

Galileu



- 1564: Galileu Galilei nasce em Pisa, 15 de fevereiro.
- 1581: estuda medicina da Universidade de Pisa.
- 1584: Galileu inicia estudos em matemática.
- 1585: abandona o curso de medicina.
- 1589: cátedra de matemática na Universidade de Pisa.
- 1592: professor de matemática na Universidade de Pádua.
- 1609: aperfeiçoa o telescópio.
- 1610: publicação do *Mensageiro das estrelas*.
- 

1612: publicação do *Discurso sobre as coisas que estão sobre a água e História e demonstrações sobre as manchas solares*. Lorini, um Dominicano, denuncia o copernicanismo como herético.

1615: Lorini acusa Galileu ao Santo Ofício.

1616: escreve o *Discurso sobre o fluxo e o refluxo do mar*.

1616: convocado pelo cardeal Bellarmino para depor.

1616: o *De revolutionibus* é posto no *Index*.

1623; publicação do *O ensaiador*.

1624: inicia os *Diálogos sobre os dois máximos sistemas de mundo – ptolomaico e copernicano*.

1632: impressão dos *Diálogos*.

1632: Galileu é convocado novamente para depor em Roma.

1633: abjuração de Galileu.

1638: publicação do *Discurso sobre duas novas ciências*.

1642: morre em 18 de janeiro.

Aspectos do pensamento de Galileu

O pensamento de Galileu une-se diretamente à relação entre ciência e filosofia, especificamente a epistemologia. Mariconda e Vasconcelos (2006, p. 17) dizem que os pontos centrais de sua maneira de tratar a ciência podem ser resumidos da seguinte maneira:

- 1) defesa de autonomia da ciência com base na tese da suficiência do método para decidir acerca da verdade das teorias;
- 2) introdução do método experimental e de um novo estilo de sistematização teórica e de exposição que lhe é adequado.

Sua contribuição para a ciência vai muito mais longe do que a obtenção de resultados científicos; trata também de questões de método e de epistemologia, seja pela apresentação do método experimental, seja pela defesa da autonomia da ciência em relação à religião. Porém, Galileu, distintamente de Descartes e Bacon, não elaborou um tratado sobre o método ou sobre a ciência; de maneira que essas contribuições devem ser procuradas nos procedimentos de seus trabalhos científicos, destacando as suas principais teses epistemológicas e sobre o método.

Períodos de desenvolvimento da ciência de Galileu

A) O *período pisano* – 1589 a 1592 – na Universidade de Pisa, Galileu desenvolve os seus primeiros estudos sobre os movimentos dos corpos. Estudos lógicos (manuscritos) sobre as obras lógicas de Aristóteles – *Segundos analíticos*, o *De moto antiquorum*.

B) O *período paduano* – 1592 a 1610 – na Universidade de Pádua, Galileu trabalha com as mecânicas, com o texto intitulado *As mecânicas*; produz tratados técnicos sobre fortificações e desenvolve a compreensão físico-matemática sobre o movimento dos corpos.

C) O *período polêmico* – 1610 a 1633
– defesa do copernicanismo, com o *Sidereus nuncius*, em 1610, com as observações astronômicas com a utilização do telescópio, chegando à condenação pela Inquisição pelos *Diálogos*. Período com três fases:

a) *fase da polêmica teológico-cosmológica* – 1610 a 1616 – com duas partes: 1610-1613: etapa de estudos científicos e observações, com a publicação de *História e demonstração sobre as manchas solares*; 1613-1616, período de desenvolvimento da polêmica teológico-cosmológica que acarretará a colocação do *De revolutionibus* no *Index*.

b) *Fase da disputa sobre os padrões científicos* – 1616 a 1623 – disputa de Galileu com o jesuíta Orazio Grassi; publicação do *Discurso sobre os cometas*, 1618, e *O ensaiador*, 1623.

c) *Fase de elaboração do Diálogo* – 1623 a 1633 – quando escreve o *Diálogo* (1624-1630), consegue obter a autorização para a publicação da obra (1630-1632) e o julgamento de 1633, quando Galileu é obrigado pela Inquisição a abjurar sua defesa do copernicanismo.

O período da retomada da mecânica
– 1633 a 1642 – Galileu retoma os trabalhos sobre mecânica do período paduano e publica sua obra científica mais importante, *Os discursos sobre duas novas ciências*, publicada em 1638.

