



História, Evolução e Cultura

Argus Vasconcelos de Almeida

Argus Vasconcelos de Almeida

Professor Associado do Departamento de Biologia da UFRPE
argus@db.ufrpe.br

Ficha Catalográfica

A447e Almeida, Argus Vasconcelos de
 Entre o olho e o olhar: história, evolução e cultura /
 Argus Vasconcelos de Almeida. – Recife : EDUFRPE, 2013.
 48 f. : il.

Inclui referências.

1. Olhos 2. Visão 3. Teorias ópticas 4. História 5. Cultura
I. Título

CDD 610.9

Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.
Saramago (1995).

INTRODUÇÃO

Escreve a filósofa Marilena Chauí que raras vezes despertam atenção as palavras de nosso cotidiano: aceitamos discordâncias dizendo que cada qual tem direito ao seu *ponto de vista* ou à sua *perspectiva*, não nos surpreende usarmos a expressão “*ter (ou não ter) algo a ver*” ao pretendermos afirmar (ou negar) relações entre coisas, pessoas ou fatos, nem que, declaremos necessária uma consequência dizendo: “*logo se vê*” ou “*está-se vendo*”. Pouca atenção prestamos à relação que espontaneamente fazemos entre ver e falar quando, acautelando alguém, dizemos: “*veja o que diz*”. Assim como não nos demoramos na relação entre ver e escutar quando, em vez de “*escute!*”, dizemos: “*olhe aqui!*”. Falamos em *amor à primeira vista*, sem que nos preocupe havermos, assim, atribuído poder mágico aos olhos, poder em que acreditamos se falarmos em “*mau olhado*” (CHAUI, 1998).

A crença no “mau olhado” tem denominações na maioria dos idiomas e dialetos humanos, o que demonstra a sua universalidade. A palavra latina *fascium* tem derivadas em quase todas as línguas românicas, que podem empregar outros vocábulos que expressam diretamente e em termos populares e compreensíveis a ação danosa dos olhos, por exemplo, “evil eye” em inglês, “böser Blick” em alemão, “mal de ojo” e “aojo” em espanhol e “mal d’ull” e “ullprés” em catalão, “malocchio” em italiano. Recebe distintas denominações em

árabe: “ain” (olho), “naz’ra” (olhar) e “nafs” (espírito) o indivíduo que possui a capacidade de prejudicar com os olhos é conhecido como “ma’iân” que olha com inveja alguma coisa. Tal crença tem existido em todas as partes do mundo, até mesmo nas mais antigas culturas. Já nos escritos romanos e gregos são feitas referências a ela (ALMEIDA & CAMINHA, 2009).

Uma teoria da visão bastante difundida na Antiguidade sustentava a hipótese da existência dos raios visuais. Essa teoria supunha que do olho emanavam segmentos retilíneos, capazes de examinar o mundo externo e trazer para a mente dados necessários para conhecermos e representarmos as formas e cores dos corpos (BARROS & CARVALHO, 1998).

Assim, a teoria da emissão da visão pode servir de modelo explicativo da crença do “mau olhado”, onde se acredita no papel ativo dos olhos na emissão de “raios” que atuam maleficamente sobre os seres vivos (ALMEIDA & CAMINHA, 2009).

A crença no “mau-olhado” chegou ao Brasil com os colonizadores portugueses e aqui sofreu um amálgama cultural. No Nordeste brasileiro o “mau-olhado” está inserido num rico complexo cultural notadamente afro-brasileiro (ALMEIDA & CAMINHA, 2009).

Todos estes aspectos estão relacionados com a função do olho humano, desde a nossa linguagem diária quando atribuímos uma importância fundamental ao sentido da visão, até a crença cultural do “mau-olhado”.

Do ponto de vista histórico não há como diferenciar a história das teorias sobre a função do olho humano da evolução da óptica, pois grande parte desta teve origem para explicar a visão.

É objetivo do presente trabalho apresentar uma revisão das teorias ópticas e da função do olho humano através da história, desde a sua origem na antiga Grécia até o início do século XVII ocidental,

quando através de uma abordagem mecanicista foi consolidada a teoria kleperiana da visão, que influenciou todo o desenvolvimento posterior dos estudos ópticos no Ocidente; apresentar uma síntese do pensamento evolutivo, desde Darwin até a abordagem atual da evolução filogenética do olho humano, articulando-os aos aspectos culturais entre o olho e o olhar.

A ÓPTICA NA GRÉCIA ANTIGA

Uma teoria aceita na Antiguidade atribuía a toda sensação o resultado de algum tipo de contato ou toque. Desse modo, todas as percepções seriam tácteis, todos os sentidos seriam uma forma de toque e, desde que a alma não poderia ir até os objetos, logo estes objetos deveriam tocar a alma, passando através dos órgãos dos sentidos. Contudo, como o que chegava até nossos olhos não poderia ser o objeto real, então algum tipo de imagem ou pele que se desprendia do corpo deveria atingir os olhos do observador, transportando para a alma as formas, as cores e todas as outras qualidades do corpo. Esse raciocínio conduziu à concepção da eidola, ou peles, ou imagens ou, como elas eram chamadas na Idade Média, species). (BARROS & CARVALHO, 1998)

Tossato (2005) escreve que na Grécia antiga os fenômenos ópticos podiam ser entendidos segundo três tradições de pesquisa: uma filosófica ou física, na qual se consideravam principalmente as questões epistemológicas; uma médica, voltada para o estudo anatômico e fisiológico do olho; e uma tradição matemática, preocupada com a explicação geométrica da percepção espacial. Essas três maneiras de entendimento da óptica formaram a base para todas as teorias criadas até o início do século XVII.

Na tradição filosófica, a preocupação básica foi a de elaborar explicações sobre como ocorre a visão de acordo com a perspectiva física, isto é, qual é a relação física entre o objeto visto e o órgão dos sentidos humanos que o vê, o olho, tendo como adicionais o meio que os contém e a luz que atravessa todo esse meio. Duas interpretações foram predominantes: a teoria da intromissão (ou recepção) originária dos atomistas, e a teoria da emissão, proposta por Platão e Aristóteles (TOSSATO, 2005).

A suposição básica da teoria da intromissão é a de que o próprio objeto visto emite raios visuais que atingem o olho que vê esse objeto e, durante o trajeto da imagem até o olho, ocorre uma série de simulacros (*eidola*) do objeto visto; em outros termos, a teoria da intromissão admite que qualquer objeto que é visto, uma mesa, por exemplo, é o responsável, mediante a ação da luz que ilumina esse objeto, pela emissão de simulacros dele próprio que atingem o olho humano e, após um processo anatômico e fisiológico no olho, esses simulacros chegam ao cérebro humano, formando a imagem, ou seja, a representação do objeto no cérebro. Diversas consequências e críticas foram extraídas dessa interpretação, sendo a mais importante a “diminuição” da imagem do objeto no processo de formação dos simulacros e, assim, o olho recebe uma imagem diminuída do próprio objeto, pois os simulacros, durante o percurso através do meio, vão perdendo a sua originalidade e enfraquecendo (TOSSATO, 2005).

Ao contrário da teoria da intromissão, Platão (427–347 a.C.), seguindo tanto a escola pitagórica, especialmente Alcmaeon de Crotona, quanto à de Empédocles, tomou como base para a sua teoria da visão a suposição de que é o próprio olho que emite os raios visuais que atingem o objeto formando a sua imagem. Admite-se, segundo essa teoria, que o fogo é o principal elemento para conduzir os raios visuais emitidos pelo olho; nesse sentido, essa teoria foi denominada

de teoria da emissão ou teoria do fogo intra-ocular. Porém, Platão (428-347 a.C.), em Timeu, ao escrever:

Então quando a luz do dia envolve a corrente da visão, o semelhante encontrando o semelhante, funde-se com ele e forma, na direção dos olhos, um só corpo em toda a parte onde o raio visual, saindo de dentro bate no objeto que ele encontra no exterior. (...) Este corpo, inteiramente submetido às mesmas afecções pela semelhança das suas partes, se contata, qualquer objeto, transmite esses movimentos através do corpo até à alma, e dá-nos a sensação graças à qual declaramos que vemos. Mas quando o fogo, irmão do fogo interior, se retira, à noite, este fica separado dele, porque cai sobre seres de uma natureza diferente, altera-se a ele mesmo, e extingue-se (...). Então deixa-se de ver e, além disso, o sono vem a seguir, porque as pálpebras, inventadas por Deus, para proteger a vista quando se cerram, também fecham o poder do fogo, dentro delas e, este uma vez apagado, acalma os movimentos internos, e este sossego traz o sono (PLATÃO, 2001, p. 152).

Para Platão, a visão de um objeto era formada por três jatos de partículas: um partindo dos olhos, um segundo proveniente do objeto percebido e um terceiro vindo das fontes luminosas. Assim, um feixe de raios luminosos partia dos olhos até o objeto observado, lá se combinava com os raios provenientes da fonte iluminadora, retornando então aos olhos, o que lhes dava a sensação de visão (BARROS & CARVALHO, 1998).

O meio e a luz tornam-se, portanto, os principais fatores para que ocorra a visão, que, conjuntamente com a emissão de raios vi-

suais pelo observador, formam o objeto visto. Aristóteles (384–322 a.C.) dá maior importância que Platão ao meio e à luz. Dando lugar central a esta última, Aristóteles desenvolve uma explicação de como ocorre a visão através do meio. Para ele, a luz não é um corpo ou um substrato, mas funciona diretamente na atualização do meio transparente, apresentando ao observador as figuras do objeto visto (TOSSATO, 2005).

A teoria da emissão aproxima-se mais do que a teoria da intromissão dos aspectos subjetivos, isto é, a teoria da emissão, seja na formulação platônica (concernente à alma que recebe informações), seja na formulação aristotélica (que valoriza o meio atualizado), necessita de um componente psicológico que recebe os movimentos de transmissão das imagens.

