através dessas teorias. Como as imagens de uma montanha e de um navio, por exemplo, eram capazes de entrar em uma pupila infinitamente menor do que elas? Como explicar as propriedades dos espelhos capazes de “devolver” as imagens? Quando isto era explicado através da



Fig.6 - Cristo e o abade Mena - entre séc. VI e Séc. VII

mecânica, qual o sentido de eles mostrarem um simétrico, por que razão ele provoca inversão de lateralidade? Por que uma lente pode incendiar um pedaço de tecido usando apenas a incidência solar? E outras tantas. Entra em ação um novo conceito: na Idade Média o surgimento do *lumen*, o agente externo capaz de causar o efeito *lux* na mente.

Longe de resolver os problemas, o *lumen* veio a estabelecer um critério de diferenciação entre objetividade e subjetividade, pondo em ação mais um ente, além dos raios visuais, que na Idade Média tornaram-se retilíneos, em número de quatro e formando uma pirâmide com vértice nos olhos. Partindo dos olhos, intencionalmente enviados, os raios visuais bem como o que acontecia na mente (no que dizia respeito à visão - *lux*) eram considerados subjetivos. Assim, a visão era subjetiva e os eventos externos eram objetivos. Todos porém mirabolantes e dotados de propriedades acrobáticas de contração e descontração. Deus disse: Haja *lux*, e houve *lumen*. (ou o contrário).

As representações da iluminação passaram a acompanhar seres específicos, mostrando que a claridade provocada pelo sol continuava a exercer seu poder misterioso e divino sobre a terra. A divinização era representada então pela auréola de claridade (ver Fig. 6) que acompanhava as representações de Cristo, dos Santos, de Deus e de “alguns outros”.



Fig. 7 - Zodiaco de Dendera ~ 50 a.C.

Como era possível desprezar a visão no processo científico se a confecção e leitura dos instrumentos científicos eram feitas exclusivamente através dela?

Percebamos como uma representação, hoje dita artística, na época em que foi construída servia como instrumento de navegação na travessia dos mortos rumo às estrelas e, por este motivo, a precisão dos códigos representados era fundamental.

Ao observarmos estas obras de arte, tanto na Antiguidade, como na Idade Média observamos a importância do mapeamento do céu: na Antiguidade, devido à crença de que era o caminho dos mortos, enquanto que na Idade Média orientava o caminho dos vivos. Assim, a imagem do céu é tanto obra de arte como aparato técnico-científico. A crença que fundamentava essa representação era de que o firmamento era um disco.



Fig.8 - Globo terrestre, 1145 d.C
O Caminho dos Vivos

No Zodiaco de Dendera (Fig. 7), o disco central, sustentado por quatro mulheres e quatro pares de gnomos, é um “mapa do céu”. Os critérios adotados em sua construção permitiram a um astrofísico fazer a datação precisa pela posição das constelações e dos planetas. Dois eclipses estão representados precisamente no lugar onde aconteceram. O eclipse de 7 de março de 51 aparece como a deusa Ísis segurando um babuíno pela cauda, para impedir a lua (sob a forma do deus Thot) de cobrir o sol. O eclipse da lua de 25 de setembro de 52 é um olho-oudjat, que significa “ser intacto”, uma vez que um eclipse lunar ocorre na lua cheia. Assim, a imagem é de um céu entre 15 de junho e 15 de agosto de 50 a.C.

Tal precisão era baseada na observação direta através dos olhos, e a transformação dessas observações em códigos rigorosamente posicionados em um plano. Se na antiguidade o céu era plano, na antiguidade tardia, a mesma observação direta mostrou um céu em forma de abóbada. Sua representação passou a envolver uma transformação conceitualmente complexa, de três dimensões para duas, a planificação do espaço tridimensional. Na idade média esta precisão envolveu cálculos matemáticos precisos, pois de uma representação adequada dos céus dependia a segurança dos vivos em suas andanças pela terra.