O período de formação contém os estudos de Galileu sobre medicina. A medicina da época era dirigida pelos trabalhos de Galeno (129-200), que pertencia ao conhecimento da física e da metafísica de Aristóteles. Galileu adquiriu uma profunda desconsideração pelos peripatéticos, levando-o, ao que parece a abandonar os estudos de medicina. Mas ele também entrou em contacto com a matemática, com Tartaglia (1499-1557), que valorizava a matemática aplicada, com os textos de Euclides (século III a.C.) e Arquimedes (287-212 a.C.) Este momento é marcado pelo contacto de Galileu com os trabalhos dos engenheiros e com a utilização da matemática em seus aspectos técnicos, tais como mensuração, cálculos de perspectiva; resolver problemas práticos.

O período pisano é quando Galileu inicia as suas investigações sobre o movimento dos corpos. É o período em que ele critica um dos princípios da física aristotélica, segundo o qual a velocidade de queda dos corpos é proporcional a seus pesos. Isto é, se lançarmos dois pesos distintos, um de um quilo e outro de dez de uma altura, o segundo, por ser dez vezes mais pesado, alcançara o chão dez vezes antes que o primeiro (o que é pesado dez vezes mais cai dez vezes mais rápido). Deve-se a Vincenzo Viviani, primeiro biógrafo de Galileu, em sua obra de 1654, a narração do acontecimento de que Galileu fez o experimento na Torre de Pisa.

O período paduano é intenso em investigações científicas. A Universidade de Pádua era uma das mais tradicionais da Europa e pertencia à República de Veneza, com uma mentalidade distinta da República de Florença. Veneza tinha uma certa autonomia em relação à Igreja Católica, estando a salvo da Inquisição. Um exemplo é a querela entre Bellarmino e Paolo Sarpi, em 1607, sobre a discussão se a autoridade religiosa pode intervir em questões de Estado. Veneza se impôs muitas vezes contra a Inquisição, contratando juristas para defender os seus cidadãos contra a Inquisição.

O período polêmico

*fase da polêmica teológico-cosmológica – 1610 a 1616 – com duas partes: 1610-1613: etapa de estudos científicos e observações, com a publicação de *História e demonstração sobre as manchas solares*; 1613-1616, período de desenvolvimento da polêmica teológico-cosmológica que acarretará a colocação do *De revolutionibus* no *Index*.*

O uso do telescópio permitiu a Galileu descobrir as seguintes coisas:

- 1) a Lua possui grandes montanhas, vales etc., possui um relevo irregular, tal como a Terra;
- 2) a Lua ilumina a Terra e esta ilumina aquela;
- 3) existem inumeráveis nebulosas e a Via Láctea é composta de uma imensidão de estrelas; as estrelas estão a enormes distâncias entre si, indo contra a noção de que as estrelas fixas estariam todas no mesmo plano;
- 4) Júpiter possui, tal como a Terra, quatro satélites.

Essas descobertas foram importantes como prova ao copernicanismo e, para a justificação deste e das descobertas, foi necessário uma reformulação da noção de “experiência”

O copernicanismo traz os seguintes problemas principais (epistemológico):

a) vai contra a experiência do senso comum, isto é, não podemos observar a Terra em movimentos; e todas as nossas percepções induzem-nos a admitir que a Terra está parada e o Sol gira ao nosso redor;

b) não é adequada com a física aristotélica; pois esta está alicerçada no empirismo ingênuo, onde há uma correspondência entre o que se observa com a realidade.

Para dar conta do primeiro problema, Copérnico indica o princípio de relatividade óptica, no qual a experiência observável – o movimento do Sol e das estrelas fixas e dos movimentos irregulares dos planetas – são frutos do nosso movimento rotacional e translacional em torno do Sol, com isto,

“A experiência deixa de ser ingênua, deixa de ser apreensão direta da realidade, e o sujeito da observação, o observador, passa a refletir sobre as condições em que ela se dá, passando a dirigi-la pela razão” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 70).

A experiência passa a ser controlada pela razão. A experiência bruta passa a sofrer a intervenção do intelecto, que determinará uma interpretação para a experiência.

Aristóteles e Ptolomeu: concordância entre as observações feitas pelos sentidos (ver um planeta em tal e tal movimento) como condizente com a realidade.