Para Tossato (2005) na tradição anatômica e fisiológica, a prática de dissecações na medicina grega antiga surge inicialmente com Alcmeon de Crotona por volta de 500 a. C., que desenvolveu os estudos anatômicos. Alcmeon também foi o primeiro médico que tratou da anatomia do olho; ele estudou o nervo óptico e admitiu que existem três substâncias responsáveis pela formação da visão: a luz externa, o fogo interno do olho e os humores como meios de transmissão.

Um grande desenvolvimento para a anatomia foi dado pela escola hipocrática; contudo, os seus conhecimentos foram adquiridos fundamentalmente através de dissecações de animais, e de anatomia comparada.

Apesar disso, os gregos tiveram uma certa tradição de estudos anatômicos e fisiológicos do olho; os gregos representaram a estrutura e as partes do olho, baseadas em túnicas, humores cristalinos, aquoso e vítreo, nervo óptico, córnea, íris etc., conforme podemos notar na figura atribuída a Rufo de Éfeso (c. 50 d.C.), a qual é uma das primeiras representações anatômicas do olho. Nessa figura de Rufo,

temos a representação da estrutura externa e interna do olho. Nela podemos notar especialmente a córnea, a lente e o vítreo; vemos também três túnicas: a conjuntiva, a esclerótica e a coróide; além disso, temos o olho unido ao nervo óptico. Essa descrição do olho dada por Rufo de Éfeso sofrerá muitas alterações ao longo da história da anatomia, mas a estrutura anatômica básica do olho já se encontra esboçada nela. Descrição do olho humano atribuída a Rufo de Éfeso. A figura expressa uma das primeiras tentativas de decomposição do olho em suas partes constituintes. Apesar das modificações posteriores, a divisão do olho em esclerótica, coróide e conjuntiva, continuará servindo de base para as descrições anatômicas.

O maior representante da tradição anatômica e fisiológica do olho na Antiguidade romana foi Galeno de Pérgamo (129-199). Seguindo a teoria da emissão, juntamente com a concepção estoíca do *pneuma* óptico, Galeno elaborou uma explicação de como se dá a visão, embora não considere que o olho emite um *pneuma*, mas que o próprio ar é o instrumento que leva o olho a ver um objeto iluminado pela luz solar. Essa concepção de Galeno é devedora de Aristóteles, pois ela utiliza a noção de meio transparente que atualiza as formas dos objetos vistos pela ação da luz. Contudo, mais importante que essa explicação filosófica de como se dá a visão é a descrição anatômica e fisiológica que Galeno apresenta para o olho humano (LINDBERG, 1976).

Galeno, em *Sobre o uso completo das partes do corpo*, foi o primeiro a atribuir ao humor cristalino a função de principal instrumento da visão, justamente por ele ser o último receptor sensitivo, conforme ele escreve: “O próprio humor cristalino é o principal instrumento da visão, um fato claramente provado por aquilo que os físicos chamam de catarata, que se localiza entre o humor cristalino e a córnea” (GALENO *apud* LINDBERG, 1976, p. 11).

Para Galeno, quando um homem sofre de catarata, esta impede que o objeto seja percebido pelo olho desse homem, isto é, quando a catarata encobre o humor cristalino, o homem deixa de ver. Galeno inferiu disso que é o humor cristalino a parte do olho

responsável pela visão; sendo assim, é no humor cristalino que as imagens são formadas.

A tradição matemática foi a que obteve o maior desenvolvimento na óptica durante a antiguidade grega. Ela representa a tentativa de geometrizar o que se visualiza pelo uso de retas e ângulos num espaço tridimensional. Galeno, tal como Euclides e Ptolomeu, desenvolveu ainda a geometria do cone visual definindo os raios visuais como retas que viajam do olho para o objeto observado (DIONÍSIO, 2003).

Os maiores expoentes da tradição matemática da óptica grega foram Euclides e Ptolomeu. Ao primeiro devemos a teoria do cone geométrico, no qual o olho humano torna-se o ápice do cone e o objeto visto a sua base. Ao segundo, uma aplicação matemática que considera os aspectos físicos dos fenômenos ópticos.

Entre os principais defensores dessa teoria podemos citar o filósofo grego Pitágoras (c. 580-500 a.C.). Segundo ele, os raios visuais emanavam do olho, propagavam-se em linha reta e se chocavam com o corpo observado, sendo a visão a consequência deste choque. Como esses raios eram divergentes, a certa distância do olho se tornava apreciável o espaço que os separava, o que explicaria que, a grandes distâncias, os objetos pequenos poderiam escapar ação visual (BARROS & CARVALHO, 1998).

O desenvolvimento do modelo pitagórico do vínculo entre objeto e olho somente foi realizado pelo matemático grego Euclides (c. 323-285 a.C.). No tratado denominado Óptica, Euclides preocupou-se em estudar a visão de objetos de formas diversas, sustentando a idéia pitagórica de raios emitidos pelos olhos. Ele postulou que os raios

visuais eram emitidos pelos olhos na forma de um cone, cujo ápice estaria no olho e a base, na extremidade do objeto observado, e que estes raios propagavam-se em linha reta com velocidade constante. Criou, ainda, o conceito de raio, que permitia tratar o problema da retilinearidade da propagação da luz de um ponto de vista puramente geométrico, exercendo, assim, uma influência decisiva na construção das teorias sobre a luz e visão (BARROS & CARVALHO, 1998).

A importância de Euclides (século III a.C.) para a tradição matemática da óptica é fundamental, sendo reconhecido como o fundador dessa tradição. Pode-se dizer que ele “criou a ciência da óptica geométrica e perspectiva ao tomar o olho como o ponto de origem das linhas de visão, das quais ele postulou as propriedades essenciais” (CROMBIE, 1990).

Tais propriedades são os sete postulados de Euclides contidos em sua Óptica, que são:

1. que os raios retilíneos procedentes do olho divergem indefinidamente;
2. que a figura contida por um grupo de raios visuais é um cone, do qual o vértice localiza-se no olho e a base na superfície do objeto visto;
3. que as coisas que são vistas sob os raios visuais diminuem e as coisas que não são vistas sob os raios visuais não diminuem;
4. que as coisas vistas sob um ângulo grande parecem largas e aquelas sob um ângulo pequeno parecem pequenas, e aquelas sob ângulos iguais parecem iguais;
5. que as coisas vistas sob um ângulo visual amplo parecem amplas e as coisas vistas sob um ângulo visual reduzido parecem reduzidas;
6. que, similarmente, as coisas vistas sob raios mais afastados para a direita parecem mais afastadas para a direita e coisas vistas

sob raios mais afastados para a esquerda parecem mais afastadas para a esquerda;

7. que as coisas vistas sob ângulos maiores são vistas mais claramente (LINDBERG, 1976).

Esses postulados representam a primeira tentativa de entender os fenômenos ópticos de uma perspectiva matemática. Com eles, Euclides pretende construir uma descrição dos fenômenos ópticos de acordo com os modos geométricos espaciais (direita, esquerda, alto, baixo, afastado e perto) pelos quais um objeto pode ser visto pelo observador, isto é, Euclides concebe o espaço visual do olho e extrai as relações possíveis, expressando-as em termos de retas e ângulos; assim, o ângulo formado pelo objeto e o observador determina as características que são vistas. Mas o mais importante é o que é dado pelo segundo postulado, relativo ao cone visual, que pode ser apreciado na figura abaixo.

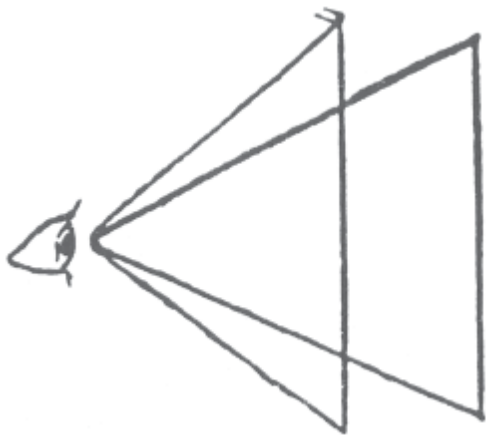


Figura 1: Representação gráfica da teoria do cone visual de Euclides, na qual o olho emite os raios visuais que atingem o objeto visto (teoria da emissão)

(fonte TOSSATO, 2005).

Euclides seguiu a teoria da emissão, admitindo que é o olho humano que emite raios que chegam ao objeto, e esses raios voltam ao ob-

servador em forma de dados, de imagens que são processadas no olho e passam, a seguir, para o cérebro do observador. Com isso, a geometria do cone euclidiano funciona para uma concepção de visão ativa.

Para Barros e Carvalho (1998) diversos obstáculos se apresentavam para os defensores dessa teoria: Por que os raios visuais não eram capazes de examinar o mundo exterior quando estávamos no escuro? Por que os raios visuais não permitiam que enxergássemos um corpo colocado muito próximo do olho? Como os raios visuais eram capazes de alcançar corpos distantes como o Sol, a Lua e as estrelas?

Em suma, as três tradições gregas sobre o estudo dos fenômenos ópticos: filosófica, médica e matemática forneceram contribuições para a formulação das teorias ópticas subsequentes. Pode-se dizer que os gregos lançaram as bases dessa ciência. As teorias elaboradas, tratando especialmente ou da intromissão ou da emissão dos raios visuais, influenciaram os estudiosos islâmicos e latinos entre os séculos IX e XIII; os estudos anatômicos de Galeno formaram a base para os anatomistas dos séculos subsequentes, só sendo superados nos séculos XVI e XVII; e, finalmente, as teorias da tradição matemática, em especial a teoria do cone visual euclidiano, mantiveram-se, mesmo que com algumas alterações, como um dos principais paradigmas dos ópticos matemáticos da Idade Média e do Renascimento. Assim, os trabalhos que se seguiram aos dos gregos tiveram, de uma forma positiva ou negativa, influência desses três modos de abordar a óptica (TOSSATO, 2005).

A ÓPTICA ISLÂMICA

O desenvolvimento da óptica depois dos gregos teve como centro a cultura islâmica. As diversas traduções de trabalhos filosóficos,

médicos e matemáticos gregos feitas pelos islâmicos permitiram um maior aprofundamento das pesquisas nas ciências e na filosofia. Os islâmicos continuaram a tradição grega na óptica, nas suas perspectivas matemática, médica e filosófica, desenvolvendo alguns conteúdos sem, contudo, mudá-los em seus aspectos centrais (TOSSATO, 2005).

