
A DESCOBERTA DO TELESCÓPIO: FRUTO DE UM RACIOCÍNIO DEDUTIVO?

Fátima Regina Rodrigues Évora

Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência – UNICAMP
Campinas – SP

“Então podemos dar forma a corpos transparentes e arranjá-los de tal maneira com respeito a nossa vista e objetos de visão, que os raios se inclinam do modo que nós desejarmos, e sob o ângulo que nós quisermos; nós poderemos ver o objeto perto ou à distância. Assim, a uma distância incrível podemos ler as menores letras (...). Nós também poderíamos fazer com que o Sol, a Lua e as estrelas, aparentemente, descessem até aqui embaixo”. Roger Bacon (Opus Maius, 1266-1267).

Existe uma controvérsia bastante grande sobre a construção do primeiro telescópio.

Embora haja algumas evidências de que os chineses já conhecem as lentes a partir do século X e os árabes a partir do século XI, eles não chegaram, ao que se sabe, a desenvolver qualquer dispositivo semelhante ao telescópio.

Roger Bacon (1214-1294), na sua mais conhecida obra **Opus Maius**, enfatiza a possibilidade de usar lentes para aumentar pequenos objetos. Porém, embora Bacon apresente diversos diagramas ilustrando regras para o aumento e diminuição por superfícies esféricas, de acordo com as posições relativas do olho, do centro da esfera e da superfície, não se pode dizer, com certeza, que o próprio Bacon tenha construído o seu telescópio, e ainda que o tivesse feito provavelmente teria obtido um dispositivo de pouca eficácia devido à má qualidade óptica das lentes disponíveis na época.

A refração da luz, no final do século XIII, era estudada através de superfícies planas transparentes, e através de esferas de vidro (**pila crystallina**), cujo comportamento, do ponto de vista óptico, é bastante complexo devido ao fenômeno da aberração. E embora, neste período, se iniciasse o estudo da refração através de meia esfera de vidro (**convexa sphaeralis superfícies**) e mais tarde através do que hoje se conhece como lente plano côncava (**concava sphaeralis superfícies**) a qualidade óptica de ambas ainda deixava muito a desejar, uma vez que elas eram obtidas a partir de esferas de vidro, portanto de pequeno raio e conseqüentemente foco curto o que as tornavam de pouca utilidade como objetiva de um telescópio. Além disso elas, no início, eram muito espessas, portanto o caminho óptico percorrido pela luz dentro destas superfícies, em relação ao comprimento focal, era rele-

vante (coisa que desaparece quando pensamos em lentes de óculos, cuja espessura é desprezível em comparação com o comprimento focal). Outros problemas que poderiam surgir seriam causados pelo fato de que as **pila crystallinas**, a partir das quais estas superfícies eram obtidas, dificilmente seriam perfeitamente esféricas, o que acarretaria problemas de distorções. Os fenômenos da dispersão e aberração cromática seriam também agravados nestas superfícies (se comparados com aqueles presentes nas lentes côncavas e convexas). Diante deste quadro, a descoberta das lentes de óculos desempenhou um papel decisivo no futuro desenvolvimento da óptica devido a sua alta capacidade óptica. Esta descoberta ocorreu, no Ocidente, no final do século XIII, provavelmente entre 1280 e 1286, quando foi introduzido o uso de lentes convexas de pequena curvatura e foco longo para compensar a hipermetropia.

Segundo nota Vasco Ronchi, o verdadeiro inventor das lentes dos óculos não devia pertencer à classe das pessoas que escreviam acerca de suas descobertas, porque, apesar da investigação cuidadosa, não foi até hoje descoberto seu nome. Além disso, a palavra italiana **lente di vetro** (lentilhas de vidro ou lentilhas de cristal) usada para indicar estes pequenos discos de vidro era um termo popular, e se

*“alguém mencionasse **lente** sem qualificar o material de que elas eram feitas correria o risco da confusão com o vegetal. A melhor prova de que a lente não foi inventada em um meio cultural é o modo como as pessoas cultas tratavam-na uma vez que seu uso foi introduzido. As lentes eram consideradas indignas de qualquer atenção e foram ignoradas por mais de três séculos (...). Mesmo as raras alusões que nós encontramos sobre o uso de lentes em Alhazen, Bacon, Cardano e outros diz respeito ao uso de lentes como um meio de aumento mas nunca como um meio de correção da visão”. (RONCHI, V. **The Nature of Light**, p. 71).*

No final do século XVI, agora com lentes bem mais aperfeiçoadas, encontramos algumas outras descrições de instrumentos que parecem acenar ao telescópio.

Leonard Digges (?-1571) afirmou ter inventado um dispositivo formado por uma combinação de lentes (uma côncava e outra convexa, montadas sobre armações sem tubo), que permitia que objetos distantes pudessem ser vistos como se estivessem perto. Segundo escreveu Thomas Digges, filho de Leonard, seu pai desenvolveu seu trabalho com vidros de perspectiva com a ajuda de alguns manuscritos de Roger Bacon que caíram em suas mãos.

Também o italiano, de Napole, Giovanni Battista della Porta (1535-1615) pleiteou uma invenção similar em 1589. Nesta ocasião, della Porta havia expandido seu livro **Magia Naturalis**, publicado em 1558, de quatro para vinte livros (ou

partes) acrescentando, entre outras, passagens sobre combinações de lentes (côncavas e convexas) através das quais se podia ver perto e longe.

Kepler, no seu longo comentário sobre o **Sidereus Nuncius** – onde Galileo apresentou o seu telescópio e suas primeiras observações telescópicas – refere-se ao trabalho de della Porta sobre a combinação de lentes como um precursor do telescópio galileano.

Kepler afirma que: muitos têm-se mostrado incrédulos com respeito ao telescópio embora,

*“não se trate de nada impossível ou novo nem tenha sido recentemente descoberto por um belga, pois o anúncio se fez já há muitos anos por Giovanni Battista della Porta no livro XVII, cap. 10, do seu **Magia Naturalis** sobre os efeitos da lente de cristal.”*
(KEPLER, *Dissertatio cum...*, p. 97-126).