Copérnico: a observação dos eventos astronômicos devem ser interpretadas e corrigidas pela razão, implicando que o que se observa nem sempre é a expressão da realidade, mas deve ser “analisada” pela razão de maneira a surgir uma explicação que se aproxime da realidade,

“A intervenção racional na experiência praticada pelo copernicanismo opera em dois planos. No plano científico, o movimento do observador passa a ter uma função primitiva, pois visa explicar as aparências sensíveis. No plano epistemológico, o movimento do observador tem a função radical de permitir que este reflita sobre as condições de realização de sua própria observação. A partir daí, a experiência científica se afasta da experiência comum, cotidiana e ingênua” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 71).

A experiência deixa de ser simples receptáculo do mundo e passa a ser exigida a sua correção e interpretação pela razão. Esta é uma das marcas da ciência moderna, a experiência controlada pela racionalidade.

Telescópio e a análise da visão humana:

O princípio de relatividade óptica para corrigir a observação dos movimentos dos astros pode ser aplicado, segundo Galileu, ao telescópio e à visão humana.

Uma objeção ao copernicanismo (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 71-4) seria a de, se a Terra de fato se move, Marte e Vênus, quando próximos a Terra deveriam parecer 64 vezes maiores do que de fato se apresentam quando mais próximos estão da Terra (Marte se apresenta 3 ou 4 vezes maior e Vênus, quase nada).

Com o telescópio, Galileu mostra que a observação se apresenta conforme o copernicanismo. Mas ele também trata do por que o olho nu não mostra o pedido. Isto provém de um “defeito” da visão humana, pois dois fatores são importantes:



- a) a irradiação provinda dos objetos resplandecentes leva a que, quanto maior o objeto luminoso, maior o seu halo luminoso;
- b) a reflexão nas pupilas desse halo decorrente da umidade dos olhos.

O telescópio, quando alarga a imagem dos objetos, faz que ela ocupe todo o olho, retirando os raios adventícios e corrigindo o tamanho da imagem. Isto implica em tratar epistemologicamente o olho humano como um instrumento como qualquer outro, sujeito às correções e interpretações. O olho passará a ser visto como um instrumento qualquer, que pode ser analisado pelo intelecto.

Retorno a Florença

Notoriedade de Galileu pelo uso do telescópio. Análise óptica das imagens do telescópio: a) ilusões; b) somente o olho pode ver o que está no universo.

Cardeal Roberto Bellarmino (1542 – 1621)
Colégio Romano, Jesuíta, aprovação dos matemáticos, Grienberg, Clavius, Maelcote e Lembo, as imagens não são ilusões. O Papa Paulo V recebe Galileu em Roma.

Galileu passa a se dedicar exclusivamente ao copernicanismo, deixando os seus estudos sobre mecânica, que só irá retornar após o segundo julgamento e a abjuração. O uso do telescópio permitiu a Galileu formular um programa elaborado de observação. As suas descobertas foram muitas, fora as que já tinha apresentado do *Mensageiro das estrelas*. As mais importantes foram as dos anéis de Saturno, as fases de Vênus e as manchas solares.

Os anéis de saturno e as fases de Vênus foram descobertas entre 1610 e 1611. As duas descobertas foram relatadas a Kepler em forma de anagramas – era comum, na época, para garantir a prioridade de grandes descobertas, mandar para algum cientista com fama um anagrama com as descobertas.

Sobre os anéis de Saturno, o anagrama é:

smaissnilmepoetalemibunenugttavira
s

Altissimum planetam tergeminum
observavi

Observei o planeta altíssimo (Saturno)
trigêmio

Das fases de Vênus:

Haec immatura a me jam frustra
leguntur o. y

Cynthia figuras aemulatur mater
amorum

A mãe do amor (Vênus) imita a figura
da Lua.

O principal contra a cosmologia tradicional é o das fases de Vênus, pois, no geocentrismo, Vênus não gira em torno do Sol, mas da Terra e a sua órbita é considerada inferior a do Sol, de maneira que não poderia mostrar fases. Com o telescópio, Galileu mostra que Vênus tem fases, de maneira que não poderia ser aceita a disposição dada pela disposição aristotélica.

As manchas solares

A descoberta das manchas solares envolveu uma polêmica com o jesuíta Christopher Sheiner, na sua obra de 1612 *De maculis in sole*. Fora a disputa sobre a prioridade da descoberta, Galileu desmente a interpretação dada por Sheiner. Este argumentou que as manchas solares eram pequenos corpos opacos que giram em torno do Sol, de maneira que suas sombras são projetadas na superfície solar. Sheiner procurava salvar a incorruptibilidade celeste. Galileu, por sua vez, mostra que as manchas solares estão contíguas ao corpo solar e que, portanto, pertencem a ele. Galileu escreve em 1613 o livro *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, relatando sua interpretação.