O primeiro filósofo e matemático do mundo islâmico a dedicar-se aos estudos ópticos foi Abu Yusuf Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi. Supõe-se que terá nascido nos finais do século VIII na cidade de al-Kufa, onde o seu pai era governador. Nascido provavelmente no final do século VIII e falecido em 866. A óptica foi sem dúvida um dos seus temas de eleição, ocupando um importante lugar na sua filosofia natural. Sendo a visão considerada como algo divino, este sábio procurou comparar as leis da óptica às da natureza. Al-Kindi defende que os raios não são apenas emitidos pelos olhos, mas também pelas palavras que proclamamos. Estes raios conectam os nossos sentidos com o mundo através de uma transformação do ar que nos rodeia, possibilitando perceber qualidades como a forma e a cor do que observamos (DIONÍSIO, 2003).

Al-Kindi retém a geometria dos trabalhos de Euclides e de Ptolomeu, desviando-se das orientações anatômicas e fisiológicas de Galeno. Pelas inúmeras referências que faz a Euclides, na sua maioria favoráveis, ele próprio considerava-se um fiel representante da teoria da visão euclidiana. Apenas dotou-a de interpretação galenica, no que diz respeito à natureza física dos raios visuais, e acrescentou algumas demonstrações dos postulados indicados pelo geômetra grego (DIONÍSIO, 2003).

Al-Kind se preocupou especificamente com a óptica matemática, tratando de algumas lacunas contidas na Óptica de Euclides. Na sua obra *De aspectibus* (Sobre as aparências), Al-Kind mostra que as linhas retas que formam o cone visual não são emitidas por raios visuais,

mas por raios luminosos; dessa forma, Al-Kind muda o enfoque para os “campos visuais”, argumentando, principalmente, que a visão, para ser compreendida pela perspectiva matemática, não se dá pela emissão de raios unidimensionais, mas dentro de um campo de propagação (LINDBERG, 1976).

No campo da anatomia e da fisiologia, Hunain Ibn Ishaq (809-873), conhecido no ocidente como Johannitus, desenvolveu a anatomia do olho a partir dos ensinamentos da escola galênica. Para Johannitus, o humor cristalino é o responsável pela formação da imagem dos objetos vistos, e esse humor é incolor, transparente, luminoso e redondo; nele se formam as imagens entendidas como “espíritos visuais” e que vão para as outras partes do olho até essas imagens chegarem ao nervo óptico e seguirem para o cérebro.

A noção de espíritos visuais servirá para explicar como as imagens visuais são transferidas para as várias camadas e partes do olho.

A anatomia do olho para Johannitus é representada na figura 2, onde o olho compõe-se de humores e túnicas e a formação das imagens se dá no cristalino.

Essas tradições matemáticas e anatômicas apontadas tiveram como suporte o arcabouço filosófico vindo dos gregos, isto é, as teorias da intromissão ou da emissão.

Diversos são os autores que defenderam uma ou outra teoria, dos quais não vamos tratar aqui. O importante é que os autores trabalharam dentro dos paradigmas da emissão, como Al-Kind, ou da intromissão, como Alhazen. E, mais importante ainda, foram as discussões sobre as inter-relações entre os estudos anatômicos e matemáticos. No mundo islâmico desse período, as orientações filosóficas e médicas de Aristóteles e Galeno conduziram a um certo afastamento da tradição euclidiana (TOSSATO, 2005).

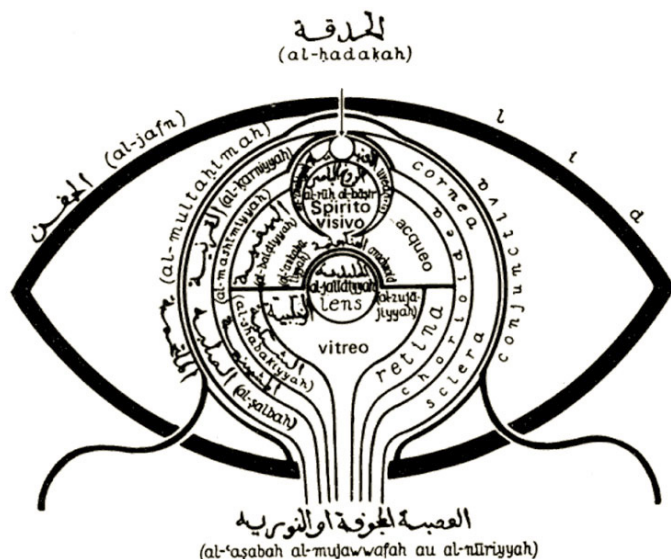


Figura 2: A estrutura anatômica do olho segundo Johannitus.

No início do século XIII temos, na óptica, um período de tensão da anatomia e da fisiologia aristotélico-galênica com a geometria euclidiana. A tradição anatômica voltava-se para o estudo da visão, procurando uma melhor descrição da anatomia do olho, para principalmente curar doenças dos olhos; nesse sentido, como aplicar a geometria nas dissecações? Por outro lado, a tradição euclidiana era antes de tudo uma tradição matemática, para a qual o importante era entender um fenômeno óptico de acordo com a natureza dos elementos matemáticos (ângulos e retas); se é assim, em que sentido as túnicas, humores, retina podem ser matematizados, ou melhor, geometrizados? Estas perguntas estão nas entrelinhas das pesquisas em óptica que se seguiram, durante e após o século XIII (TOSSATO, 2005).

O primeiro grande ataque à teoria da emissão surge por intermédio de Abu ‘Ali al-Husain ibn‘Abdullah ibn Sina, mais conhecido por

Avicena. Foi sem dúvida um dos filósofos mais influentes de toda a história islâmica. Nasceu nas imediações de Bukhara em 980, falecendo cinquenta e sete anos depois (DIONÍSIO, 2003).

No que diz respeito às teorias da visão destacam-se as seguintes obras: *Danishnama* (Livro da Ciência) e *Liber sextus naturalium* ou *De anima*, nas quais revela alguma simpatia pelas teorias aristotélicas, rejeitando totalmente a concepção adotada por Euclides e Galeno. Em primeiro lugar condena absolutamente que o olho possa emitir qualquer tipo de raios. Questionando-se como seria possível que algo tão pequeno pudesse emitir uma substância contínua, suficientemente larga para sentir o hemisfério do mundo, acrescenta ironicamente: “Terá que ser emergido do olho, apesar da sua pequenez, um corpo cônico de um tamanho imenso, o qual comprime o ar e repulsa todos os corpos celestes, a não ser que atravessasse um espaço vazio” (DIONÍSIO, 2003).

Este filósofo dedica uma cuidadosa análise à tese que sustem o raio luminoso como uma substância corpórea. Rejeitando que o olho possa ser concebido como uma nascente ígnea, um lume sensível dotado de luz própria que emite qualquer coisa de material, argumenta que a sensação visual pode ser explicada sem ser necessário recorrer a qualquer tipo de raios. Refere ainda, que a visão se processa primeiramente pela ação de um agente exterior, que transmite informação ao instrumento, o olho, e este por meio de vínculo orgânico comunica ao cérebro a recepção da imagem (DIONÍSIO, 2003).

O maior expoente da óptica após Euclides e Ptolomeu e antes de Kepler foi o pensador islâmico Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham (965-1039), conhecido no mundo ocidental pelo nome de Alhazen. O campo de atuação de Alhazen foi muito diversificado, além da óptica, ele trabalhou com astronomia, matemática, física, cosmologia, meteorologia, medicina, metafísica e teologia. Uma de suas principais

obras sobre a óptica é *De aspectibus*, também conhecido como “Perspectiva”, na qual apresenta e desenvolve seu pensamento a respeito de como se forma a visão (TOSSATO, 2005).

De acordo com Barros e Carvalho (1998), Alhazen em sua obra “*Tesouro da Óptica*” de 1038 (cuja versão latina *Opticae thesaurus Alhazeni* de 1270) deu um golpe mortal na teoria dos raios visuais, após considerar que mesmo depois de olhar para o Sol e, então, fechar os olhos, uma pessoa continuava a ver o disco solar por algum tempo. Além disso, observou que enquanto permanecia olhando fixamente para o Sol, um observador sentia um efeito fisiológico associado com ofuscamento ou dor. Esses dois fatos entravam claramente em conflito com a teoria dos raios visuais, pois, se a emissão desses raios envolvesse sofrimento, eles naturalmente não poderiam ser emitidos e, tão logo os olhos se fechassem, a visão deveria cessar. Segundo Alhazen, o fenômeno real exigia um agente externo que deveria impressionar o olho do observador, além do que, se o agente fosse muito forte, ele afetaria o órgão do sentido de tal modo, que aquela impressão ainda permaneceria por algum tempo, mesmo após o observador ter fechado os olhos.

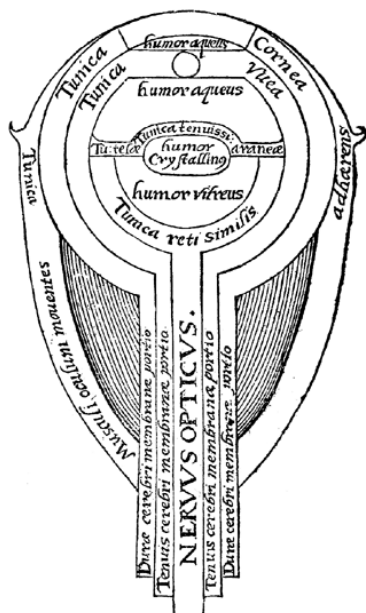
O mesmo sucedeu com a teoria das imagens, uma vez que Alhazen procurou fornecer um mecanismo que afastasse das imagens a propriedade de contraírem-se ao longo do caminho antes de alcançarem o olho do observador. Segundo Alhazen, se o objeto fosse menor do que a pupila, sua pequeníssima imagem poderia se propagar em linha reta e entrar na pupila sem qualquer necessidade de ter que se reduzir ao longo do caminho. Contudo, para qualquer outro objeto, era admitido que fosse formado por infinitos pontos, e que cada ponto emitia em todas as direções sua própria imagem, que poderia entrar na pupila sem ter de sofrer qualquer alteração ao longo do caminho (BARROS & CARVALHO, 1998).