Embora a passagem citada por Kepler possa sugerir que della Porta tenha chegado perto do telescópio galileano, se examinarmos o contexto da passagem pode-se perceber claramente que ela se refere somente à forma de se corrigir algum defeito de visão através do uso de lentes.

Contudo, della Porta em uma carta escrita a Federico Cesi, em 28 de agosto de 1609, reivindica para si a prioridade da descoberta do **cannochiale**, afirmando que o segredo da luneta (dell’occhiale) pode ser encontrado no livro 9 do seu livro **De Refractione** (1593); em seguida della Porta descreve seu instrumento (ver Fig. 1) tal que se Federico quisesse poderia construí-lo e tirar dele puro prazer:

“É um cano de estanho de prata de um palmo de comprimento ad, e três dedos de diâmetro, que tem na cabeça a um óculo (occhiale) convexo: ali tem um outro do mesmo material, de 4 dedos de comprimento, que entra e sai no primeiro e tem um côncavo preso no primeiro, na ponta b. Mirando só com o primeiro, se verão as coisas distantes próximas; mas como a visão não se faz no cateto, elas parecem obscuras e indistintas. Introduzindo o outro canal côncavo, que faz o efeito contrário, se verão as coisas claras e direitas: e assim entra e sai para fora, como um trombone, até que se ajuste à vista do observador, que todas são diferentes...”
(PORTA, G. B., *Carta a Féderico Cesi, Opere di Galileo*, p. 252).

Porém, como nota Antonio Favaro, nem o livro IX que trata **De Coloribus ex Refractione, s. de iride, lácteo circulo** etc., nem o livro VIII, que é intitulado **De specillis**, contêm aquilo que esta carta descreve. Na verdade, a descrição mais próxima da que é apresentada aqui encontra-se justamente na edição ampliada do **Magia Naturalis** (1589).

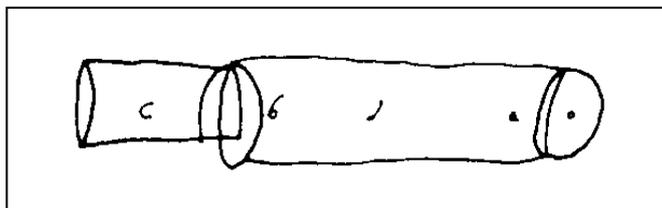


Fig. 1 – Figura da luneta (occhiale) de G. Batista della Porta presente na carta de della Porta a Federico Cesi, datada de 28 de agosto de 1609. (apud. Edizione Nazionale delle Opere di Galileo, vol. X, p. 252).

Porém, o **Magia Naturalis** é um livro dirigido ao público em geral e não ao meio acadêmico. Ele “*não é um livro sério. É (como afirma Ronchi) uma coleção de truques, jogos e mágicas e esta é a razão porque Porta decidiu incluir nele algo acerca de lentes*” (RONCHI, **The Nature**, p. 78). Somente quatro anos depois da edição de 1589 do **Magia Naturalis** é que della Porta retoma o estudo das lentes em outro livro, o **De Refractione** (1593), desta vez de uma forma mais séria.

Uma evidência de que o **Magia Naturalis** era dirigido aos não especializados é o termo que Porta utiliza, durante quase todo o livro, para denominar as lentes, a saber **lente crystallina**, que como já vimos era um termo popular. No **De Refractione** della Porta usa um termo mais digno: **specillum**, que era a palavra usada nos meios acadêmicos para denominar as lentes.

Recentes estudos, baseados em documentos encontrados no princípio deste século, demonstravam que a invenção da primeira luneta se deu por volta de 1600, na Itália. E esta serviu de modelo para a construção em 1604, em Middleburg, de uma outra, porém elas permaneceram praticamente desconhecidas até que uma patente do telescópio foi requerida, no começo de outubro de 1608, por um polidor de lentes de Middleburg chamado Hans Lippersheim (?-1619). Além de Lippersheim surgiram outros pretendentes rivais. Entre eles destacam-se Zacharias Jansen (em 1604) e Adrien Metius.

De acordo com uma nota escrita em 1634 por Isaac Beeckman, um antigo de Descartes, que trabalhava como polidor de vidros de óptica, como tantos outros seus contemporâneos, e que freqüentava o atelier amador de Johannes Jansen (1611-?), o filho de Zacharias, Zacharias Jansen construiu seus primeiros telescópio depois de ter visto ou ouvido falar acerca deles.

“Johannes Zacharias segh dat sijn vader den eersten verrekijker maeckte hier te lande anno 1604 naer eene van eenen italiaen, daerop stont: anno 1(5)90” (Johannes Zacharias disse que seu pai fabricou o primeiro telescópio entre nós, no ano de 1604, a partir do modelo de um italiano, no qual estava escrito: ano 1590). Muito mais tarde, nós encontramos Johannes a editar um retrato ofici-

al totalmente diferente deste, mas sua confidência de 1634, mais próxima do acontecimento, e assim, sem dúvida mais sincera”. (BEECKMAN, J. 1634 apud Danjon, A. e Ccuder, A., **Lunettes et Télescope...**, p. 583).

Além disso, o grande centro de indústrias de vidro e fabricação de lentes se encontrava, no tempo em questão, entre o vale de Arno e o lago Veneziano, o que aumenta a possibilidade de que a primeira luneta tenha sido construída ali.

Todavia, se a descoberta foi feita por Bacon, Digges ou Porta, o que não é certo, ela não foi difundida e acabou caindo no esquecimento. E embora a patente não tenha sido concedida a Lippersheim, ele recebeu auxílio financeiro do Governo holandês para construir, para eles, mais três dos seus instrumentos, desde que seu método fosse mantido em segredo.

Galileo, por sua vez, parece considerar que o primeiro inventor do telescópio foi um simples fabricante de óculos comuns (da Holanda).

Certo é que em fins de 1608 notícias sobre a descoberta de um certo instrumento holandês, através do qual um objeto embora distante duas milhas do observador podia ser visto claramente como se estivesse perto, foram largamente difundidas.

Paolo Sarpi foi o primeiro, na Itália, que ouviu falar da invenção holandesa do telescópio. Isto ocorreu em novembro de 1608, quando chegou às suas mãos uma cópia de um jornal impresso, que circulou amplamente em toda a Europa e que relatava a recente visita de uma embaixada do rei do Sião e de um general espanhol a Haia, no qual se encontra uma descrição da nova invenção.