Isto é o início das controvérsias com os jesuítas, que mudam de questão; sobre as manchas solares passam para o sistema de mundo,

O primeiro julgamento

A atuação de Galileu frente aos jesuítas foi marcante para gerar uma insatisfação entre os teólogos e os professores de filosofia de tendência escolástica. O setor universitário foi muito contrário à defesa de Galileu do movimento da Terra. De disputas filosóficas e cosmológicas, passa-se para uma oposição teológica, de ordem drástica para Galileu.

Em 1613, Galileu endereça uma carta a seu discípulo Benedetto Castelli, na qual defende que se deve separar a ciência da religião, de maneira que as passagens bíblicas que são contrárias ao que a razão e a experiência determinam devem ser reinterpretadas. Deus não criou duas verdades, uma científica e outra religiosa, mas, para o homem inculto, são dadas palavras mais simples que não o confundam, precisando ser interpretadas e não admitir o seu conteúdo literal. Desta maneira, Galileu quer garantir a autonomia da razão em relação às questões religiosas. Nas coisas do mundo natural, são a observação e a razão que devem ter autoridade.

O padre dominicano Tommazo Caccini investe contra os copernicanos. E, em 1615, Niccoló Lorini denuncia Galileu à Congregação do Santo Ofício. Galileu vai para Roma para defender o copernicanismo, mas foi admoestado pelo cardeal Roberto Bellarmino, a mando do Papa Paulo V, para não defender o copernicanismo. O *De revolutionibus* é posto no Index. A Igreja não iria aceitar qualquer princípio que colocasse em dúvida a autoridade teológica.

Autonomia da razão

O que Galileu pretendia com a defesa do copernicanismo? É fundamentalmente a liberdade de pesquisa científica e da primazia da razão, de maneira que a ciência pode, através de procedimentos metodológicos, sair da autoridade da Teologia ou da Filosofia Natural.

As linhas mestras da epistemologia de Galileu são
(Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 91-5):

A teologia é fundamental para as questões ético-religiosas, pois são necessárias para a salvação, e como os homens não conseguem obter a verdade necessária pelo discurso, devem ser guiadas pelo Espírito santo.

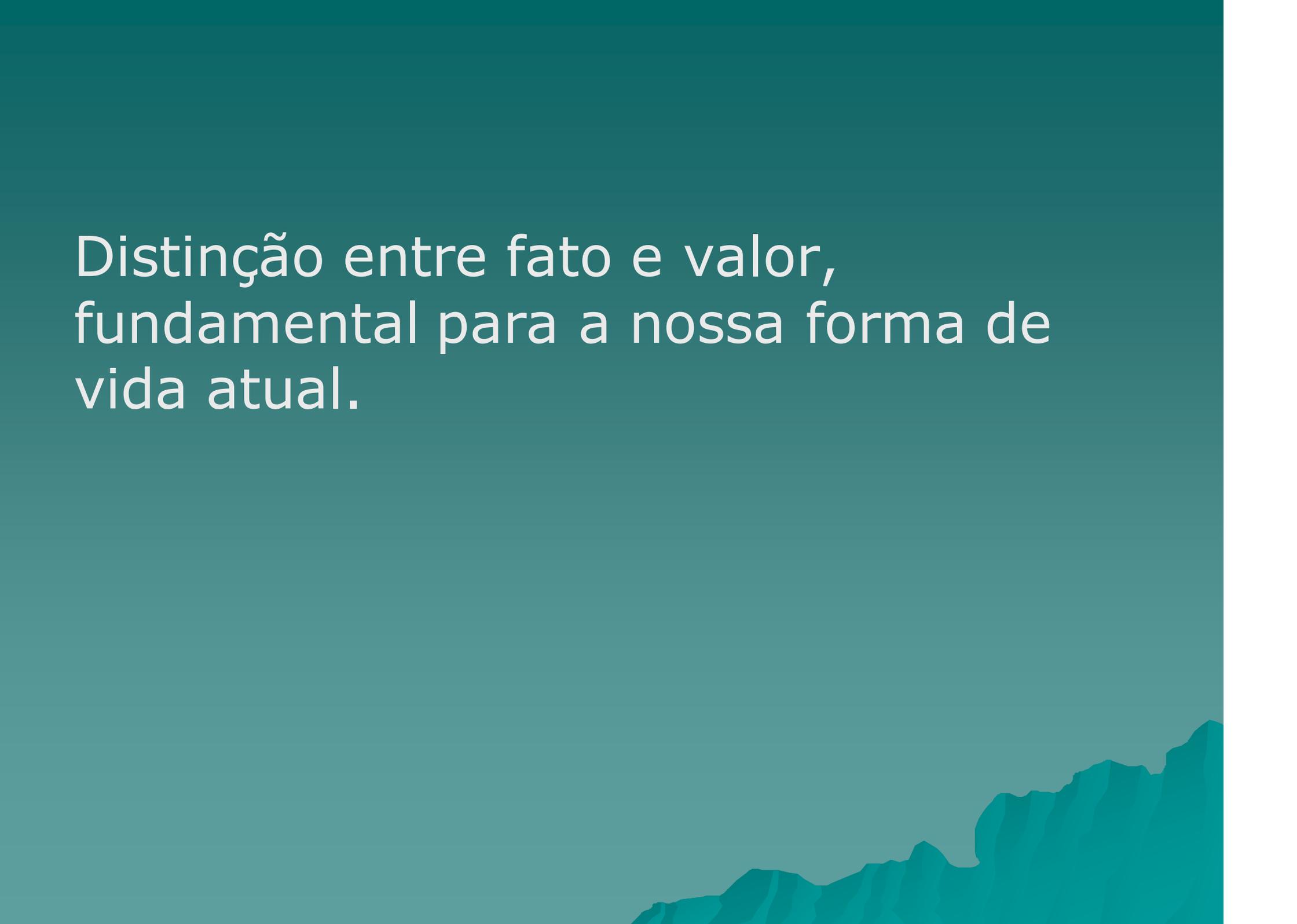
Acerca da incompatibilidade do copernicanismo com as Sagradas Escrituras:

1) o conhecimento científico deve prevalecer sobre o teológico, visto que as Escrituras devem ser interpretadas e a ciência trabalha com experiências e demonstrações necessárias para solidificá-la. Deus não teria dado-nos a razão natural se não fosse para utilizá-la.

2) O método garante a autonomia da ciência, pois submete as hipóteses das teorias a um exame crítico fundamentado nas experiências e demonstrações, que são a base do raciocínio científico.

3) A natureza prevalece em relação à Escritura, pois essas são interpretações, a experiência e a demonstração devem prevalecer em relação à Escritura; assim, a ciência é independente da Teologia, e esta deve levar em conta a ciência na exegese das Sagradas Escrituras.

Distinção entre fato e valor,
fundamental para a nossa forma de
vida atual.

The background is a solid teal color. At the bottom right corner, there is a stylized silhouette of a mountain range in a slightly darker shade of teal.

O processo do primeiro julgamento de Galileu envolveu uma questão controversa. Em 26 de fevereiro de 1616, o cardeal Roberto Bellarmino convoca Galileu para uma admoestação. Não se tem qualquer documento sobre o que os dois conversaram, mas:

Não se pode deixar de dizer aqui que, nos documentos do processo, encontra-se uma intimação do Santo Ofício feita pelo padre comissário, segundo a qual Galileu foi instado a abandonar a “opinião” copernicana e intimado a não a sustentar, ensinar ou defender *quovis modo* (de modo algum). Esse documento não traz a assinatura do cardeal Bellarmino e, sem dúvida, foi produzido sem o seu conhecimento e acrescentado posteriormente ao processo da Inquisição (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 96).

Esse documento foi, provavelmente, forjado, e posto no processo de 1633. Bellarmino deve ter dito a Galileu falar do copernicanismo *ex suppositione*, aliando-se à postura instrumentalista adotada na astronomia dessa época. Falar da realidade do copernicanismo seria abalar a autoridade da Igreja e de Aristóteles nas questões sobre a ciência, algo que não seria admitido.

A autonomia da ciência defendida por Galileu está na base do predomínio da razão nas esferas de conhecimento de nossa vida, em relação aos outros tipos de conhecimento.

Cometas e balanças

Orazio Grassi, jesuíta, analisou três cometas vistos no ano de 1618 na obra *Disputa astronômica acerca dos três cometas do ano de 1618*, considerando-os fenômenos celestes, tal como explicado por Brahe. Mas Grassi defende que é a Terra o centro e os cometas, dadas as suas grandes excentricidades, dão voltas na Terra. Galileu vai contra Grassi, mas para defender o copernicanismo, e na obra de 1619 *Discorso delle comete*, lido por Mário Guidicci na Academia florentina, aceita a suposição pitagórica adotada por Aristóteles “de que os cometas nada mais são do que o produto da reflexão da luz sobre as emanações ou vapores que se elevam nos altos estratos da esfera elementar de ar e fogo que envolve a Terra” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 104).