Além disso, o fato de uma pessoa sentir dor quando olhava diretamente para o Sol levou Alhazen a pensar que os raios solares deveriam consistir em alguma coisa capaz de afetar o *sensorium* a ponto de feri-lo, atribuindo, assim, aos raios o poder de arrancar os pontos imagens dos corpos, quando estes eram iluminados pelo Sol. Além disso, com argumentos originais procurou convencer-se de que este agente físico deveria existir e incumbiu-se de determinar sua natureza (BARROS & CARVALHO, 1998).

A idéia de que os raios de luz eram as trajetórias de minúsculos corpúsculos materiais já estava expressa na obra de Alhazen, tendo sido, inclusive, a primeira vez em que ocorrera uma discussão da entidade que os físicos hoje chamam luz e a primeira vez que a teoria corpuscular fora apresentada (BARROS & CARVALHO, 1998).

Em termos filosóficos, Alhazen segue mais a teoria democritiana da intromissão, rejeitando a explicação dada pela teoria da emissão, pois o olho não realiza nenhuma ação, mas, ao contrário, sofre a ação da luz. Isso teve uma importante implicação no uso dado aos raios visuais euclidianos e campos visuais de Al-Kind. Euclides, Ptolomeu e Al-Kind seguiram a teoria platônica aristotélica da emissão de raios visuais pelos olhos; de um certo modo, esses raios tinham uma espécie de existência na qual o próprio olho é o responsável físico por sua emissão. A teoria da intromissão de Alhazen retira o caráter ontológico dos raios visuais, pois eles são meras construções geométricas, úteis para demonstrar as propriedades da visão. Eles podem servir como hipóteses matemáticas, mas não têm realidade física (LINDBERG, 1976). A realidade física é dada pela anatomia do olho (ver figura 3). A geometria serve para compreender as ações da luz no olho e expressá-las em termos de retas e ângulos. A teoria da intromissão após Alhazen adquiriu um *status* bem mais relevante que a teoria da emissão. Poucos ópticos aceitaram nos séculos seguintes que o olho

A anatomia do olho de Alhazen é galênica. Ele não fez nenhuma mudança significativa na estrutura do olho definida por Galeno (TOSSATO, 2005).



Neste esquema, Alhazen apresenta um pequeno círculo no topo do olho designando-o por *foramen uvee* (abertura da uvea), o que hoje conhecemos por pupila, a qual está inserida na *spera cornea*, sendo esta interceptada pela consolidativa (conjuntiva). No interior da *spera cornea* localiza-se a *spera uvea*, que cerca o *albugeneus* (humor albugeneo), o *glacialis humor* (humor cristalino) e o *vitreous humor* (humor vítreo).

A estrutura afunilada contida na esfera do *glacialis* é o *nervus opticus* (nervo óptico). A localização do cristalino no centro do olho, e não à frente onde realmente se situa, deve-se a questões filosóficas – sendo a visão o mais nobre dos sentidos, o olho deveria assim possuir uma forma perfeita igual à do universo, por conseguinte teria de ser esférico, e como o cristalino é um órgão vital para a visão, com certeza devia ocupar a região central (DIONÍSIO, 2003).

Alhazen pôde definir a ação da luz no olho e explicar a formação da visão da seguinte forma:

Essa ação que a luz efetua no cristalino é da mesma espécie que a dor [...]. A partir disso, essa sensação que ocorre no cristalino é estendida para o nervo óptico e vai para a parte anterior do cérebro, e aí reside a última sensação [...]. Esse poder apreende as coisas sensíveis, mas o olho é apenas um instrumento desse poder, porque o olho recebe as formas das coisas vistas e as envia para o último sentiente, e este apreende essas formas e apreende a partir delas as coisas visíveis que estão nelas. A forma que está na superfície do cristalino é estendida para seu corpo, e assim para o corpo sutil que está na concavidade do nervo, até alcançar o nervo comum e, com a chegada da forma ao nervo comum, a visão é completada (ALHAZEN apud TOSSATO, 2005).

Nessa passagem, nota-se que Alhazen considera a ação da luz no cristalino como semelhante à dor, isto é, como algo que implica alguma espécie de ação causada pela ação física da luz. Em segundo lugar, o processo de visão não se encerra no próprio olho, mas, apesar da imagem formar-se no cristalino, ela tem uma continuidade até o cérebro; é somente no cérebro que a visão termina (TOSSATO, 2005).

Portanto, as contribuições da obra de Alhazen para a compreensão do mecanismo da visão foram decisivas e, com sua tradução latina, exerceu grande influência sobre os filósofos ocidentais da Idade Média (BARROS & CARVALHO, 1998).

Entre suas principais contribuições podemos citar, por um lado, a formulação de uma teoria sobre a formação das figuras dentro do olho por um mecanismo envolvendo pontos imagens e, por outro, a coexistência de um agente externo capaz de agir sobre o olho. Contudo, em meio a todo esse período de fértil desenvolvimento das idéias em óptica geométrica, ainda faltava o descobrimento da chave para a compreensão do mecanismo da visão, que só viria a ser alcançada com o surgimento da nova óptica no século XVII (BARROS & CARVALHO, 1998).

A ÓPTICA OCIDENTAL

Em Oxford, e fundamentalmente o seu fundador o bispo de Lincoln, Robert Grosseteste (1168-1253), colocam a óptica no centro das suas investigações. Será durante o século XII que se despertará o interesse dos intelectuais pela natureza da luz e pelos fenômenos com ela relacionados, permitindo aos eruditos explicá-los à custa da óptica. Foi sem dúvida o fundador da óptica no Ocidente. Nos seus trabalhos, são claras as influências da literatura grega e árabe, nomeadamente as obras de Euclides e de Al-Kindi (DIONÍSIO, 2003).

O ocidente latino absorveu completamente os tratados ópticos de Alhazen. Devido à grande disseminação no ocidente durante o século XIII de obras científicas árabes, juntamente com traduções árabes dos trabalhos científicos dos gregos antigos, os tratados ópticos de Alhazen tornam-se o principal guia para os cientistas preocupados

com os fenômenos ópticos. O *De aspectibus* foi lido por todos os grandes ópticos, entre eles Roger Bacon (1214-1294), John Peckham (ou Pecham) (c. 1230–1292) e Witelio (1230/35-1275) (TOSSATO, 2005).

A base da teoria da visão de Roger Bacon é extraída dos aspectos anatômicos, filosóficos e matemáticos de Alhazen. Em suas principais obras sobre óptica, *Perspectiva* e *De multiplicatione specierum* (“Acerca da multiplicação das espécies”), o objeto visto transmite “espécies” pelos raios luminosos em todas as direções, alcançando a superfície do olho. Cada ponto na superfície do olho é o vértice de uma pirâmide visual, com a base na superfície do objeto. Portanto, deve haver uma correspondência ponto a ponto entre os pontos da superfície do olho e os do campo visual (LINDBERG, 1976).

A noção de “espécies visuais” de Roger Bacon servirá como suporte teórico para a explicação de como as imagens visuais são conduzidas até o olho. Ela se assemelha a *eidola* ou *pneuma* dos antigos, e também aos “espíritos visuais” de Johannitus. A substituição desse termo ocorrerá com Kepler que, em vez de espíritos visuais ou espécies visuais, usará o termo *imago*, ou simplesmente imagem.

Depois de Roger Bacon, os principais nomes para a história da óptica foram John Pecham e Vitélio. Os seus trabalhos não foram importantes por inovações técnicas ou por novas posturas filosóficas, mas por transmitirem a óptica de Alhazen e Roger Bacon. Em Pecham, a obra *Perspectiva communis* (“Perspectiva comum”) é simplesmente uma síntese do *De aspectibus* de Alhazen e da teoria de Roger Bacon. Em Vitélio, a *Perspectiva* faz um grande levantamento, uma espécie de compêndio, que reúne todos os grandes trabalhos em óptica, desde Euclides e Ptolomeu até Al-Kind, Alhazen e Bacon. Seu mérito é o de apresentar as principais proposições geométricas de como se forma a visão mediante o paradigma euclidiano de cone visual com o vértice no olho e a base no objeto visto. Vitélio foi um

expressivo matemático, e a divulgação da óptica em seus aspectos geométricos foi passada de geração para geração de estudantes da óptica (LINDBERG, 1976).

Pecham e Vitélio não foram importantes apenas por escreverem manuais de óptica, mas por difundirem o seu estudo nas universidades. A óptica foi incluída nos currículos universitários europeus pela influência desses dois pensadores, tornando essa ciência uma genuína preocupação acadêmica, aumentando o número de pessoas interessadas pelo seu estudo (TOSSATO, 2005).

Outro autor importante nesse período é Leonardo da Vinci (1452-1519). Ele não elaborou nenhuma teoria óptica relevante, mas ajudou a explicar o funcionamento do olho humano por analogia à câmara escura. Alhazen também notou nesse instrumento de observação de eclipses um análogo ao olho humano, contudo ele não desenvolveu os aspectos mais interessantes da analogia. Para Leonardo, tal como numa câmara escura, a luz que ilumina os objetos e segue para o olho, ou para o interior da câmara, emite uma quantidade de radiações que, ao entrarem no olho pela pupila, ou na abertura da câmara, é refratada para alguma parte do olho, ou da câmara, conforme visualizamos na figura abaixo (TOSSATO, 2005).

Desde Galeno ou Alhazen, nenhum óptico negou que o cristalino fosse a parte do olho na qual as imagens são formadas. Ao questionar o papel central do cristalino como a parte que forma a visão no olho, Leonardo criou uma nova questão para ser resolvida pela óptica, a qual será tratada adequadamente no século XVII, por Kepler.