Apesar disso, Galileo parece não ter tido notícias acerca do telescópio (ou não deu crédito a elas) até julho de 1609 quando, em visita a Veneza a fim de verificar as perspectivas de ter seu salário aumentado, ficou sabendo, por intermédio de amigos, da existência de tal instrumento. Esse episódio é narrado por Galileo no **Sidereus Nuncius**, escrito nos primeiros meses de 1610 e publicado em 12 de março de 1610, onde são descritas suas primeiras observações telescópicas.

“Há cerca de dez meses chegou aos meus ouvidos uma notícia de que um certo belga tinha construído um pequeno telescópio por meio do qual objetos visíveis, embora muito distantes dos olhos do observador, eram vistos claramente como se estivessem perto. Deste efeito, verdadeiramente notável, várias experiências foram relatadas, às quais algumas pessoas davam crédito enquanto outras as recusavam. Uns poucos dias mais tarde a notícia me foi confirmada em uma carta de um nobre francês de Paris, Jacques Badovere, que me motivou a dedicar-me sinceramente à investigação do meio pelo qual eu podia chegar à invenção de um instrumento similar”. (GALILEI, G. **Sidereus...**, Opere di Galileo, vol. III, p. 60).

Diante destes rumores e das poucas possibilidades de conseguir o aumento de salário, cuja reivindicação o levara até Veneza neste mês de Julho, e imaginando a importância que o telescópio teria para o governo veneziano nas atividades marítimas e terrestres, Galileo retorna a Pádua (3/8), onde então residia, para tentar construir um destes instrumentos, cuja invenção podia ser-lhe útil para melhorar sua situação financeira.

Segundo Galileo escreve no **II Saggiatore** (1623), na primeira noite depois do seu retorno ele já havia resolvido o problema da construção do telescópio, tendo construído um no dia seguinte. Galileo envia notícias disso aos amigos de Veneza com os quais havia discutido o assunto no dia anterior. Seis dias mais tarde, Galileo encontra-se a caminho de Veneza com um instrumento mais perfeito, que foi exibido para os principais gentis-homens daquela República, por mais de um mês seguido.

Este evento foi relatado por Galileo em uma carta endereçada a seu cunhado Beneditto Landucci a 29 de agosto de 1609:

“... Há quase dois meses espalharam-se notícias aqui que na Holanda tinham presenteado o Conde Maurício (de Nassau) com um pequeno telescópio (occhiale)... através do qual um homem duas milhas distante podia ser visto claramente... como me pareceu que ele devia estar baseado na ciência da perspectiva, comecei a pensar acerca da sua construção, que finalmente consegui, e tão perfeitamente que um occhiale que fiz superou e muito a reputação daquele holandês. E tendo chegado informações a Veneza de que eu tinha feito um, fui chamado há 6 dias pela Sereníssima Senhoria para que o mostrasse a todo o Senado, para a infinita perplexidade de todos; e houve numerosos cavalheiros e senadores que, embora velhos, subiram mais de uma vez as escadas da torre mais alta de Veneza para observar no mar veleiros e navios tão distantes que, vindo todos eles para o porto, foram necessárias 2 horas e pouco antes que pudessem ser vistos sem o meu telescópio (mio occhiale). De fato, o efeito deste instrumento é representar um objeto que está, por exemplo, a cinqüenta milhas de distância, grande e próximo como se estivesse apenas a cinco.

Agora tendo imaginado quão útil este seria para os negócios marítimos bem como para os terrestres, e vendo-o cobiçado pelo governo veneziano, resolvi a 25 deste mês aparecer ao Colégio e fazer um sincero presente dele ao Lorde (o magistrado supremo da corte de Veneza). E tendo-me sido ordenado que aguardasse na sala do Pregadi, lá logo apareceu o procurador Prioli, que é um dos diretores da Universidade (...). Saindo do Colégio ele tomou minhas mãos e falou-me que o colégio havia ordenado imediatamente aos honoráveis governantes que, se eu estivesse disposto,

renovassem minha nomeação pelo resto da vida e com um salário de um mil florins por ano (como leitor no Estúdio de Pádua)... Assim encontro-me preso para o resto da vida, e terei que contentar-me de gozar minha terra natal algumas vezes durante os meses de férias". (GALILEI, G., carta a B. Landucci, 29 de agosto de 1609,

Opere di Galileo, vol. X, p. 253-254) *.

Vários contemporâneos de Galileo (assim como alguns historiadores da ciência mais recentes, tais como Albert van Helden e Cornelis de Waard) acusaram Galileo de ter visto um telescópio antes de fazer o seu próprio. Outros historiadores da ciência, como Peter Machamer, afirmam que o telescópio galileano é fruto de um raciocínio dedutivo e tentam apresentar Galileo como alguém que tinha bases teóricas suficientes para a construção do telescópio.

Quanto à primeira interpretação, segundo a qual Galileo teria visto um exemplar antes de construir o seu telescópio, creio que não há razão para se duvidar de Galileo quando ele afirma no **II Saggiatore** (1623), escrito muitos anos depois da construção do primeiro telescópio, que a única informação que ele tinha quando construiu o seu primeiro telescópio é que: o Conde Maurício de Nassau havia sido presenteado com uma luneta (occhiale) que permitia que objetos distantes fossem vistos claramente como se estivessem perto, **né più fu aggiunto** (nada mais foi acrescentado).

Contudo, embora sem ter examinado um telescópio, provavelmente Galileo conversou com pessoas que viram um, já que a 1^o de agosto de 1609, quando Galileo ainda se encontrava em Veneza, um amigo seu escreve a Roma contando que se achava em Pádua um estrangeiro com um destes novos instrumentos; se Galileo ficou ou não sabendo desta notícia nada se pode afirmar, certo é que a 3 de agosto ele retorna a Pádua, porém o estrangeiro já havia partido para Veneza onde pretendia vender seu instrumento por um alto preço.