Fig.9 - Constelação de Sagitário - detalhe do Globo Terrestre – 1145 d.C

Este globo terrestre de 1145 (Fig. 8), de uma excepcional precisão científica, foi feito por um mestre capaz de refazer todos os cálculos astronômicos. Perto do pólo austral contém uma inscrição “este globo compreende todas as constelações mencionadas no livro Almagesto com

as modificações ocorridas no intervalo de tempo entre os cálculos de Ptolomeu e o ano 540 (da Hégira)... obra de Yûnus ibn al-Husayn al-Astrolabî”. Cada ponto de prata incrustada representa uma das 1025 estrelas. O diâmetro dos pontos varia de acordo com a grandeza das estrelas. O globo representa a última esfera celeste, a esfera “das estrelas fixas” É uma versão precisa do catálogo de estrelas de Ptolomeu.



Astrolábio

Fig. 10 - Astrolábio arcaico

uma representação plana da esfera celeste, rigorosamente calculada através da observação astronômica e da projeção das imagens das estrelas e efemérides em um plano.

Traz uma régua móvel que alinhada corretamente indica a posição no globo terrestre, além da data e hora no momento da observação.

Al Haytham, astrônomo, matemático e óptico

Há notícias de que Al Haytham tenha trabalhado em filosofia, metafísica, biologia, medicina e música. Porém seus 75 trabalhos conhecidos hoje são em astronomia, óptica e matemática. Em astronomia tratou de harmonizar a filosofia natural aristotélica com o modelo geométrico dos corpos celestes no Almagesto de Ptolomeu.

Atribui-se a Ptolomeu (séc. II d.C) a construção do primeiro astrolábio, equipamento utilizado para orientação tanto espacial quanto temporal, através da visão de estrelas específicas, prumo e correta utilização de uma escala. Um astrolábio (Fig. 10) é

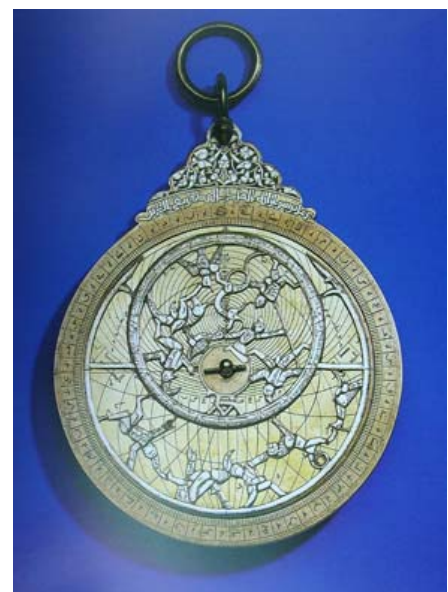


Fig. 11 - Astrolábio de Al Sahl – 1180 d.C

Igualmente em óptica esforçou-se por achar a síntese entre a óptica geométrica de Ptolomeu e Euclides que incluísse a tradição aristotélica.

Tendo vivido entre o final do século X e início do século XI, Al Haytham (Alhazem), foi o primeiro a escrever sobre *refração* e *reflexão* em sua “Óptica” – tratado em sete volumes que traz suas considerações derivadas de experimentos com lentes de cristal, espelhos planos e esféricos e observações diretas da visão e seus respectivos tratamentos através da geometria. A grande contribuição de Al Haytham, foi dar um golpe mortal na teoria dos nos raios visuais, através de duas observações experimentais e a opção por uma abstração matemática para explicar a formação das imagens nos olhos.