Leonardo ficou intrigado com a inversão das imagens. Se na câmara escura a imagem é invertida, o mesmo deve dar-se no olho, se o considerarmos semelhante a ela. Esta questão só será resolvida com Kepler (TOSSATO, 2005).

A ÓPTICA NOS SÉCULOS XVI e XVII

No que se refere ao olho humano, o mais importante anatomista da época foi Felix Plater (1536-1614). A sua obra *De corporis humani structura et usu*, (“A respeito da estrutura e do uso do corpo humano”) foi muito popular, contendo esquemas sobre o olho e, principalmente, conduziu a uma mudança significativa na concepção da anatomia do olho: a suposição de que as imagens se formam na retina e não, como era aceito desde Galeno, no cristalino. Plater fez essa mudança não porque não seguiu os ensinamentos de Galeno, mas porque as dissecações do olho que ele empreendeu o levaram a notar que não há ligação entre o cristalino e o nervo óptico, não existindo, portanto, meio pelo qual a imagem formada no cristalino seja “passada” para o nervo óptico e siga até o cérebro; a ligação se dá, contudo, entre a retina e o nervo óptico (TOSSATO, 2005).

Mas Plater tratou apenas da parte anatômica do olho, e não dos seus aspectos geométricos. Nesse sentido, o seu trabalho foi necessário, mas não suficiente, pois, como diz Lindberg: Não existe qualquer evidência que Plater resolveu o problema da inversão, o qual tinha incomodado Leonardo e que foi tratado por Kepler. A teoria de Plater simplesmente não se estende para a matéria geométrica, e não temos qualquer sugestão de que nos trabalhos de Plater se possam encontrar soluções para os sérios problemas geométricos que devem ser confrontados e resolvidos antes que a teoria da sensibilidade retinal fosse uma opção viável (LINDBERG, 1976).

A teoria de Plater da imagem formada na retina não é uma explicação suficiente para resolver os problemas geométricos, que são gerados pelo cone visual euclidiano. Nesse sentido, algo mais se fazia necessário (TOSSATO, 2005).

No campo anatômico, os trabalhos de Plater, para o qual o principal componente do olho, no ato da visão, é a retina, responsável pela formação das imagens dos objetos vistos, rompendo, assim, com a tradição galênica, representada principalmente por Alhazen, Bacon e Vitélio, para a qual é no cristalino que se forma a imagem (TOSSATO, 2007).

É somente com a publicação em 1604 do “Suplemento a Witelo” (*Ad Vitellionem Paralipomena*) de Johannes Kepler (1571-1630) que encontramos a primeira explicação cientificamente aceita para o mecanismo da visão (BARROS & CARVALHO, 1998).

Para Kepler os corpos externos consistiam de agregados de pontos. Cada ponto emitia em todas as direções raios retilíneos que se propagavam indefinidamente, ao menos que encontrassem algum obstáculo. Se um olho encontrava-se em frente destes pontos, então, todos os raios que entrassem no olho do observador formariam um cone, tendo o ponto como vértice e a pupila como base. Além disso, esses raios refratados pela córnea e partes internas do olho formariam um novo cone, cuja base estaria na pupila, mas cujo vértice estaria num ponto sobre a retina (BARROS & CARVALHO, 1998).

Kepler estabeleceu que o cone de raios emitidos por um ponto objeto, depois que entrava na pupila, reconvergia para um ponto sobre a retina do olho do observador, onde a estimulação do *sensorium* ocorria e onde os sinais que seriam transmitidos para a mente eram originados. Uma vez recebidos estes sinais, a mente criava, então, uma figura com a mesma forma do objeto e a localizava exatamente onde o objeto era visto.

Quanto ao problema da localização do objeto, Kepler estabeleceu que a direção dos raios, chegando à córnea vindos do ponto objeto, estava diretamente vinculada à posição do ponto sobre a retina que recebia o estímulo, fazendo com que, se a direção fosse alterada, o ponto estimulado também mudaria (BARROS & CARVALHO, 1998).

Para o problema da determinação da distância entre objeto e olho, Kepler recorreu ao cone de raios que tinha o ponto objeto como vértice e a pupila como base, inventando o termo triângulo telemétrico para designar o triângulo que tinha seu vértice no ponto objeto e sua base num diâmetro da pupila. Em outras palavras, ele assumiu que o olho era capaz de receber os raios divergentes formando dois longos lados de um triângulo. Sua conclusão era que a mente localizava o ponto luminoso no vértice do cone de raios alcançando a córnea, ou seja, que o ponto luminoso era visto naquele vértice (BARROS & CARVALHO, 1998).

Para um objeto extenso, o raciocínio era repetido ponto a ponto de tal modo que sobre a retina havia uma figura semelhante ao objeto em todos os aspectos. A mente do observador, informada pelos sinais recebidos através do nervo óptico, reconstruía a figura externa ponto a ponto e localizava-a na distância e direção indicada pelo triângulo telemétrico dos pontos individuais. Em suma, a figura vista era a projeção externa da figura interceptada sobre a retina (BARROS & CARVALHO, 1998).

Para a óptica geométrica as consequências dessa mudança foram dramáticas. A incorporação da lei do triângulo telemétrico de Kepler, de acordo com a qual o olho tinha de ver todos os pontos luminosos no vértice do cone de raios alcançando a córnea, conduziu à separação dos aspectos fisiológicos e psicológicos dos aspectos físicos da visão marcando, assim, o desaparecimento de duas distinções fundamentais: entre *lux* e *lumen*, por um lado e, entre imagens das coisas e projeções, por outro. *Lumen* e *lux* foram substituídas e passou-se a utilizar simplesmente o termo luz. As imagens das coisas e as projeções combinaram-se no conceito de imagem óptica, que atualmente chamamos de imagem real e imagem virtual, abrindo definitivamente o caminho para o progresso da nova óptica (BARROS & CARVALHO, 1998).

A demarcação da área de estudo da óptica implicava o entendimento do funcionamento do olho humano, não apenas quanto à descrição anatômica dos seus componentes, mas, principalmente, na compreensão das “funções” desses componentes entre si, isto é, a óptica não poderia se restringir, como diz Crombie, àquilo que está representado pela visão quando Kepler tratou dos problemas da visão, ninguém tinha tratado com a suposição essencial que a fisiologia ocular funciona como uma explicação imediata da percepção visual; entendiam que ver um objeto é ver apenas o que está presente na imagem formada no olho (CROMBIE, 1991).

Para tanto, Kepler concebe o olho humano analogamente a um artefato mecânico, a câmara escura, o que lhe permite entender como o olho pode errar e, assim, compreender em que parte ele erra (TOSSATO, 2007).

Kepler rejeitou a fisiologia galênica, expressa nas concepções de Alhazen, Bacon e Vitélio, porque ela não permite uma geometrização “adequada”, utilizando em seu lugar a concepção retiniana de Plater. Geometrizar fenômenos ópticos torna-se a segunda contribuição de Kepler para a óptica moderna (TOSSATO, 2007).

Resumindo, o trabalho de Kepler foi o de organizar os elementos anatômicos, fisiológicos e geométricos obtidos pela óptica no final do século XVI numa teoria sobre a visão, que entende o olho como um artefato mecânico – semelhante à câmara escura –, no qual as imagens são formadas na retina, sem qualquer referência à interpretação que o cérebro humano, isto é, qualquer elemento psicológico, possa dar. Em outras palavras, Kepler põe a retina como limite da ótica, o que se passa após ela, não é de sua competência (TOSSATO, 2007).

É justamente a retina, principal órgão do olho, a responsável pela última formação das imagens vindas dos objetos. Esta foi uma mudança significativa na anatomia do olho, que serviu como suporte para que Alhazen e Vitélio utilizassem o modelo de Galeno, cujos

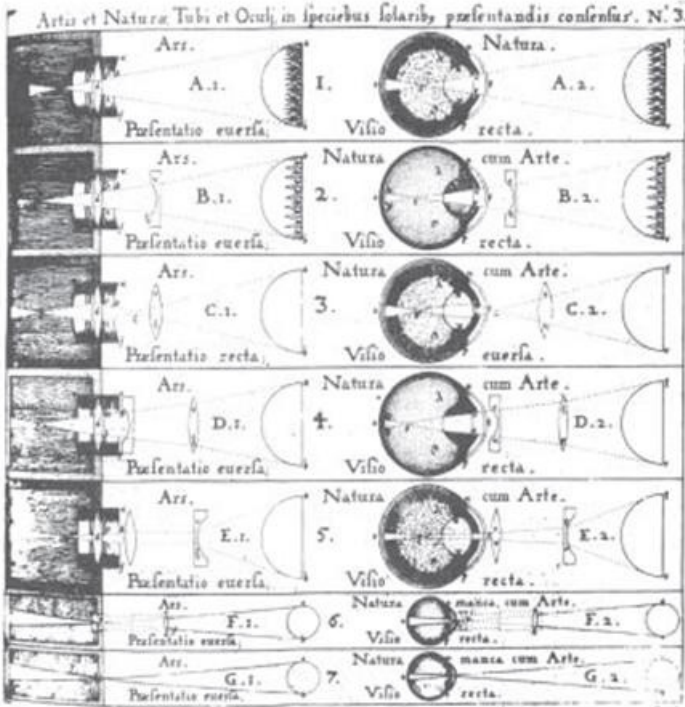


Figura 4: Analogia entre o olho e uma câmara escura, feita por Christoph Scheiner (1573-1650), em sua obra *Rosa ursina*, escrita entre 1626 e 1630. Na parte esquerda da figura, temos o processo de formação da imagem no interior de uma câmara escura; na direita, o mesmo processo no interior do olho.