Mesmo se for correta minha suposição de que Galileo teria conversado com pessoas que viram o telescópio, poucas informações ele poderia ter obtido, além de alguns detalhes, como a forma do tubo e que era um instrumento de lentes, já que os proprietários dos telescópios, ao exibirem os seus produtos, proibiam os

* Galileo não cumpriu a sua parte no combinado – a saber, permanecer em Pádua pelo resto da vida – já que os benefícios prometidos pelo procurador Prioli também não foram honrados; o aumento para 1000 florins por ano só viria um ano depois, após a expiração de um contrato anterior, e sem possibilidade de aumento futuro. Imediatamente Galileo reabre negociações de emprego junto à Corte de Toscana, onde o Grão-duque, Cósimo di Médici, seu antigo aluno (1605), demonstra, por intermédio de Enea Piccolomini, interesse por um dos novos instrumentos. Em 1610, Galileo passa a trabalhar para a Corte de Toscana com liberdade de residência e atividades.

pleiteantes à compra de examinarem o instrumento, podendo apenas olhar através dele. Assim sendo, estes relatos pouco teriam auxiliado Galileo na construção do seu próprio instrumento, exceto é claro por impulsioná-lo a pensar no assunto.

Contrariamente, Albert van Helden, seguido Cornelis de Waard, acredita-se que a partir destas poucas informações qualquer simples fazedor de óculos comuns teria sido capaz de um raciocínio similar àquele de Galileo, ao solucionar o problema da construção do telescópio, e teria sido capaz de fazer um telescópio depois de ouvir uma descrição superficial dele, ou seja, depois de saber que a arte existe e, principalmente, depois de ter sido vista a forma do tubo.

Eu considero, no entanto, que o raciocínio necessário para se chegar ao telescópio, não só não é suficientemente simples para ter sido feito por qualquer polidor de lentes que tivesse ouvido falar do telescópio, como também não é suficientemente simples para ter sido feito por tantos quantos estudaram óptica àquela época, exceto se entendermos por ‘óptica’ a ‘óptica pós-Kepleriana’, isto porque, como veremos adiante, os estudos existentes no século XVI e começo do século XVII sobre a formação de imagens em lentes ou sistemas de lentes não ofereciam bases para a construção do telescópio, com exceção, talvez do **Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae par Óptica Traditur, de Kepler** (1604, Frankfurt), o qual Galileo, até outubro de 1610, não havia conseguido ler.

Passemos então a analisar o segundo tipo de interpretação do episódio da (re)descoberta galileana do telescópio, aquela que considera que a teoria óptica tradicional, com a qual Galileo estava familiarizado, estava suficientemente desenvolvida para oferecer uma base teórica para a construção e utilização do telescópio. Interpretações deste tipo geralmente baseiam-se em uma dada passagem do **Sidereus Nuncius**, na qual Galileo afirma que, logo após a notícia do telescópio ter sido confirmada por Jacques Badovere, ele começa a dedicar-se à invenção do telescópio, o que consegue logo após,

*“tendo como base a teoria da refração (quam Paulo post, doctrinae de refractionibus innixus assequuntus sum). Primeiro preparei um tubo de chumbo, a cujas extremidades adaptei duas lentes de vidro, ambas planas de um lado enquanto que do outro lado uma era esféricamente convexa e a outra côncava. Então, colocando meus olhos próximos à lente côncava, percebi objetos satisfatoriamente grandes e próximos, pois eles pareciam três vezes mais próximos e nove vezes maiores do que quando vistos só a olho nu. Em seguida, construí outro mais perfeito, que representava os objetos como que amentados mais do que sessenta vezes” (GALILEI, G., **Sidereus...**, Opere di Galileo, vol. III p. 60-61).*

A questão que surge é: as teorias ópticas existentes naquele tempo bastavam como alicerce teórico para a construção do telescópio? E em caso afirmativo, surge uma segunda questão: Galileo estava familiarizado com estas teorias?

A meu ver não só elas não bastavam como alicerces teóricos para a construção do telescópio, como também parte delas tornava duvidosa a confiança que o telescópio devia merecer depois de inventado. Isto porque os elementos da óptica mínimos necessários, ainda que não suficientes, para o embasamento teórico do telescópio ainda não haviam sido estabelecidos. São eles:

- 1) teoria da formação de imagens através de lentes ou sistemas de lentes;
- 2) teoria que possibilitasse o conhecimento dos próprios objetos a partir das suas imagens vistas através de lentes.

No que se refere ao primeiro ponto, ele só foi plenamente atingido em 1611, quando Kepler publicou o seu **Dioptrice** cuja elaboração teórica havia sido iniciada no seu **Ad Vitellionem Paralipomena** (1604). Neste último, embora não seja encontrado nem um tratamento quantitativo e definitivo da teoria da refração (falta uma lei do seno de refração), nem qualquer tipo de fundamento teórico para adequado estudo de sistema de lentes que possibilitasse a construção do telescópio (como é encontrado no **Dioptrice** de 1611), são apresentadas algumas considerações teóricas que poderiam capacitar um seu conhecedor a construir o telescópio da forma como Galileo parece indicar. Porém, como dissemos anteriormente, Galileo não conhecia o **Ad Vitellionem Paralipomena** (1604) de Kepler. Isso pode ser constatado em uma carta que Galileo endereçou a Giuliano de Médici, onde ele expressa sua alegria diante do fato de Kepler ter finalmente podido ver e observar os Astros de Médici por meio de um de seus instrumentos, que havia sido mandado pelo próprio Galileo ao Sereníssimo Eleitor da Colônia, e pelo fato de Kepler desejar de novo escrever sobre esta matéria. Nessa carta encontra-se o seguinte trecho:

*“Peço a V.S. Ilma. o favor de mandar-me a **Óptica** de Kepler, e o tratado sobre a Estrela Nova, porque nem em Veneza nem aqui eu os pude encontrar”.* (GALILEI, G., carta a G. Médici, 1^o de outubro de 1610, **Opere di Galileo**, vol. X, p. 441).

