

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas  
Programa de Graduação em Filosofia  
Departamento de Filosofia

O argumento de Galileu sobre as manchas solares:  
uma breve passagem pelo Diálogo de 1632

Malu Pellachin

08/06/2016

O presente texto pretende analisar mais de perto o argumento galileano a respeito das manchas solares, o qual está envolvido em uma histórica querela com o padre Scheiner. Para tanto, encontramos respaldo no famoso *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, escrito por Galileu e impresso em 1632 – no ano seguinte seria declarado suspeito de heresia pelo tribunal do Santo Ofício. Os debates entre Simplicio e Salviati (e Sagredo, mas de forma muitíssimo discreta) que abordam esta questão se encontram nas Primeira e Terceira jornadas do livro, respectivamente entre [76]-[80] e [372]-[383], de acordo com a 3ª edição da Editora 34, datada de 2011.

## A Primeira Jornada

Neste primeiro momento, Simplicio e Salviati discutirão o problema das manchas solares assumindo o referencial do observador parado, também abordando os princípios cosmológicos da teoria aristotélica. O primeiro personagem assume o papel de um aristotélico, defendendo a visão de um universo peripatético, enquanto o segundo figura como o porta-voz do próprio Galileu, defendendo, portanto, a teoria copernicana. Com este cenário posto, torna-se evidente que todo o ataque aos princípios cosmológicos de Aristóteles virá da boca de Salviati. Além de dismantelar tal sistema, este tenta convencer Simplicio a aceitar o copernicanismo como o sistema que, de maneira mais simples, consegue explicar os fenômenos, sendo, portanto, a verdadeira.

Em ordem de começarmos a remontar o argumento, passemos à primeira parte do debate entre os dois citados personagens, dentro da seção que nos interessa na Primeira Jornada.

### Teria Aristóteles se certificado suficientemente de sua conclusão?

Analisando a filosofia aristotélica, Salviati afirma que o grego confere primazia às conclusões provenientes dos sentidos. Isto porque afirma a incorruptibilidade dos céus posto que nada tivesse sido visto gerar-se ou corromper-se a partir de elementos já existentes. A pergunta que se levanta a partir dessa constatação é o quão Aristóteles se certificou acerca desta conclusão. Salviati então afirma, ironicamente, que se o pai da Lógica vivesse em seu tempo, de modo a ter contato com todas as novas observações acerca dos céus, indubitavelmente mudaria de ideia sobre a inalterabilidade celeste. Dentre esses novos dados observacionais estão as gerações (bem como as corrupções) de cometas, a observação de estrelas mais altas que todos os planetas e, é claro, de manchas solares *maiores que toda a Ásia e a África* (GALILEU; Trad. MARICONDA, 2011, p. 136).

Através do método resolutivo, mencionado por Salviati e próprio das ciências demonstrativas, parte-se de uma proposição suposta verdadeira e conclusiva de alguma prova. A partir daí, procura-se encontrar as premissas de tal prova, decompondo-se o dado em seus elementos constitutivos. Em outras palavras, sobe-se do efeito (conclusão) à causa (princípio) em uma demonstração *a posteriori*. Contudo, para que a ascensão mencionada seja feita, é preciso se assegurar tanto quanto for possível da veracidade da(s) conclusão(s), e isso não pode ser feito meramente deduzindo conclusões de uma hipótese. Mais que a demonstração, é importante se preocupar com os meios pelos quais ela será feita. Mas afinal, o que é exatamente esta “conclusão”? Nada mais do que um resultado obtido regularmente na natureza. A partir dele se procura chegar a um princípio que enuncia uma condição necessária para a sua produção. Como bem aponta Mariconda na nota 69, a investigação e a exposição são dois procedimentos próprios das ciências demonstrativas, e é isso que Salviati tenta clarificar a Simplicio. Insiste-se que antes se deve

estar seguro da veracidade da conclusão por meios empíricos, para somente depois investigar os meios de demonstrá-la. Em função do princípio empirista adotado por Aristóteles, seja o discurso apriorístico anterior ou não ao *a posteriori*, não pode haver discordância entre teoria e experiência:

*Mas, qualquer que fosse o procedimento de Aristóteles, de modo que o discurso a priori sempre precedesse o sentido a posteriori, ou o contrário, é muito evidente que o próprio Aristóteles antepõe (como já foi dito muitas vezes), as experiências sensíveis a todos os discursos. (GALILEU; Trad. MARICONDA, 2011, p. 136)*