Em seu tratado *Óptica*, uma constatação experimental foi o fenômeno da “persistência retiniana”. Descreve-se pelo fato de uma pessoa continuar a ver o sol, mesmo fechando os olhos após tê-lo fitado. A outra de suas observações é a dor que se sente nos olhos ao permanecer fitando o sol durante algum tempo. Imediatamente após fecharmos os olhos, a visão deveria parar. Estes fatos mostram que “algo” entra de fato nos olhos. Este algo era o lumen (hoje luz). É de Al Haytham também a idéia de que este algo não é uma característica dos corpos vistos que viaja entre o olho e o objeto, mas sim que, este “algo” que, ao interagir com os objetos, modifica-se e viaja até os olhos, em realidade tem origem no sol, sendo a própria claridade.

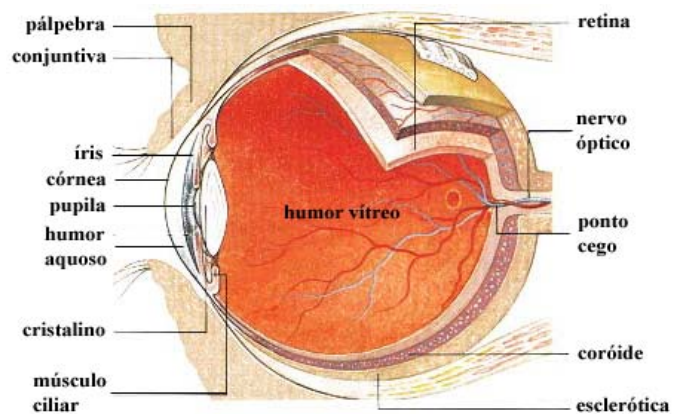


Fig. 12 - Olho constituído de camadas

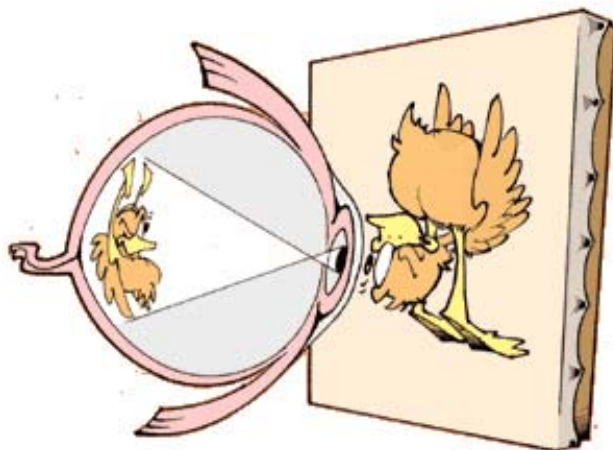


Fig. 13 - Imagens invertidas na retina

Assim, mostrando que é o *lumen* quem realmente existe e é o responsável por esses efeitos resolve ainda delegar ao sol a produção do *lumen*. Em sua teoria são os raios solares (introduz os *raios físicos* no livro IV) que têm poder de ferir os olhos e ainda têm poder de fazer pontos de imagem se soltarem dos corpos quando eles são iluminados pelo sol.

Valendo-se da explicação de Galeno (séc. II d.C) sobre a anatomia dos olhos (Fig. 12), constrói o mecanismo da visão *objetiva* através dos pontos de imagem que chegam aos olhos.

Explica ainda a reconstrução da imagem dentro da esfera ocular (Fig. 13), reportando-se à descrição do olho de Galeno, em que cada camada deve ser considerada esférica e concêntrica.

Usa ainda uma ferramenta matemática, que fez toda a diferença, garantindo assim a eficiência da teoria.