Os jesuítas aceitaram Brahe como uma posição que mantinha a Terra em repouso, mesmo que negando alguns pontos de Aristóteles. Galileu critica o sistema de Brahe por uma única razão, poder defender indiretamente o copernicanismo, pois, admitindo os cometas como fenômenos atmosféricos, poder-se-ia manter o copernicanismo como plausível.

Grassi não aceita as objeções de Galileu e escreve em 1619, sob o pseudônimo de Lotario Sarsi Sigensiano a obra *A balança astronômica e filosófica*, que visa avaliar os procedimentos adotados por Galileu na ciência. Galileu escreve e publica em 1623 o *Il saggiatore*, na qual é suposta a utilização de uma balança muito precisa, a balança do "saggiatore", aquele que se utiliza de balanças com muita precisão. A discussão é sobre o método tradicional para os fenômenos naturais.

Galileu critica o procedimento tradicional por dar valor excessivo á opinião de autoridades, e não valorizar a razão, que é expressa em forma matemática. Na passagem mais conhecida de Galileu se lê:

“Parece-me, além disso, discernir em Sarsi firme crença de que, para filosofar, seja necessário apoiar-se na opinião de algum célebre autor, como se nossa mente, quando não se casasse com o discurso de um outro, devesse permanecer totalmente estéril e infecunda; e talvez estime que a filosofia seja um livro ou de uma fantasia de um homem, como a *Ilíada* e o *Orlando furioso*, livros nos quais a coisa menos importante é que aquilo que está escrito seja verdadeiro. Senhor Sarsi, a coisa não é assim. A filosofia está escrita neste grandíssimo livro que continuamente nos está aberto diante dos olhos (eu digo o universo), mas não se pode entender se primeiro não se aprende a entender a língua e conhecer os caracteres, com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, meios sem os quais é impossível entender humanamente qualquer palavra; sem estes vaga-se em vão por um escuro labirinto” (Favaro, 1933, VI, p. 232 *apud* Mariconda e Vasconcelos, 2006, p. 107).

A metáfora da águia e dos estorninhos

“Talvez acredite Sarsi que bons filósofos se encontram em quadras inteiras e dentro de cada recinto de muros? Eu, senhor Sarsi, acredito que voem como as águias e não, como os estorninhos. É bem verdade que aquelas, porque são raras, pouco se vêem e menos ainda se ouvem, e estes, que voam em bando, onde quer que pousem, enchendo o céu de estridos e de rumores, emporcalham o mundo. Mas antes fossem os verdadeiros filósofos como a águia e não, como a fênix. Senhor Sarsi, infinita é a turba dos tolos, isto é, daqueles que não sabem nada; muitos são aqueles que sabem pouquíssimo da filosofia; poucos são aqueles que dela sabem alguma partícula; um só, Deus, é quem a sabe toda” (Favaro, 1933, VI, p. 236-7 *apud* Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 107-8).

Papel da matemática

Matemática: na Itália foi discutida a sua utilização no final do século XVI e início do XVII. Jesuítas, *ratio studiorum* programa educacional. Mas prevalecia a posição instrumentalista, a matemática não pode ser aplicada ao mundo físico, a matéria é um impeditivo para a aplicação matemática:

“Assim, para os jesuítas a Matemática tem seu lugar no conhecimento da natureza, representado pelas *scientiae mediae* [ciências médias], isto é, por aquelas disciplinas, tais como a Astronomia, a Mecânica e a Óptica, que a tradição considera intermediárias entre a Filosofia natural (física) e a própria Matemática, pois aplicam-se para descrever certos aspectos do mundo natural” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 110).