O segundo elemento necessário para o embasamento teórico da construção do telescópio era uma teoria que possibilitasse o conhecimento do objeto, mesmo a partir da imagem vista através de lentes. Não encontramos qualquer obra de óptica anterior a 1610 que abordasse este ponto. Mesmo os manuais sofisticados, como o **Perspectiva communis**, de John Peckham, publicado em 1270 e que foi adotado como texto básico de óptica elementar pelas universidades dos séculos XIV a XVI, não discutem este ponto. Por exemplo, na parte III do **Perspectiva communis**, dedicado à visão pelos raios refratados, Peckham não apresenta nenhuma lei quantitativa da refração e nenhum dado numérico.

Segundo David Lindberg,

“Peckham meramente descreve o fenômeno em termos qualitativos: quando um raio incide obliquamente sobre um meio mais

denso (menos transparente), ele é refratado e se aproxima da perpendicular e quando incide obliquamente sobre um meio menos denso (mais transparente) ele é refratado para longe da perpendicular. O ângulo de refração (como que Peckham parece designar o ângulo de desvio) varia de acordo com a inclinação do raio incidente e a diferença na densidade entre os dois meios” (ver Peckham, proposições I. 15(30), I. 16(31) e III. 3.) (LJNDBERG, D., John Peckham, ..., p. 49).

E embora Peckham dedique muita atenção ao problema da formação de imagem de raios refratados (e refletidos), a sua teoria da formação de imagens – de acordo com a qual a imagem aparece na interseção da perpendicular à superfície desenhada a partir do objeto e a extensão retilínea do raio que chega ao olho (ver Fig. 2) – é incompatível com sua teoria geral da visão – segundo a qual o único requisito para a visão clara é o arranjo ordenado sobre a superfície do humor glacial (órgão sensitivo) dos raios do objeto visível.

A incompatibilidade destas duas teorias (segundo Lindberg) é evidente particularmente na proposição II. 39, onde a aplicação da primeira regra determina que a imagem de um certo objeto visto pela reflexão em espelhos esféricos côncavos estaria localizada no ou atrás do olho do observador. Logo, como Peckham insiste mais adiante (na prop. II, 49), no caso apresentado na prop. II, 39, nenhuma imagem clara poderá ser percebida, pois *“o olho não é projetado para receber as formas das coisas exceto se elas estão opostas à face. Portanto as coisas que aparecem de outro modo devem ser de aparência confusa e duvidosa” (Prop. II, 49)*. Embora a partir do ponto de vista da óptica geométrica moderna esta seja uma conclusão correta, como pode ser reconciliada com o requisito de Peckham de que para a percepção clara dos raios de um objeto se necessita apenas manter a mesma ordem sobre o humor glacial que os pontos sobre o objeto, a partir do qual eles se originam?

“No particular exemplo citado na proposição II. 39, o requerimento da ordem está completamente satisfeito. Realmente Peckham evita encontrar-se diretamente com este problema, ocupando-se com a formação de imagem de um ponto de cada vez; consequentemente ele nunca considera mais do que um único raio perpendicularmente incidente sobre o humor glacial de cada vez, e o resultado da ordem dos raios não é explicitamente levantado. Na verdade, toda esta contradição não é resolvida a não ser com a compreensão de que os raios, emanando de um único ponto do objeto, são levados para um foco dentro do olho pelo poder de refração do humor glacial – um conceito que não foi entendido por qualquer pessoa do Ocidente por outros trezentos anos” (LINDBERG, D. John Peckham, ... p. 51).

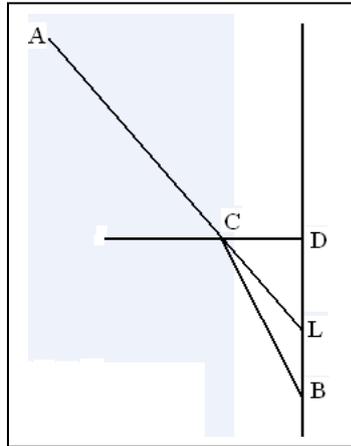


Fig. 2 – Esquema de Peckham da formação de imagens a partir de raios refratados, onde “A é o olho, B o objeto visível, BC a extensão do raio, (refratado em C, a partir do qual (ponto) se origina (raio) CA) que apresenta o objeto ao olho, e BLD a perpendicular. Eu digo que B aparece em L”, (Peckham, J., *Perspectiva communis*, Prop. III, 4).

Além disso, no que se refere à discussão da refração em superfícies hemisféricas, côncavas e convexas, tudo o que é encontrado no texto de Peckham são as seguintes proposições:

“(Proposição III. 9). Um objeto visível localizado em um meio transparente mais denso de uma superfície hemisférica com sua convexidade para o olho pode parecer maior, menor ou igual ao seu tamanho real”.

e

(Proposição III. 11). O que ocorre quando a concavidade do meio transparente mais denso e para o olho é o oposto àquilo que ocorre quando a convexidade é para o olho”.

Ambos, enunciados e demonstrações das proposições 9 e 11 apresentadas por Peckham, são incorretos. A partir das condições estabelecidas na proposição 9, o objeto sempre aparecerá maior do que seu real tamanho. Porém, de acordo com a teoria de Peckham de formação de imagens através de superfícies hemisféricas convexas, as três situações mencionadas acima são possíveis. No que se refere à proposição 11, ela também indica a direção equivocada, já que apenas uma das situações, por ela prevista, ocorrerá: a imagem aparecerá menor que o objeto.

Como vemos, o trecho do **Perspectiva** de Peckham, que trata da refração em superfícies hemisféricas côncavas e convexas, não trata nem da refração através

de pequenos segmentos de esfera de foco longo, nem da observação de objetos distantes.

A única discussão presente no **Perspectiva**, que mais se aproxima da análise geométrica dos raios refratados, corresponde à proposição 16 da Parte III, segundo a qual o fogo pode ser aceso pela convergência dos raios refratados.

Esta análise é feita do traçado dos raios que incidem sobre uma esfera de cristal a partir do Sol. Cabe notar que o estudo do comportamento dos raios refratados nestas esferas de vidro foi o mais próximo que os autores medievais chegaram da análise geométrica das lentes.

Porém o comportamento óptico destas esferas de vidro é bastante mais complexo que o de pequenas seções de esferas de vidro. O que nos leva a crer que Galileo não partiu da análise dos ópticos do século XIII, dos raios refratados através de esferas de cristal para deduzir o comportamento dos raios refratados através de lentes côncavas e convexas.