O sentido de todo este conteúdo ter seu *locus* nesta fala de Salviati, conforme Mariconda expõe na mesma nota, é indicar que em ciências demonstrativas os caminhos da justificação (ou exposição) e da descoberta (ou investigação) devem coincidir, de modo que a crítica feita a Aristóteles é exatamente essa: seus argumentos *a priori* e *a posteriori* não coincidem, há um desacordo entre comprovação empírica da conclusão e demonstração do(s) princípio(s). Por não ter se certificado da conclusão segundo a qual os céus são inalteráveis, o clássico filósofo acaba desembocando em um princípio sem importância, errando na *demonstratio propter quid*. Nas próprias palavras de Salviati:

*quando a conclusão é verdadeira, servindo-se do método resolutivo, facilmente se encontra alguma proposição já demonstrada, ou chega-se a algum princípio já conhecido por si; mas se a conclusão é falsa, pode-se prosseguir ao infinito sem nunca encontrar alguma verdade conhecida, se outros não encontrassem antes algo impossível ou um absurdo evidente. (GALILEU; Trad. MARICONDA, 2011, p. 136)*

### **Introdução da problemática envolvendo as manchas solares**

Após breve discussão envolvendo as “duas novas estrelas” de 1572 e 1604 (duas supernovas que puderam ser observadas), mencionando o *AntiTycho*<sup>1</sup> e as observações de Tycho Brahe e Kepler, Salviati finalmente introduz o tema das manchas solares, o qual será debatido até o final do trecho do *Diálogo* que nos concerne nesta Primeira Jornada.

A polêmica que Galileu trava com o padre Scheiner constitui o primeiro atrito sério daquele com os jesuítas, o qual terá consequências importantes nos processos inquisitoriais de 1616 e 1633. O primeiro desentendimento recai sobre a questão de quem teria primeiro avistado as manchas. O padre clamava as ter visto primeiro, anunciando que em cartas publicadas em 1612 havia documentado suas observações datando de novembro e dezembro do ano anterior. Galileu, por sua vez, afirmava ter documentado a aparição das manchas em julho e agosto de 1610, um ano antes da data reivindicada pelo padre. O segundo ponto no qual suas ideias divergem era a respeito da natureza das manchas. O jesuíta pregava que estas eram produzidas pelas sombras de milhares de corpúsculos opacos, parecidos com pequeníssimos planetas, os quais orbitavam o astro. Sendo assim, as manchas não seriam parte da superfície solar, mas apenas a projeção de milhares de sombras. Galileu, muito pelo contrário, não só reivindicava a contiguidade das manchas à superfície do Sol, como argumentava em favor da sua geração e dissolução, por meio de um trabalho detalhado de observação do seu deslocamento pelo astro. Isto posto, se a teoria do padre Scheiner é verdadeira, como pretende mostrar Simplício, então todas as outras devem ser falsas. Isto porque, devemos nos lembrar, estamos lidando com a lógica do século XVII, e, além disso, Galileu cria que a natureza operava de uma (e única) maneira bem definida, e cabia ao engenho humano descobrir qual seria.

Procederemos agora em dois passos para melhor expor as ideias de Galileu quanto ao caso em questão: o primeiro mostra o raciocínio galileano a respeito da geração e da dissolução das manchas solares, e o segundo a demonstração da contiguidade destas ao corpo solar. Nesse sentido, transcreveremos os

1 Livro escrito por Chiaramonte em resposta a Tycho Brahe sobre os cometas e as estrelas novas, polemizando sobre o estatuto celeste que este conferia aos fenômenos citados.

tópicos que se encontram no canto direito da página 139 (local onde se encontra toda a argumentação), de modo que se possa dividir a articulação nos dois passos propostos e subdividir o segundo, posto que sua extensão seja maior.

1) *“Argumento que prova necessariamente as manchas solares gerarem-se e dissolverem-se.”*

Este primeiro passo, o qual Salviati chama de “experiência” em sua fala, intenta mostrar a Simplicio que as manchas solares nascem e deixam de existir, uma vez que muitas delas são vistas nascerem no meio do disco solar, e muitas outras desaparecem longe da circunferência do Sol. Isto advoga em favor da geração e dissolução pois, se assim não o fosse, apenas apareceriam no astro pro movimento local e seriam vistas entrando e saindo pela circunferência extrema, o que contradiz as observações acima mencionadas.