O *Saggiatore* é uma obra que expõe o ideal de Galileu de matematização da natureza. Tanto para Platão como para Aristóteles, mas com razões diferentes, a matéria é vista como um impeditivo para a aplicação da matemática, a matéria é algo particular, enquanto a matemática trata do abstrato. Galileu resolve o problema negando o caráter abstrato da matemática, de maneira a termos um realismo entre o mundo e a matemática. A matéria é vista para Galileu, com a distinção entre qualidades primárias e secundárias, como contendo elementos que são eternos (as qualidades primárias) possíveis de lhe ser aplicada a matemática. Analogia com o comerciante que aplica a aritmética a volumes e pesos, quando esse desconta os elementos que não entram no cálculo (a tara, a embalagem etc.).

para a tradição, a matemática não pode ser aplicada à matéria porque confundem-se as partes que podem receber tratamento matemático das que podem

Atomismo, retira o que é subjetivo na matéria e considera apenas o que é objetivo (qualidades primárias);

“A redução drástica do variegado feixe de qualidades sensíveis “aquelas que podem receber tratamento matemático é representativa não só da assimilação do espaço físico qualitativamente diferenciado ao espaço geométrico homogêneo, assimilação que expressa emblematicamente a perspectiva de matematização da natureza, mas se constitui, sobretudo, como a circunscrição da base ontológica indispensável para proceder à mecanização da concepção da natureza e do mundo” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 114).

Galileu e a defesa do movimento de rotação da Terra

Em 1624 Manfreu Barberini torna-se Papa com o nome de Urbano VIII. Galileu dedica-lhe o *Saggiatore*. Urbano VIII aparentava um patrono da ciência e das artes, de maneira que Galileu consegue dele uma autorização para escrever um livro que tratasse das questões astronômicas, falando sobre o copernicanismo.

Entre 1624 a 1630, Galileu escreve os *Diálogos sobre os dois máximos sistemas de mundo: o ptolomaico e o copernicano*, sua principal obra de defesa do movimento da Terra. O título não foi dado por Galileu, mas por sugestão do papa Urbano VIII. Galileu tencionava escrever a obra tratando do Fluxo e do refluxo das marés, com a intenção de mostrar que o fenômeno das marés só poderia ser explicado pelo copernicanismo. A estratégia de Urbano VIII, por outro lado, era a de justificar a condenação de 1616, isto é, admitir que só se pode falar *ex supositione*, à maneira dada por Bellarmino, que é instrumentalista.

A estrutura dos *Diálogos*

A obra contém três interlocutores, Salviati, que representa um copernicano; Simplicio, um defensor de Ptolomeu e de Aristóteles; e Sagredo, um homem de bom-senso que não é nem copernicano e nem ptolomaico, mas que raciocina segundo a sua própria razão. Os três personagens discutem durante 4 dias, ou 4 jornadas, sobre os sistemas ptolomaico e copernicano, dividindo cada jornada em:

Primeira: da destruição do cosmo aristotélico.

Segunda: das objeções mecânicas ao movimento de rotação da Terra.

Terceira: das objeções astronômicas ao movimento de translação da Terra.

Quarta: da teoria das marés.

Segunda jornada: as objeções mecânicas ao movimento de rotação da Terra

Dois grupos de objeções:

Primeiro: composto por cinco objeções (Aristóteles), que se referem a: 1) o argumento da queda vertical: torre , mastro de um navio; 2-5) movimentos de projéteis e disparos de artilharia para vários pontos cardeais; 2) tiro vertical; 3) tiros para o leste e para o oeste; 4) tiros nivelados ou horizontais; 5) tiros para o norte e para o sul.

Galileu usa:

Poente e ocidente para leste

Levante e oriente para oeste

Acarreta:

- a) Um objeto não cairia pela vertical que partiu
 - b) Um projétil lançado verticalmente para cima não volta para o ponto de lançamento;
 - c) Um tiro para leste teria um alcance menor que o para o oeste;
 - d) Tiros orientais resultariam altos e os ocidentais baixos, porque o horizonte vai sempre abaixando-se em direção ao levante e levantando-se em direção ao poente;
 - e) Os tiros para o norte e sul se desviassem sempre para o poente.
- 

Segundo: (Ptolomeu) 6) argumento da nuvem, que deveria ter um movimento veloz em direção ao ocidente, que é a direção contrária ao movimento da Terra; 7) argumento dos pássaros; 8) argumento do vento, deveríamos sentir um vento eterno soprando na direção contrário ao do movimento da Terra; 9) argumento da extrusão, os corpos pesados que estão nela sairiam a grande velocidade.

Movimento de rotação da Terra:

Diâmetro da Terra = 38.500 Km. =
1.600 Km./hora = $1.600.000 \text{ m} / 60 \times 60 = 440 \text{ m/s}$

Analisar apenas os argumentos 1, 3 e 9:



Para resolver essas objeções é necessária uma nova física. Galileu desenvolve uma conceituação mecânica original, um quadro conceitual articulado em torno do princípio de relatividade do movimento.