Com respeito a uma teoria que possibilitasse o conhecimento do próprio objeto, a partir de suas imagens vistas através do telescópio, o texto de Peckham aponta para a direção equivocada, tornando duvidosa a confiança que o telescópio deveria merecer depois de inventado. Isto pode ser evidenciado na seguinte proposição de Peckham sobre refração:

*“(Proposição III. 8). É impossível certificar o tamanho de um objeto visto sob o efeito de raios refratados. (**Rei vise sub radiis fractis impossibile est certificari quantitatem**)”. “A razão para isto é que, para a certificação do tamanho são requeridos o conhecimento da distância e do ângulo da pirâmide (o ângulo sob o qual o objeto é visto), mas ambos os dados estão faltando porque o raio que age sobre o olho é refratado, portanto altera o ângulo. Segue que o tamanho das estrelas não é conhecido com completa veracidade já que o Céu é um corpo muito mais sutil que o ar ou o fogo”.*

Alguns outros textos de óptica medieval são às vezes citados por alguns historiadores da ciência como tendo servido de base para o raciocínio de Galileo ao construir seu telescópio.

Por exemplo Machamer sustenta que Galileo usou uma lente côncava como ocular tendo como base os trabalhos de Francesco Maurolyno de Messina (1494-1575).

Maurolyno escreveu um pequeno livro publicado postumamente em 1611, cujo manuscrito data de 1554, onde podemos encontrar muitas idéias que reaparecem mais tarde, no **Ad Vitellionem Paralipomena**, e poderiam ter servido de base para a construção do telescópio. Porém ninguém, nem Porta, nem Kepler, menciona os manuscritos nos quais Maurolyno expressou suas idéias, o que nos leva a concluir que

*“Maurolyno foi um precursor isolado, que não foi entendido. O que escreveu permaneceu desconhecido porque ele estava adiante de seu tempo e certamente ninguém prestou qualquer atenção às suas idéias. Somente trinta e seis anos depois de sua morte e depois do triunfo do telescópio e da queda da ciência antiga, alguém, talvez o próprio Padre Clavius, enquanto relia os manuscritos de Maurolyno, compreendeu que Maurolyno tinha entendido muitas coisas mais antes de outros escritores e isto o levou à publicação do **Photismo** e do **Diaphanorun**” (RONCHJ, V.; **The nature of ...**, p. 106), que corresponde às duas partes das quais consiste este pequeno livro de Maurolyno, publicado em 1611.*

Quanto ao uso de lente convexa como objetiva não encontramos nenhum texto medieval (Alhazen (?965-1039), Witelo (séc. XIII), R. Grosseteste (1175-1253), Bacon (1214-1294), Peckham (1220-1292) que apresente alguma teoria sobre a formação de imagens em lentes ou sistema de lentes que pudesse ter servido de base para a construção do telescópio.

Diante das nossas considerações acerca do estudo de óptica no final da Idade Média, temos que as teorias ópticas até o século XIII não apresentavam qualquer idéia clara acerca do funcionamento das lentes ópticas. A reação geral do mundo científico medieval para com as lentes, como afirma Ronchi,

*“é justificada com o seguinte. Da escassa literatura existente acerca de lentes quando as pessoas começavam a escrever acerca delas, nós podemos detectar a grande eficiência do mundo filosófico sobre elas. A palavra ilusão aparece quase que continuamente. O raciocínio clássico pode ser resumido assim. A finalidade do órgão da visão é conhecer a verdade, a saber, a real estrutura do mundo exterior, pela representação para a nossa mente da forma, posição e cores dos corpos que o constituem. Isto ocorre ou por meio de raios visuais que são emitidos pelos olhos adiante para explorar os objetos, ou por meio das **espécies** que são mandadas para o olho do observador pelos objetos quando eles são iluminados. O melhor modo de se aprender a verdade é não alterar a forma retilínea dos raios nem a trajetória regular das espécies. A introdução de espelhos, prismas e lentes em sua trajetória produz inevitavelmente uma alteração da verdade e estes instrumentos fazem ver figuras onde o objeto material não está e freqüentemente fazem aumentá-las ou reduzi-las, invertê-las, distorcê-las, duplicá-las e colori-las. É tudo um truque e uma ilusão, todo significado óptico deve ser eliminado se nós realmente quisermos aprender a verdade (RONCHJ, V., **The nature of...**, p. 73).*

Portanto o raciocínio que Galileo apresenta no **II Saggiatore**, como aquele que o levou à construção do telescópio, não segue imediatamente dos textos tradicionais de óptica, como o de Peckham, particularmente não segue das proposições de Peckham sobre a formação de imagens por raios refratados em superfícies hemisféricas côncavas e convexas.

Além disso, de acordo com a proposição III. 8 do livro de Peckham, é impossível conhecer um dado relevantíssimo para as observações telescópicas, a saber, o tamanho dos objetos visíveis.

Portanto nenhum dos dois elementos teóricos necessários para a compreensão do telescópio foram elaborados em pormenor e jamais se viram combinados para constituir um corpo coerente de teoria, antes de 1610, donde podemos concluir que as teorias ópticas então existentes (exceto o **Ad Vitellionem Paralipomena**, 1604, de Kepler, não conhecido por Galileo) não ofereciam bases teóricas suficientes para a construção do telescópio.