A EVOLUÇÃO DO OLHO HUMANO

Darwin escreveu sobre a evolução do olho:

Supor que o olho com todos os seus dispositivos para ajustar o foco a distâncias diferentes, para admitir quantidades de luz diferentes, e para a correção de aberração esférica e cromática, podia ter sido formado pela seleção natural parece, confesso livremente, absurdo no mais alto grau. Quando foi dito pela primeira vez que o sol estava parado e o mundo girava à sua volta, o senso comum da humanidade declarou que essa doutrina era falsa; mas conforme todos os filósofos sabem, em ciência não se pode confiar no velho lema *Vox populi, vox Dei*. A razão diz-me que se for possível mostrar que existem numerosas gradações desde um olho simples e imperfeito até um olho complexo e perfeito, cada gradação sendo útil para o seu possuidor, como certamente é o caso; se, além disso, o olho alguma vez variar e as variações forem herdadas, como certamente também é o caso; e se tais variações forem úteis para qualquer animal sob condições de vida em mudança, então a dificuldade em acreditar que um olho perfeito e complexo podia ser formado por seleção natural, embora insuperável pela nossa imaginação, não devia ser considerada como subversiva da teoria (DARWIN, 1859, p.133).

Mesmo Darwin admitiu que poderia parecer absurdo pensar que a estrutura ocular se desenvolveu por seleção natural. No entanto, apesar da falta de evidências de formas intermediárias naquele momento, Darwin acreditava que o olho evoluíra dessa maneira.

É muito provável que o olho tenha evoluído independentemente nos vários grupos do reino animal pelo menos 40 vezes e provavelmente mais de 60 vezes (DAWKINS, 1998, p.158).

Escreve Trevor Lamb (2012) que não foi fácil encontrar uma evidência direta para a teoria. Ainda assim, recentemente biólogos fizeram avanços significativos no estudo da origem do olho, observando a formação em embriões em desenvolvimento e comparando a estrutura e os genes de várias espécies para determinar quando surgem os caracteres essenciais. Os resultados indicam que o tipo de olho comum entre os vertebrados se formou há menos de 100 milhões de anos, evoluindo de um simples sensor de luz para ritmos circadianos e sazonais, há cerca de 600 milhões de anos, até chegar ao órgão sofisticado de hoje, em termos ópticos e neurológicos, há 500 milhões de anos. Mais de 150 anos após Darwin ter publicado sua teoria revolucionária, essas descobertas sepultam a tese da complexidade irreduzível e apóiam a teoria da evolução. Explicam ainda porque o olho, longe de ser uma peça de maquinaria criada à perfeição, exhibe falhas evidentes, “cicatrizes” da evolução. A seleção natural não leva à perfeição; ela lida com o material disponível, às vezes, com efeitos estranhos.

Para entender a origem do olho humano é preciso conhecer eventos ocorridos há muito tempo. O registro fóssil revela que durante a explosão cambriana surgiram basicamente dois tipos diferentes de olhos. O primeiro parece ter sido composto da versão observada atualmente em quase todos artrópodes. Nesse tipo de olho, uma série de unidades idênticas de geração de imagens, cada uma constitui uma lente ou um refletor, irradia luz para alguns elementos sensíveis a ela, denominados fotorreceptores. Os olhos compostos são muito eficazes para animais de pequeno porte, pois oferecem um amplo ângulo de visão e resolução espacial

moderada em volume pequeno. No entanto, olhos compostos são impraticáveis em animais maiores, pois o olho teria de ser enorme para proporcionar visão em alta resolução. Assim, com o aumento do tamanho do corpo, também aumentaram as pressões seletivas favorecendo a evolução do olho tipo câmera (LAMB, 2012).

Nos olhos tipo câmera, todos os fotorreceptores compartilham uma única lente que foca a luz e estão dispostos como uma lâmina (a retina) que reveste a superfície interna da parede ocular. Moluscos têm olhos tipo câmera que lembram os nossos, mas seus fotorreceptores são idênticos ao encontrado em insetos. Os vertebrados apresentam um tipo diferente de fotorreceptores, que nos mandibulados ocorrem em duas modalidades: cones para a visão diurna e bastonetes para a visão noturna (LAMB, 2012).

Muitas características marcantes do olho dos vertebrados também ocorrem em todos os representantes atuais de um ramo principal da árvore dos vertebrados: a dos vertebrados mandibulados. Esse padrão sugere que os vertebrados com mandíbulas herdaram os caracteres de um ancestral comum e que nosso olho já evoluíra por volta de 420 milhões de anos quando os primeiros vertebrados mandibulados. Concluímos então que nosso olho tipo câmera e seus fotorreceptores devem ter raízes ainda mais profundas e voltamos a atenção para os vertebrados sem mandíbulas, com quem compartilhamos um ancestral comum há cerca de 500 milhões de anos. A evolução funciona exatamente assim, pressionando uma estrutura existente para um novo propósito: o olho evoluiu de um órgão sensor de luz não visual para esse que forma imagens (LAMB, 2012).

Embora os olhos tipo câmera proporcionem um amplo campo de visão (basicamente em torno de 180 graus), na prática nosso cérebro consegue processar apenas uma fração da informação dis-

ponível a qualquer momento devido ao número limitado de fibras nervosas que ligam o olho ao cérebro (LAMB, 2012).

O olho humano é frequentemente citado pelos defensores do criacionismo como um exemplo de “complexidade irreduzível”. Termo criado por Michael Behe que usou o «problema do desenvolvimento do olho» como uma evidência do “design inteligente” no livro *Darwin’s black box* (“A caixa preta de Darwin”). Dizem os criacionistas que a complexidade do olho testemunha as inúmeras evidências de que o olho humano tenha sido especialmente “planejado”.

Entretanto, para todos os aspectos engenhosos da evolução ocorridas dentro do olho dos vertebrados, há vários caracteres decididamente deselegantes. Por exemplo, a retina está invertida, então a luz tem de passar por toda a sua espessura, através das fibras nervosas intermediárias e corpos celulares que dispersam a luz e degradam a qualidade da imagem, antes de atingir os fotorreceptores sensíveis à luz. Os vasos sanguíneos também cobrem a superfície interna da retina e lançam sombras indesejáveis na camada de fotorreceptores. A retina tem um ponto cego onde fibras nervosas que passam por toda a sua superfície se reúnem antes de canalizar pela retina e surgir por trás dela como nervo óptico (LAMB, 2012).

Como escreve Michael Shermer:

A anatomia do olho humano apresenta em seu projeto tudo menos “inteligência”. Ele é construído de cabeça para baixo e para trás, exigindo que os fótons de luz atravessem córnea, lente, fluido aquoso, vasos sanguíneos, células ganglionares, células amácrinas, células horizontais e células bipolares antes de atingirem os bastonetes e os cones fotossensíveis que transformam o sinal de luz em impulsos neurais – que são então enviados para o córtex visual no

fundo do cérebro para serem processados em padrões significativos. Para produzir uma visão ótima, por que um projetista construiria um olho de cabeça para baixo e para trás? (SHERMER, 2006, p.122).

ENTRE O OLHO BIOLÓGICO E O OLHAR CULTURAL

Existe no “Ensaio sobre a cegueira”, de Saramago uma diferença sutil entre as atitudes de olhar e de ver. O olhar no sentido de percepção visual, uma consequência física do sentido humano da visão. O ver como uma possibilidade de observação atenciosa, de exame daquilo que nos aparece à vista. Provavelmente é nesse sentido que o autor traz como epígrafe do livro a frase: Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara. O reparar, portanto, não é nada mais do que se libertar da superficialidade da visão para aprofundar o interior do que é o homem e, finalmente, conhecê-lo (DUARTE, 2004).

Numa perspectiva cultural dualista, é feita uma distinção entre o olho e o olhar, tal como escreve Bosi, por exemplo:

Se, em português, os dois termos aparentemente se casam, em outras línguas, a distinção se faz clara ajudando o pensamento a manter as diferenças. Em espanhol: *ojo* é o órgão; mas o ato de olhar é *mirada*. Em francês: *oeil* é o olho; mas o ato é *regard/regarder*. Em inglês: *eye* não está em *look*. Em italiano, uma coisa é o *occhio* e outra é o *sguardo*. Creio que essa marcada diversidade em tantas línguas não se deva creditar ao mero acaso: trata-se de uma percepção, inscrita no corpo dos idiomas, pela qual se distingue o órgão receptor exter-

no, a que chamamos “olho”, e o movimento interno do ser que se põe em busca de informações e de significações, que é propriamente o “olhar” (BOSI, 1989, p.65).

Em outras palavras, escreve o comunicólogo catalão Joan Costa:

Uma coisa é o olho. Outra coisa distinta é o olhar. O olho vê. O olhar olha. Vendo o olho se distrai e se faz vulnerável. O olhar domina. O olho é receptor de sensações luminosas. O olhar é ativo: busca, esquadrinha, exige e contempla; absorve informações, emoções e valores. E também os expressa: emite. A visão é o único órgão do aparelho sensorial que possui essa dupla capacidade receptora e emissora de mensagens; junto com o tato (ainda que a informação seja muito débil), por isso o olhar é táctil, apalpa (COSTA, 2003, p.15).

Percebe-se nesta perspectiva que o olho além de receptor é também emissor, nas palavras expressas por Costa (2003). Desta forma se resgata a antiga teoria da emissão de Platão e Aristóteles. Nesta perspectiva, do ponto de vista cultural, também é justificada a existência do “mau olhado”, que não seria causado pelos olhos, e sim pelo olhar.

É possível a crença no “mau olhado” tenha tido origem no mito dos animais monstruosos como o Basilisco e o Catoblepas, que possuíam como característica em comum matar com o olhar.

Como já vimos, as teorias clássicas sobre a visão consideravam que o olho emitia raios que se dirigiam ao objeto do olhar: o olhar do Basilisco seria um caso particularmente dramático desta doutrina (BUENO-SÁNCHEZ, 1978).