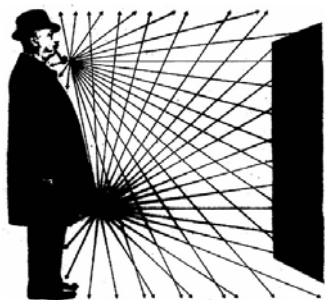


Fig. 14 - cada ponto do objeto emite luz em todas as direções

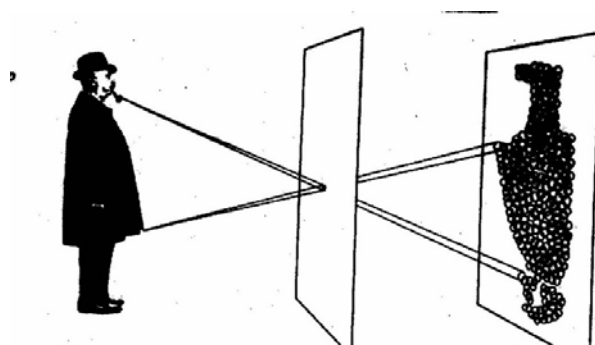


Fig. 15 - Cada ponto do objeto cria um ponto imagem após ter entrado na retina, os pontos são reagrupados perfeitamente no interior do globo ocular, formando uma imagem semelhante em forma ao objeto visto.

Se o objeto é tão pequeno quanto a pupila, sua diminuta imagem pode viajar em linha reta e entrar na pupila sem ter que ser reduzida. Objetos de qualquer tamanho devem ser pensados como muitas unidades, elementos ou pontos. Cada ponto do objeto reflete a luz (claridade ou lumen) em todas as direções (Fig. 14 e Fig. 15)



Fig. 16 - Pupila, um pequeno orifício

Cada ponto incidente de imagem segue sua direção. Incidindo perpendicularmente à córnea ele entra sem deflexões e compõe a imagem juntamente com os outros pontos. Os raios que entram em outras direções são refratados e perdem seu poder de estimular o sensorium.

Seu tratado *Óptica*, traduzido em italiano em 1269 por Vitelo e em latim em 1572, obteve na Europa medieval o mesmo descrédito que as teorias da visão dos atomistas. Durante onze séculos da era Cristã os raios visuais gozaram de prestígio. A construção da perspectiva pelos matemáticos, baseada em sua veracidade, também obtinha resultados consideráveis. Não era a toa que tivesse resistência em utilizar-se seu modelo.

No caso específico da luz/visão, nesses dois mil anos houve muitos estudos matemáticos, experimentais, fisiológicos e técnicos. Há 700 anos se usa lentes para correção da visão, porém antes de 1400 as lentes não pertenciam à ciência, pelo simples motivo que o mecanismo da visão não era conhecido.

Os livros de ciências até hoje trazem explicações e ilustrações sobre a forma como vemos baseadas nas idéias de Ibn Al Haytham. Sua teoria ganhou *status* nas mãos de Kepler, por volta de 1400, que refez seus cálculos e validou definitivamente sua pesquisa em óptica e matemática. Contudo a teoria corpuscular da luz, que considera pequenas “partículas sem massa” - os fótons - emergindo da superfície dos corpos iluminados, reconsiderando as idéias dos atomistas gregos, só teve fôlego a partir do século XVII.

Contato: joliane99@hotmail.com

Referências Bibliográficas

- BOSI, Alfredo. Fenomenologia do Olhar, in **O Olhar**. Companhia das Letras, São Paulo, 2000.
- CAPRA, Fritjof. **O Tao da Física**. São Paulo: Cultrix, 1990.
- HOGENDIJK, J..P. – **Ibn Al-Haytham's Completion of the Conics**. In The History of Mathematics and Physical Sciences 7 – 1985.
- LIAN, George. – Física e biografia de Alhacen. in **Os Árabes antes da Renascença** – São Paulo, 1946.
- RASCHED, Rushdi – **Géométrie et Dioptrique au Xe. Siècle**. Paris, Les Belles Lettres, 1993.
- RASCHED, Rushdi – **Entre Arithmétique et Algèbre**. Société d'Édition, Les Belles Lettres, 1984.
- RONCHI, Vasco – **Optics, The Science of Vision**. NY University Press, 1957.
- SCIENTIFIC AMERICAN – A Ciência na Antiguidade e A Ciência na Idade Média. In **Especial História** – volumes 1,2. São Paulo, Ediouro, sem data.