2) *“Demonstração concludente de que as manchas são contíguas ao corpo solar”*

(I) *“O movimento das manchas em direção à circunferência do Sol aparece lento.”*

(II) *“A figura das manchas estreita-se em direção à circunferência do disco”*

(III) *As manchas solares não possuem figura esférica, mas se estendem como placas finas”*

A mudança das figuras aparentes e a suposta mutação da velocidade das manchas prova que estas são contíguas à superfície solar, movendo-se sobre a superfície solar<sup>2</sup>, e não em círculos ou órbitas em torno dele como queria Scheiner. O que permite tirar esta conclusão são justamente os itens nos quais este passo é dividido. O (I) movimento das manchas em direção à circunferência do disco solar aparece lento, e mais veloz em direção ao centro deste, o que não teria razão para ocorrer se fossem de fato projeções das sombras de corpúsculos que orbitassem o Sol. Suas (II) figuras aparecem muito estreitas próximas à circunferência solar quando comparadas a como aparecem no meio, local onde ganham destaque e aparecem como verdadeiramente são, segundo Salviati. Diminuições na figura aparente e no movimento das manchas provam que estas são contíguas à superfície do sol, (III) afastando a hipótese segundo a qual teriam figura esférica. Pois, se elas fossem mesmo sombras de corpos esféricos mui pequenos, deveriam se apresentar redondas tanto no centro quanto em direção à circunferência do Sol. Ao final desta primeira parte a respeito da querela das manchas solares, vimos que Galileu se ateu somente na análise delas próprias, em nenhum momento fazendo referência a qualquer mudança de posição entre a Terra e o Sol. Isto porque, como vimos, o referencial do observador se encontra estático neste primeiro momento. Entretanto, a fim de desenvolver o tal trabalho detalhado de observação do seu deslocamento pelo astro, Galileu terá de lidar com mudanças das posições relativas da Terra e do Sol, combinando-as como o próprio movimento de rotação que o Sol faz em torno do seu eixo. Ao que podemos perceber, tal tarefa não está entre aquelas fáceis tanto de empreender quanto de compreender, mas tentaremos descrever como Galileu procedeu.

## **A Terceira Jornada**

Um pouco antes da parte que nos concerne nesta Terceira Jornada do *Diálogo* galileano, Salviati está a falar ao senhor Simplicio sobre a facilidade que se adquire para tratar da retrogradação dos planetas com uma simples mudança mudança no referencial: o observador não estará mais parado, mas se movimentando. O que temos aqui é a proposta de adoção do sistema copernicano, no qual o Sol está parado no centro das órbitas dos demais planetas, dentre eles a Terra. Com isso, não seria mais necessário recorrer a expedientes geométricos como deferentes e epiciclos, pois a diferença de

---

2 É somente na Terceira Jornada que Galileu mencionará o movimento que o Sol faz sobre o seu eixo (inclinado).

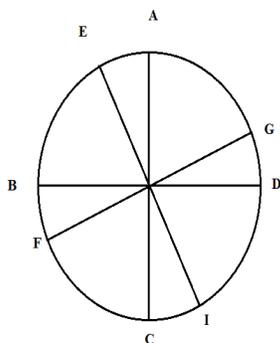
velocidade entre os corpos orbitantes já é suficiente. Quanto mais próximo o planeta estivesse do Sol mais rápido se moveria, ultrapassando o mais lento que estivesse atrás. Desta forma, ao traçar uma linha que passe pelas posições relativas do planeta mais rápido e a do mais lento, terminando no anteparo das estrelas fixas, vê-se que este descreve um movimento progressivo em alguns momentos e regressivo em outros. Ao olhar para o céu, um observador posicionado na Terra constataria após observar o posicionamento de Marte, por exemplo, por alguns meses que este descreve um loop, como se estivesse “bêbado”, conforme os antigos diziam.

Um pouco mais adiante na fala de Salviati, novamente se aponta ao sistema copernicano, de modo a afirmar que nele está a resposta para outro fenômeno intrigante dos céus, isto é, as manchas solares. Na Primeira Jornada já tratado sobre o *locus* delas, ou seja, o próprio corpo solar. Neste ponto, a questão central será explicar o movimento que estas manchas descrevem no Sol com base nas posições relativas entre este e a Terra. Ao final da parte que nos concerne, Galileu (na voz de Salviati) menciona brevemente que seria possível explicar tal movimento dentro do sistema ptolomaico, mas que para tanto seria preciso atribuir ao Sol quatro movimentações diferentes, sendo que seu eixo não poderia ser fixo, e que, portanto, o sistema copernicano forneceria uma explicação mais simples e econômica dos fenômenos, provando assim o seu valor. Nesse sentido, preocuparemos-nos apenas com a exposição que se encaixa dentro do quadro de Copérnico.