Plínio, no livro VIII da sua “História Natural”, coloca juntas as descrições do Catoblepas e do Basilisco:

Perto desta fonte vive a besta chamada catoblepas, de tamanho mediano e de andar pesado, toda sua atividade consiste em levar com dificuldade sua cabeça, que é muito pesada, e que tem sempre inclinada para o solo. De outro modo seria a praga do gênero humano, pois todo o homem que vê seus olhos morre imediatamente. A serpente basilisco não tem menos poder. É gerado na província de Cirenaica e seu tamanho não passa de doze dedos, tem como marca uma mancha branca sobre a cabeça, que se parece com um diadema. Seu silvo espanta a todas as serpentes. Não anda como as outras, por uma série de ondulações, mas avança mantendo-se alta e ereta sobre a metade do seu corpo. Destrói o arvoredado, tanto com seu hálito como por seu contato, queima as ervas, quebra as pedras, tanta força tem o seu veneno. Acreditava-se que se fosse atacada com uma lança de um cavaleiro, seu veneno voltava e matava o cavalo e o cavaleiro. Sem dúvida este monstro, que já resistiu a prova dos reis que o desejavam morto, não resiste ao veneno das doninhas: pois a natureza nada criou sem a sua contrapartida. Estas são colocadas nas covas dos basiliscos, que encontram facilmente pela infecção do terreno. Matam o basilisco pelo odor que exalam e morrem: assim termina o combate da natureza consigo mesma (PLINIO *apud* BUENO-SÁNCHEZ, 1978).

Santo Isidoro de Sevilha no século VII, no capítulo dedicado as serpentes das suas “Etimologias”, assim descreve o Basilisco:

Basilisco é uma palavra grega, em latim se interpreta como régulo, porque é a rainha das serpentes, de maneira que todas lhe obedecem, porque as mata com seu alento e ao

homem com sua vista, mais ainda, nenhuma ave que voe em sua presença passa ilesa, ainda que esteja muito longe, cai morta e é devorado por ele. Sem dúvida só que vence-o é a doninha, que os homens lançam nas cavernas onde se esconde o basilisco. Quando este a vê foge e é perseguido e morto por esta. Nada deixou o Pai de todas as coisas sem remédio. Seu tamanho é de meio pé e tem linhas formadas por pontas brancas. O basilisco, como os escorpiões, andam por lugares áridos, mas quando chegam as águas se fazem aquáticos. Sibilus é o mesmo basilisco, e é chamado assim porque com seus silvos matam antes de morder (ISIDORO DE SEVILHA *apud* BUENO-SÁNCHEZ, 1978).

Na Idade Média deixou de ser mistério a origem do Basilisco: os galos velhos quando botavam um pequeno ovo, que incubado num dia quente por um animal venenoso (ou um sapo), produz um Basilisco. Já os egípcios acreditavam que nascia de um ovo da ave Ibis (BUENO-SÁNCHEZ, 1978).

O Catoblepas tinha uma forma de matar inversa do Basilisco: morriam os que viam seus olhos (por isto sempre olhava para baixo) enquanto o Basilisco matava o que via. Catoblepas em grego significa “o que olha para a terra”. Cuvier sugeriu que o Catoblepas poderia ser identificado com o antílope gnu (BUENO-SÁNCHEZ, 1978).

Obras dos séculos XV, XVI e XVII, principalmente de origem ibérica, dedicadas total ou parcialmente ao tema do “mau olhado” chamam atenção pela sua abundância: de médicos como Arnaldo de Vilanova, Alonso Chirino de Cuenca, Alonso Fernández de Madrigal “El Tostado”, Diego Álvarez Chanca, Antonio de Cartagena, Gaspar de Ribeiro, Tomas Rodrigues da Veiga, Cornelius Agrippa, Lázaro Guiterrez, Francisco Pérez Cascales; teólogos como Pedro Ciruelo, Bar-

tolomé Spina, Manuel Del Valle de Moura, Frei Martín de Castañeda, Frei Alonso de la Veracruz.

Como assinala Fabian Campagne: “O mau olhado era uma doença majoritariamente aceita pela medicina oficial, o que constitui um dos mais extraordinários casos de convergência entre a cultura popular e a cultura de elite na Europa moderna” (CAMPAGNE *apud* CIA-PPARELLI, 2005).

O médico e filósofo Cornelius Agrippa (1486-1535) na sua obra *De occulta philosophia libri* dedica um capítulo sobre a arte da fascinação ou “mau olhado”, que transmitia um vapor com os raios que saíam dos olhos do fascinador e que penetravam nos olhos do fascinado, com auxílio de colírios preparados para obter-se o efeito desejado, que poderia ser a procura de um amor, provocar o medo ou induzir uma enfermidade. Antes o tema já havia sido tratado pelo Doutor Diego Álvarez Chanca (c. 1450-1515), médico dos Reis Católicos que partiu para as Índias em 1493 e foi o cronista da segunda viagem de Colombo, abordando em uma seção da sua obra *Tractatus de fascinatione* (de 1499) o problema se era possível um homem envenenar outro com seu olhar, isto é, se poderia produzir-se o “mau olhado”. Chanca se inspirou no *Tratado de fascinación o de aojamiento* (cerca de 1411) do Marquês Enrique de Vilhena que explica a origem do mau olhado, seu diagnóstico e tratamento com colírios da pedra negra ou antimônio, pedras preciosas e orações. Este tratado toma como fundamento diversas fontes árabes, judias e persas para tratar este mal que considera mortal e que segundo descreve se assemelha em seus sintomas a uma doença nervosa.

Segundo o Doutor Chanca (*apud* HERMIDA, 1990) qualquer pessoa pode viver com veneno sem ser afetada, desde que este não se mova. Tal é o caso da mulher menstruada, que leva o sangue maligno em seu corpo sem sofrer dele mal algum.

Assim, a mulher que sofre esta doença, elimina os espíritos venenosos, vaporosos e transitáveis, pela via natural, e quando esta não é possível, os espíritos escapam pelos olhos na ação de ver, infectando o ar e afetando a qualquer ser que se encontra dentro do campo de ação. Por isso, a mulher menstruada causa o mau olhado acidentalmente. O maior problema é quando a menopausa afeta a mulher, então se elimina a forma natural de expulsão dos espíritos malignos, e se converte causadora natural do “mau olhado”. É esta uma explicação racional mediante a qual as mulheres velhas são causadoras em potência, sem que por isso possamos inseri-las no grupo das famosas “bruxas”, que tão comuns e vulgares se tem feito ao longo da história. De fato, a maioria das pessoas que o vulgo ataca como causadoras de “mau-olhado” são mulheres, de aspecto um tanto tétrico e com presumível relação diabólica, e poucos homens que tem sido qualificados como tais, sempre possuíam alguma tara física, seja real ou imaginária. Crença que é negada pela ciência médica, ao demonstrar que a mulher, dada a sua compleição (mais facilmente corruptível por sua própria alimentação, pelo mênstruo, etc.) forma facilmente sangue melancólico, que ascende para a cabeça e através da sua ebulição, sai pelos olhos. Com isso, os causadores do mau olhado são definidos quase sempre dentro do mundo feminino, ainda que existam casos de jovens e adultos, pessoas mal dispostas, como os melancólicos ou coléricos que podem também sofrer esta doença.

Segundo Ciapparelli (2005), era consenso entre os autores que escreveram sobre o “mau olhado” nos séculos XV, XVI e XVII, os seguintes aspectos:

1. O dano é causado pelo olhar;
2. No influxo prejudicial se encontra o sentimento de inveja;
3. As causadoras são na maioria mulheres, em especial as velhas ou as que se encontram no período menstrual;

4. As vítimas são crianças ou pessoas debilitadas. A beleza pode atrair o mal;
5. O olhar sofre danos espirituais e físicos;
6. Uso de amuletos preventivos;
7. A necessidade de remédios específicos.

Em menor medida outras concordâncias podem ser referidas, como: o ar como meio transmissor da carga daninha, a intervenção demoníaca, que supunha uma maior gravidade do mal, o mau olhar através de elogios excessivos onde não existia o desejo de causar dano (CIAPPARELLI, 2005).

O matemático e teólogo espanhol Pedro Ciruelo (1470-1548) na sua obra *Reprovación de las supersticiones y hechizerías* (de 1538) pensava que se infectava com o olhar e “mais ainda pelo alento de boca e narizes, pelo suor ou vapor, o bafo que sai de todo o corpo da pessoa infeccionada: assim como é um leproso ou buboso, uma mulher sangrenta de seu costume, alguma velha de má compleição, e de outras muitas maneiras” (CIRUELO, 1628, p.142).

Do ponto de vista filosófico, o olhar para Sartre (2003), é, primeiramente, um intermediário que me remete a mim mesmo. Basta que o outrem me olhe para que eu seja o que sou; ele me constitui através do olhar.

Há culturas que permitem olhar nos olhos de outra pessoa e manter este olhar sem produzir incomodo. Outras culturas rechaçam olhar diretamente nos olhos. Ante o reflexo do olhar do outro a norma é desviar o olhar imediatamente. Em inglês existe um verbo especial *to stare*, que significa “olhar fixamente”. Não é de boa educação olhar fixamente nos olhos. Com muitas pessoas, todas olham em direções distintas, sem cruzar o olhar. Somente se permite um instante da visão da cara do outro, o que se denomina “uma olhada”. Existe um jogo infantil de “sustentar o olhar”. Se trata de uma com-

petição das crianças que se olham nos olhos com o propósito de que o outro se ponha a rir antes de desviar o olhar. O que resiste ganha, demonstrando ser mais forte (MIGUEL, 2003).

O mal se pensa também com os olhos. Há olhares que matam. O maior desamparo e não ter onde voltar os olhos. A obsessão se mede em não ter olhos mais que para algo. Algumas vezes não se podem pregar os olhos de noite. Pode-se ser estreito em visão, quatro olhos vêm mais que dois. A realidade entra pelos olhos, inclusive salta aos olhos. Ver algo é crer. Recomenda-se a alguém abrir os olhos. Todo olho é estar muito atento. Olhar antes de cruzar. Rápido num abrir e fechar de olhos. As coisas se medem à olhos vistos, à simples vista. Às vezes no “olhômetro”. Pode-se fazer “vista gorda”. Custar os olhos da cara. A vingança se pratica “olho por olho”. Em atenção tem que ficar de olho! A vista assinala uma habilidade ou talento especial, ter muito olho para algo, o famoso “olho clínico” dos médicos. Ir de olhos fechados é ser precipitado. Pregar o olho é dormir. Fechar os olhos e estirar as pernas é morrer. Andar de olho é ser cuidadoso e vigilante. Não tirar os olhos de cima. Existe a expressão “aos olhos da sociedade”. A personificação dos olhos é imensa (MIGUEL, 2003).