Contudo também está claro que a descoberta de Galileo do telescópio não foi obra do acaso, nem uma simples reprodução de um dispositivo cujas partes e disposições se conhecia previamente. Porém ela está longe de ser um raciocínio lógico dedutivo. Isto pode ser constatado em algumas passagens onde Galileo descreve o seu raciocínio para a construção do telescópio. Ele não desenvolve (ou, se desenvolve, não apresenta em quaisquer das suas cartas ou escritos) qualquer teoria, a priori, sobre a formação de imagens através de lentes ou de sistemas de lentes, a partir da qual se poderia deduzir os tipos e a quantidade de lentes necessárias para a construção do telescópio, e determinar as distâncias entre as lentes a fim de obter o efeito desejado. O que Galileo faz, na verdade, é experimentação óptica; embora a apresente de uma forma sistemática, nada mais é que tentativa e erro. Galileo descreve:

*“Meu raciocínio foi este. O dispositivo necessitava de um ou de mais de um vidro. Não podia consistir de um só, porque a sua forma teria que ser convexa... ou côncava..., ou contida entre superfícies paralelas. Porém aquele citado por último não alterava os objetos visíveis de modo algum, nem aumentando-os, nem os diminuindo; o côncavo os diminuía e o convexo, embora na verdade os aumentasse, mostrava-os muito indistintamente e confusos. Portanto um único vidro não é suficiente para produzir o efeito. Passando então para dois e sabendo anteriormente que o vidro com faces paralelas nada alterava, concluí que o efeito ainda não seria obtido pela combinação de um deste com um dos outros dois. Portanto restava-me tentar descobrir o que aconteceria pela combinação de uma lente convexa com uma côncava, e você vê como isto me dá o que eu procuro” (GALILEI, G. **II Saggiatore**, Opere di Galileo, vol. VI, p. 259).*

Isto não parece em absoluto um raciocínio lógico, porque a combinação de lentes a que chegou Galileu, de uma côncava e uma convexa, não segue necessariamente das premissas anteriores. Em primeiro lugar não seria necessariamente uma combinação de apenas duas lentes; em segundo, mesmo supondo esse número, haveria a possibilidade de três outros tipos de combinações, a saber: duas lentes côncavas, que produz um dispositivo que mostra a imagem menor do que aquela vista a olho nu; duas lentes convexas, que colocadas a convenientes distâncias produz uma luneta que supera o telescópio galileano em potência e amplitude de campo, porém com a desvantagem de que apresenta a imagem invertida (o que seria facilmente resolvido pela introdução de uma terceira lente convexa); e finalmente uma lente côncava e outra convexa, porém colocadas na ordem inversa àquela que Galileu usou.

Além disso a combinação a que Galileu chegou só produz o efeito desejado se a ocular côncava estiver a uma certa distância da objetiva convexa, de tal forma que a imagem formada pela objetiva esteja localizada atrás da ocular, portanto o objeto que projetará a imagem na ocular será virtual.

Outra evidência de que Galileu não tinha qualquer teoria óptica prévia, a partir da qual teria derivado dedutivamente o seu telescópio, é que nem mesmo na única passagem do **Sidereus Nuncius**, dedicada à invenção e características do telescópio, Galileu apresenta qualquer análise teórica sobre o funcionamento do telescópio, nem qualquer discussão detalhada sobre como as lentes operam.

Nesta passagem, depois de descrever as circunstâncias em que ele se encontrava quando construiu o seu primeiro telescópio, e de apresentar uma discussão bastante superficial deste (um dispositivo formado por “*um tubo de chumbo, a cujas extremidades*” (ele adaptou) “*duas lentes de vidro, ambas planas de um lado enquanto que do outro lado uma era esféricamente côncava e outra convexa*” (GALILEU, G., **Sidereus...**, p. 60-61)), Galileu fala do uso que fez do telescópio para a observação de coisas terrestres e celestes, observando primeiro a Lua e depois as estrelas, tanto as fixas como as errantes.

Em seguida, Galileu apresenta uma discussão extremamente rudimentar sobre um método de determinar o grau de aumento de um telescópio, baseado exclusivamente na experimentação óptica, e de um método que possibilita a medida das distâncias das estrelas fixas e errantes.

Escreve Galileu:

*“A fim de estabelecer com facilidade o aumento do aparato, (que deve aumentar os objetos em pelo menos quatrocentas vezes e mostrá-los vinte vezes mais próximos, para que se possa observar todas aquelas coisas que eu observei no Céu e que serão enumeradas mais adiante no **Sidereus**), deve-se desenhar os contornos de dois círculos ou quadrados de papel, um dos quais seja quatrocentas vezes maior que o outro, o que ocorrerá quando o diâmetro do maior for vinte vezes maior que o do outro. Em seguida, deve-se*

olhar de longe, simultaneamente, ambas superfícies colocadas na mesma parede, observando a menor com o olho aplicado na luneta e a maior com o outro olho livre, coisa que se pode fazer perfeitamente de uma vez mantendo abertos ambos os olhos. Nesta circunstância ambas figuras parecem do mesmo tamanho, se o aparato multiplica os objetos segundo a proporção desejada. Uma vez preparado um instrumento semelhante, dever-se-á buscar o modo de medir as distâncias (entre as estrelas), coisa que se conseguirá com o seguinte artifício” (GLILEI, G., *Sidereus... Opere di Galileo*, vol. III, p. 60-61).

O método apresentado em seguida contém a única menção de Galileo, no *Sidereus*, da forma como ele acreditava que os raios refratados se comportavam (ver Fig. 3).

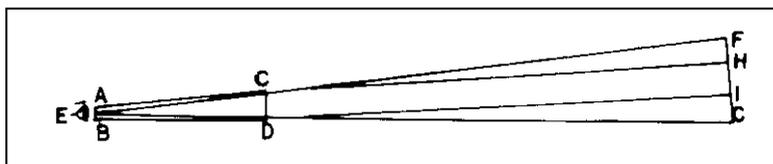


Fig. 3 – Diagrama da trajetória dos raios de luz através do telescópio apresentado por Galileo no *Sidereus Nuncius*. Apud Galilei, G. *Sidereus Nuncius* (1610, Veneza). Edizione Nazionale delle Opere di Galileo Galilei. vol. III. Firenze, G. Barbera Editore, 1933. p. 61.