A respeito do percurso das manchas pelo corpo solar, é sugerida uma consequência no tocante aos estados da Terra e do próprio Sol. Isto porque, se o eixo de inclinação do Sol não for perpendicular à eclíptica – que o movimento da Terra descreveria anualmente – mas inclinado em relação ao plano desta, como é de fato sugerido pelo percurso curvado das manchas, então teríamos definidos os estados inerte e dinâmico do Sol e da Terra, respectivamente. Não é dito com todas as letras, mas é clara a proposição do sistema copernicano como solução para o problema (como já era esperado em se tratando do discurso de Salviati).

### Se curvo, como reto?

Acabou de ser dito que o movimento encurvado das manchas pelo corpo solar sugere que o eixo deste seja inclinado em relação ao plano da eclíptica descrita pelo movimento da Terra, e estabeleceu-se que assim fosse. Entretanto, Salviati precisará articular a teoria de Copérnico um pouco mais a fim de explicar outro fenômeno. Duas vezes por ano, as manchas parecem descrever um movimento em linha reta pelo Sol, o que aparentemente coloca em xeque a inclinação do eixo solar. Todavia, o movimento anual da Terra em torno do Sol permite prever e explicar o aparente movimento retilíneo descrito pelas manchas solares em duas ocasiões anuais, bem como os demais movimentos arqueados. Em um semestre, as manchas descreverão uma trajetória abaulada ascendente da esquerda para a direita, e no outro uma abaulada descendente no mesmo sentido. Porque isso? Pois as posições relativas entre os dois astros estão constantemente mudando, sendo que é o observador que se move.



A fim de melhor explicarmos o que ocorre, recorreremos à imagem ao lado que representará o Sol. Aqui está o que cada segmento representa:

**O:** centro do Sol

**BOD:** seção do corpo solar pelo plano da eclíptica

**AOC:** eixo da eclíptica e do movimento anual da Terra

**EOI:** eixo de rotação do Sol

**E e I:** polos do Sol

**F:** ponto equidistante dos polos

**FOG:** perpendicular ao eixo **EOI**; diâmetro do círculo máximo

descrito em torno dos polos.

A partir da imagem, tomemos dois círculos: o primeiro possui o diâmetro **AOC** e o segundo **FOG**. Este último, perpassa as duas faces do corpo celeste, tanto a que vemos como aquela que nos é oculta. Deste modo, em duas ocasiões do ano, o raio do nosso olhar coincide com o diâmetro **FOG** do círculo máximo descrito entre os polos. Esta é, portanto, a causa pela qual essa circunferência nos aparece como uma linha reta, isto é, como o próprio diâmetro **FOG**. Desse modo, sempre que uma mancha estiver no ponto **F**, levada pela rotação solar sobre seu eixo inclinado **EOI**, ela descreverá o círculo máximo que a nós nos aparece como uma linha reta. Ademais, enquanto a Terra permanecer nas duas tais posições que permitem a coincidência do nosso olhar com **FOG**, e enquanto o terminadouro (círculo que delimita o hemisfério visível do Sol) passar pelos polos, todas as manchas que descreverem trajetórias paralelas ao círculo máximo também aparentarão delinear um movimento reto.

### **A face oculta**

Como já foi dito, momentâneo é o tempo no qual a trajetória das manchas aparece reta, devido à mudança das posições relativas entre o Sol e a Terra (que se move) e à passagem do terminadouro por **E** e **I**. Sendo assim, se em um semestre o observador posicionado na Terra vê uma face do Sol, no semestre imediatamente posterior verá a outra face que antes estava oculta. Desta forma, também se explica o fato das manchas sempre começarem seu movimento do lado esquerdo.

Ainda utilizando a imagem anterior, elas continuam a fazer o seu movimento normal, começando em **F** e ascendendo até **G**. Como a posição do observador muda, sabendo que no segundo momento veremos a face oposta do Sol, parece que as manchas passam a nascer no canto superior esquerdo, ao contrário do que ocorria em **F**. Contudo, trata-se daquele mesmo ponto **G** visto de um ângulo distinto do anterior: em um o vemos no canto superior direito e em outro no superior esquerdo.

### **Generalizando a análise**

Esta primeira parte da fala de Salviati, a qual vai da página 429 à 431, nos mostra o que ocorreria com as manchas solares, isto é, qual a trajetória por elas descrita e que nos é aparente, dada a Terra em uma posição determinada relativamente ao Sol em repouso no centro da eclíptica. Sendo assim, o restante de sua fala (que termina na página seguinte) mostrará outras situações correspondentes à mudança do posicionamento relativo Sol-Terra, a fim de mostrar qual seria o comportamento aparente das manchas em cada uma.