Os olhos e o olhar estão presentes nas diversas manifestações culturais da humanidade. Assim, como na poesia e na literatura, na música popular e erudita, nas artes plásticas, na mitologia grega e de outros povos, na história, na religião, na filosofia, onde não haveria espaço para abordar no presente trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista histórico, as teorias ópticas sofreram paulatinamente um processo de geometrização com a teoria do cone visual de

Euclides e depois de mecanização da estrutura e função do olho humano que começou com Leonardo da Vinci e a analogia da câmara-escura e culminou com Kepler. Depois esta analogia foi substituída pela da câmera fotográfica e até hoje é usada para explicar a visão do ponto de vista didático.

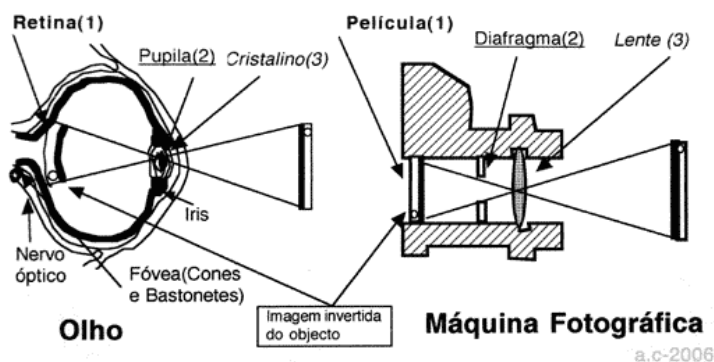


Figura 5: A analogia recorrente entre o olho humano e uma câmera fotográfica.

No processo histórico as teorias da emissão de Platão e Aristóteles foram substituídas pela teoria da intromissão de Alhazen, e o papel do cristalino na formação de imagens foi substituído pela retina por Plater.

Mesmo levando-se em conta toda a história construída sobre a função do olho humano na história da óptica, não são estes os órgãos principais da visão. Hoje, sabe-se que o olho nada mais faz do que captar informações luminosas e motoras, que são processadas no cérebro (MEYER, 2002) e de que evoluiu em milhões de anos de um órgão sensor de luz que não tinha função visual.

Para Meyer, ao final do processo visual, desde a captação da imagem pelo olho até seu processamento pelo lobo occipital, podemos afirmar que não é o olho, mas sim o cérebro que vê (o que o olho

captou) (MEYER, 2002), Hoffman concorda: “o que ocorre quando você vê não é um processo de estímulo e resposta sem participação da mente (...), mas um processo sofisticado de construção cujas complicações estamos começando a compreender atualmente”. (HOFFMAN, 2000)

Hoffman defende a teoria de que tudo o que vemos é construído pela nossa mente, ou melhor, pela nossa “inteligência visual”. “Talvez a conclusão mais surpreendente resultante da pesquisa sobre a visão seja a seguinte: a visão não é meramente um produto da percepção passiva, ela é um processo inteligente de construção ativa. O que você vê é, invariavelmente, aquilo que sua inteligência visual constrói”. (HOFFMAN, 2000, p.10).

Do ponto de vista cultural a base sobre a qual, durante séculos, fundamentou-se a crença do “mau olhar” foram as teorias clássicas da visão que supunham que os olhos emitiam raios ou corpúsculos que entravam em contato com os objetos. Assim a maldade, a inveja, o desejo de causar dano poderiam influir nos corpúsculos que partiam dos olhos e atingiriam a pessoa ou outros seres vivos olhados, os quais seriam afetados pelo seu conteúdo, ou mesmo morriam como ocorria nos mitos do Basilisco e do Catoblepas.

Historicamente entre os autores que trataram do tema manifestou-se um forte conteúdo misógeno. A misoginia é uma ideologia sobre a inferioridade das mulheres que tem acompanhado o patriarcado ou sociedades dominadas pelo homem por milhares de anos. Os pensadores Aristóteles e Santo Isidoro de Sevilha constituíram-se nas fontes dessa ideologia discriminadora da mulher no pensamento e na cultura do homem ocidental.

Sob esta perspectiva misógena escreveu Petrarca: “A mulher mata da mesma maneira que o Basilisco, com o olhar, e envenena com um só contato; com efeito, consome pouca a pouco os homens e faz que

se inflamem quando vêm uma mulher” (PETRARCA, *apud* PICINELLI, 1999, p.88) ou como escreveu Santo Agostinho: “A mulher espalha a peste do desejo; umas vezes se desfaz em sorrisos, ora oferece carícias, e o mais venenoso de tudo, se compraz em tocar cítara ou em cantar, ante o qual é mais suportável o silvo do Basilisco” (SANTO AGOSTINHO *apud* PICINELLI, 1999, p.89). A analogia estabelecida entre o canto da mulher e o silvo do Basilisco enfatiza o retrato depreciativo que se quer transmitir sobre a mulher maliciosa, pérfida e pecadora.

Tomas de Aquino também escreveu:

Parece apropriado pensar que a alma, mediante uma forte representação imaginária, possa alterar os humores do corpo a ela unido. Esta alteração dos humores corporais tem lugar principalmente nos olhos, onde ocorrem os espíritos mais sutis. Os olhos infeccionam depois o ar em volta até um determinado espaço, de modo que os espelhos novos se embaçam ao olhar da mulher na época das suas regras, segundo afirmou Aristóteles. Dir-se-ia, pois, que quando a alma sente uma veemente comoção maligna, como de modo particular pode acontecer nas velhas feiticeiras, o olhar destas se torna venenoso e daninho de modo que temos dito, especialmente às crianças, que têm o corpo delicado e fácil para impressionar-se. É também possível que por permissão de Deus, ou inclusive mediante algum fenômeno oculto, intervém nisto a maldade dos demônios com que tais velhas feiticeiras podem ter algum pacto (AQUINO *apud* BUENO-SANCHÉZ, 1978, p.71).

Neste mesmo sentido, o médico e alquimista suíço Paracelso (pseudônimo de Phillipus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohe-

nheim (1493-1541) considerava que os Basiliscos nasciam do menstruo das mulheres. A este respeito nos países ibéricos, são chamadas de Basiliscos as mulheres de “mau caráter”, viragos e solteironas.

Assim, os olhos e o olhar possuem um expressivo simbolismo cultural nas sociedades humanas. Podemos resumir estes aspectos concluindo que o olho é biologia e o olhar é cultura.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. V.; CAMINHA, A. F. Plantas e animais usados na cura e prevenção do “mau-olhado” segundo especialistas populares do Recife, Pernambuco, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, 9(2/3): p. 114-121, 2009.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, 1998, 5(1), p. 83-94

BOSI, A. Fenomenologia do olhar. In: Novaes, Adauto (org.) **O Olhar**. São Paulo: Companhia das Letras, 1988, p. 65-87.

BUENO-SÁNCHEZ, G. Ontogenia y filogenia del basilisco. **El Basilisco**, nº 1, 1978, p. 64-79.

CHAUÍ, M. **O olhar**. São Paulo: Companhia das Letras, 1988, p.31-61.

CIAPPARELLI, L. B. Medicina y literatura en el Tratado de Fascinación de Enrique de Villena. Buenos Aires: **Cuadernos de Historia de España**, v.79 n.1, 2005, p.31-56.

CIRUELO, P. **Tratado em qual se reprovam todas las supersticiones y hechizerias**. Barcelona: Sebastian de Cormellas, 1628.

COSTA, Joan. **Diseñar para los ojos**. 2ª Ed. Grupo Editorial Design, La Paz, 2003, p.15.

CROMBIE, A. C. The mechanistic hypothesis and the scientific study of vision: some optical ideas as a background to the invention of the microscope. In: BRADBURY, S. & TURNER, G. L. E. **Conference of The Royal Microscopical Society**. Cambridge: Cambridge University Press, 1967. p. 3-112.

DARWIN, C. **On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. 1ed. London: John Murray, 1859.

DAWKINS, R. **A escalada do monte improvável: uma defesa da teoria da evolução**. São Paulo: Companhia da Letras, 1998, p.158.

DIONÍSIO, A. F. L. **A Matemática no primeiro livro do Della Pittura**. (Tese de Doutorado) Universidade de Coimbra, Departamento de Matemática. 2003, p.61-125.

DUARTE, L. L. Barbárie e humanização, no Ensaio sobre a cegueira, de José Saramago. **Revista Garrafa**. Rio de Janeiro: PPGL/UFRJ, v. 3, 2004.

HERMIDA, J. S. La literatura de fascinación española en el siglo XVI. **AISO. Actas II**, 1990, p.957-990.

HOFFMAN, D. D. **Inteligência visual: como criamos o que vemos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

LAMB, T. D. A fascinante evolução do olho. **Aula Aberta** (Scientific American Brasil), ano 1, n. 10, 2012, p. 28-33.

LINDBERG, D. C. **Theories of vision from Al-Kindi to Kepler**. Chicago/London: University of Chicago Press, 1976.

MAYER, P. **O olho e o cérebro**: biofilosofia da percepção visual. São Paulo: Editora UNESP, 2002

MIGUEL, J. M. El ojo sociológico. **Reis**, n.101, p.49-88, 2003.

PICINELLI, F. **El mundo simbólico**. Serpientes y animales venenosos. Los insectos. Zamora. Mich. El Colegio de Michoacán, 1999, p.88-89.

PLATÃO. **Timeu - Crítias - O Segundo Alcebiades - Hípias Menor**. 3a ed. Belém: EDUFPA, 2001.

SARAMAGO, J. **Ensaio sobre a Cegueira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

SARTRE, J. P. **L'être et le néant**. Paris: Gallimard, 2003.

SHERMER, M. **Why Darwin matters**: the case against intelligent design. New York: Henry Holt and Company, 2006.

TOSSATO, C. R. A função do olho humano na óptica do final do século XVI. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 415-41, 2005.

TOSSATO, C. R. Os fundamentos da óptica geométrica de Johannes Kepler. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 471-99, 2007.