Continua então Galileo:

“Para que se compreenda mais facilmente, seja, pois, **A B C D** o tubo, colocando-se em **E** o olho do observador. Se o tubo não tivesse lentes, os raios se dirigiriam ao objeto **F G** seguindo as linhas retas **E C F**, **E D G**; mas, ao colocar as lentes, procederão segundo as linhas refratadas **E C H**, **E D J**. Assim, pois, se aproximam, pelo que os que antes se dirigiam livres ao objeto **F G** só abarcam a parte **H J**. Estabelecendo logo a relação entre a distância **E H** e a linha **H J**, encontrar-se-á mediante a tabela dos senos o tamanho do ângulo que o objeto **H J** forma junto ao olho, comprovando que só mede uns poucos minutos. Se adaptarmos agora à lente **CD** umas lâminas perfuradas umas com furos maiores e outras com furos menores, ao superpor uma e outra segundo o que se deseja, formaremos à vontade ângulos distintos que subentende mais ou menos minutos, por meio dos quais nos será possível medir comodamente, com um erro de um ou dois minutos, os intervalos das estrelas que distam entre si alguns minutos. Basta

por enquanto examinar tão ligeiramente e provar com a ponta dos lábios estas coisas, pois em outra ocasião faremos público a teoria completa de tal instrumento” (GALILEI, G., Sidereus..., Opere di Galileo, vol. III, p. 61).

Devemos notar que, nesta passagem, ao falar da mudança da trajetória dos raios refratados, Galileo não discute a formação da imagem pela lente objetiva, convexa (onde e como ela se forma), como também não discute a função da ocular côncava (que apresenta os objetos menores que quando vistos a olho nu), nem como os raios se comportariam ao passarem por ela. Aliás, na citação acima Galileo parece ignorar a lente côncava, que ele próprio colocou na extremidade do tubo na qual ele aproximaria o olho (e portanto neste diagrama seria colocada em *AB*).

Quanto ao método apresentado por Galileo para medir as distâncias entre as estrelas, ele demonstra claramente que Galileo não era nenhum especialista em óptica. Isto porque ao superpor lâminas perfuradas, umas com furos maiores e outras com furos menores, não são alterados os ângulos sob os quais os objetos distantes são vistos: o campo de visão é o mesmo independente do tamanho do furo, a colocação do furo apenas reduz a quantidade de luz recebida – e portanto o brilho do objeto observado.

Com isso não quero dizer que Galileo não raciocinou da forma como descreveu. Quero apenas salientar que a descoberta do telescópio não foi fruto de um raciocínio dedutivo, mas antes tentativa e erro (conjecturas e refutações).

Galileo não construiu o seu instrumento a partir de uma teoria previamente estabelecida, mas, antes por pura experimentação óptica.

A este respeito é sugestiva a declaração de Kepler no seu **Dissertativo cum Nuntio Sidereo** onde dá duas razões do porquê, a despeito de seu conhecimento muito maior do que o Galileo, a despeito de óptica, “*deixou de tentar construir o aparelho*”: “*Você, entretanto*” (dirige-se a Galileo) “*merece cumprimentos. Libertando-se de todos os receios, voltou-se diretamente para a experimentação visual*” (KEPLER, J., *Dissertatio...*, p.)

Huygens no seu **Dioptrica** assinala que “*seria necessário inteligência sobre-humana para inventar o telescópio com base na Física e na Geometria então conhecidas. Afinal de contas, ainda não entendemos o funcionamento dos telescópios*” (HUYGENS, **Dioptrica**, p. 163).

Esta declaração de Huygens parece confirmar a nossa tese de que o telescópio não foi desenvolvido a partir das teorias ópticas existentes aquele tempo.

Porém o fato de não reconhecer em Galileo alguém que tinha bases teóricas suficientes para a construção do telescópio, o fato de acreditar que a descoberta deste não foi fruto de um raciocínio dedutivo, mas antes de tentativa e erro, não me leva a crer que Galileo tenha adotado esta metodologia em todo o seu trabalho. Ou seja a análise epistemológica derivada deste particular episódio da história da ciência de Galileo não deve ser entendido a todo trabalho de Galileo.

Eu creio que Galileo não possa ser completamente entendido dentro de uma única visão metodológica. Isto porque a meu ver Galileo adotou o que poderíamos chamar de pluralismo metodológico.

Galileo em alguns momentos violou importantes regras do racionalismo crítico e empirismo lógico (já que muitas vezes não levou o falseamento a sério, usando teorias falseadas para ampararem-se mutuamente), outras vezes fez uso indiscriminado de hipóteses ad hoc. Quando os novos princípios (inércia circular e relatividade Galileana) são introduzidos por Galileo, a fim de sustentar a teoria astronômica de Copérnico, não é feita, por Galileo, nenhuma referência à experiência ou observação independente.

Como não seria possível aqui analisar as várias faces metodológicas de Galileo, optei por discutir um particular episódio da história da ciência de Galileo – a saber a descoberta galileana do telescópio – e as conseqüências epistemológicas que se pode derivar deste particular estudo de caso.

Referências Bibliográficas

1. CROMBIE, A. C. **Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1100-1700**. 3. ed. Oxford: Clarendon Press, 1979.
2. DANJON, A.; COUDER, A. **Lunettes et telescopes – theories – conditions d’emploi description – réglages**. Paris: Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, 1983.
3. ÉVORA, Fátima R. R. **A revolução copernicana-galileana**. Campinas, UNICAMP – Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1988. v. 2 e 3. Coleção CLE.
4. GALILEI, Galileo. *Il Saggiatore* (Rome, 1623). **Edizione Nazionale delle Opere di Galileo Galilei**, a cura di Antonio Favaro. Firenze: G. Barbèra, 1933. v. 6.
5. GALILEI, Galileo. *Sidereus Nuncius* (Veneza, 1610). **Edizione Nazionale delle Opere di Galileo Galilei**, a cura di Antonio Favaro. Firenze: G. Barbèra, 1933. v. 3.
6. KEPLER, J. *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* (Praga, 1610). **Edizione Nazionale delle opere di Galileo Galilei**, a cura di Antonio Favaro. Firenze: G. Barbèra, 1933. v. 3.

7. PORTA, G. Battista della. Carta a Federico Cesi, Napoli, 28 de agosto de 1609. **Edizione Nazionale delle opere di Galileo Galilei**, a cura di Antonio Favaro. Firenze: G. Barbèra, 1923. v. 10.
8. RONCHI, Vasco. Storia della luce, 1939. Trad. V. Barocos. In: **The nature of light**. Cambridge: Harvard University Press, 1970.
9. HUYGENS. 'Dioptrica', Hugonii Opuscula Postuma. Lug. Bat, 1903, 163, parafraseada de A. G. Kästner. Geschichte der Mathematik. Göttingen, 1800. v. 4. p. 60.