Todas as variações das viagens aparentes das manchas solares nascem da passagem do terminadouro dos hemisférios solares pelos polos de rotação do astro. De modo que, quanto mais estes estiverem afastados daquele, mais as viagens serão curvas: no afastamento máximo – isto é, os polos estão na seção do meridiano – a curvatura curvatura será máxima. Quando os polos estão sobre o terminadouro, a curvatura se minimaliza à linearidade. Como a fechar o raciocínio de forma impecável, tendo em vista o que já foi discutido na Primeira Jornada a respeito da certificação em torno da conclusão, após breve comentário de Sagredo, Salviati conclui dizendo que as previsões feitas pela teoria ocorriam de fato na sucessão de eventos observados.

### **A teimosia peripatética**

*Ainda que seja verdade que, supondo tal rotação do Sol e tal circunvolução da Terra, devem-se necessariamente observar nas manchas solares essas tais e tais extravagâncias, nem por isso se segue que, argumentando inversamente, do perceberem-se nas manchas tais extravagâncias deva-se necessariamente concluir que a Terra se mova*

*pela circunferência e que o Sol esteja colado no centro do zodíaco.*  
(GALILEU; Trad. MARICONDA, 2011, p. 433)

Analogamente, não se segue da necessidade de que  $2+2=4$  que 4 seja necessariamente fruto da soma de duas unidades com outras duas unidades. Afinal, posso fazer que 4 seja igual a  $3+1$  ou ainda  $4+0$ . O que Simplicio diz neste ponto é que enquanto não for provado que também no sistema ptolomaico as aparências das manchas sejam as mesmas que no copernicano, não há motivos fortes o bastante para se abandonar a cosmologia peripatética.

No que se segue, Salviati expõe de maneira um tanto quanto nebulosa os quatro movimentos que se teria de atribuir ao Sol para explicar os mesmos fenômenos dentro do sistema de Ptolomeu. Os dois primeiros movimentos descritos seriam para dar conta da trajetória aparente das manchas, e os dois seguintes para explicar o próprio movimento do Sol e seriam atribuídos a ele naturalmente pela teoria ptolomaica. Grande parte dos comentadores julgam que esta é uma das passagens mais nebulosas dentro do *Diálogo*. Não há figuras auxiliares, mas apenas texto, o que dificulta a compreensão. Tendo isso em mente, e sabendo que já expusemos o argumento que nos interessava, o de Galileu, não desenvolveremos este tópico.

### **Articulou-se a proposta copernicana**

Ao final desta nossa viagem, vimos como Galileu, tendo Salviati como seu porta-voz no *Diálogo*, articulou a proposta copernicana para resolver a querela que se fez em torno da aparição das manchas solares. Constatamos o quanto a inversão do referencial foi medular para se atingir uma explicação diferente e mais consistente do que a proposta pelos escolásticos. Não era preciso atribuir ao Sol quatro tipos de movimentação (como seria necessário na articulação da proposta de Ptolomeu), bastando apenas que o Sol girasse em torno de si mesmo em um eixo inclinado em relação ao plano da eclíptica descrita pelo movimento anual da Terra, sendo que este eixo nunca muda, mas está sempre apontado para um mesmo ponto no universo. Galileu fez todas estas análises baseando-se nas observações sistemáticas que fazia com seu telescópio, sendo alvo de críticas mortais de todas as partes, principalmente do clero. O único que ficou ao seu lado, conferindo seriedade científica a tais dados observacionais foi Kepler, o qual trocou algumas cartas com o italiano a respeito de vários assuntos celestes e também políticos.

Vemos que não foram poucas as maneiras pelas quais Galileu conseguiu irritar as autoridades eclesiásticas. Ousou desde a defesa de um sistema cosmológico contrário ao defendido pela Igreja, até a utilização de instrumentos tidos como produtores de observações profanas e ilusórias. Foi alvo de zombarias e de dois processos inquisitoriais, tendo que renunciar a todos os seus escritos e crenças em favor do copernicanismo para preservar sua vida. Ao cabo de todos estes eventos, depois da assimilação histórica de seus escritos, o que temos hoje é uma das maiores e mais revolucionárias contribuições para o nascimento da ciência moderna, a qual preserva seu legado em textos que seguem recebendo reedições.