Princípio da relatividade do movimento: Copérnico, relatividade óptica; Galileu desenvolve esta noção. Copérnico, as coisas terrestres participam do movimento da Terra.

Para Galileu, para responder às objeções é preciso entendermos que:

a) o movimento da Terra é imperceptível para nós. Como participamos do movimento da Terra, os movimentos relativos à própria Terra – que acontece nela – é imperceptível;

b) os movimentos da Terra e na Terra é perceptível para quem não participa de seus movimentos.

Para Galileu, “o movimento entretanto é movimento e como movimento opera, enquanto tem relação com coisas que carecem dele; mas entre as coisas que participam igualmente dele, nada opera e é como se ele não fosse” (*Diálogos*, p. 196). Assim,

“Galileu mostra que o erro fundamental das objeções mecânicas ao movimento de rotação terrestre consiste em pressupor que a Terra está em repouso quando o corpo em queda ou lançado inicia seu movimento, introduzindo depois, hipoteticamente, o movimento de rotação terrestre durante o curso do seu deslocamento. Em outras palavras, as objeções mecânicas à rotação terrestre não têm em conta o fato de que os corpos próximos à superfície da Terra já participam desse movimento, como dele também participa o observador, de modo que, pelo princípio da relatividade, o movimento de rotação torna-se um *componente invariante* de todos os movimentos terrestres, cujas relações entre si não diferem, portanto, daquilo que aconteceria se a Terra estivesse em repouso” (p. 134-5).

Para explicar porque a pedra cai ao pé dá torre, temos que considerar que a pedra já possui, porque participa, o movimento de rotação terrestre, e o mesmo para o observador, que vê a pedra cair porque participa do movimento de rotação. O lançamento na vertical também é explicado pela participação, pois a pedra que é lançada está participando do movimento de rotação da Terra. No lançamento de projéteis, estes participam junto com o ar circundante do movimento de rotação da Terra; o mesmo valendo para a extrusão. Obviamente que Galileu não provou o movimento da Terra, mas fez algo importante; mostrou que não é possível, pelas observações, determinar se a Terra está ou não em movimentos; isto é, pode-se dar explicações plausíveis para uma Terra em movimento, respondendo às objeções. Assim, a experiência "bruta", as observações como realistas não determinam se a Terra se move ou não se move.

O princípio de relatividade do movimento acarretou muitos aspectos. Em primeiro lugar, rompe com a concepção aristotélica de movimento como processo, no qual o movimento e o repouso são entendidos como estados ontologicamente distintos. Pela relatividade do movimento, repouso e movimento são estados que adquirem significado pela situação do corpo. Em segundo lugar, condições mecânicas de movimento que seja nulo e que seja operante. É nulo quando o movimento é comum a muitos móveis, como a Terra e as coisas que estão nela; e é operante quando os móveis têm relações com outros que não fazem parte do mesmo sistema. Um exemplo dado por Galileu mostra que para um navio, o movimento é operativo em relação aos portos pelos quais ele passa, mas é nulo com relação às cargas que estão no navio. Em terceiro lugar, as diferenças entre as experiências mecânicas internas e externas a um sistema de referencia. Segundo Galileu, em um navio,

“Fecha-vos com algum amigo no maior compartimento existente sob a cobertura de um grande navio, e fazei que ai existam moscas, borboletas e semelhantes animaizinhos voadores; seja também colocado ai um grande recipiente com água, contendo pequenos peixes; suspenda-se ainda um balde, que gota a gota verse água em outro recipiente de boca estreita que esteja colocado por baixo: e, estando em repouso o navio, observai diligentemente como aqueles animaizinhos voadores com igual velocidade vão para todas as partes do ambiente; ver-se-ão os peixes nadar indiferentemente para todos os lados; as gotas cadentes entrarem todas no vaso posto embaixo; e vós, lançando alguma coisa para o amigo, não a deveis lançar com mais força para esta que para aquela parte, quando as distancias sejam iguais; (...) fazei mover o navio com quanta velocidade desejardes; porque (sempre que o movimento seja uniforme e não flutuante de cá para lá) não reconhecereis uma mínima mudança em todos os mencionados efeitos, nem de nenhum deles podereis compreender se o navio caminha ou está parado” (*Diálogos*, p. 268).

A experiência não poderá determinar se um corpo está em repouso ou em movimento uniforme se o observador está dentro do sistema mecânico de referencia. O exemplo do navio mostra que um peso cai ao pé do mastro, esteja o navio em repouso ou em movimento uniforme; da mesma forma, na Terra um peso que cai de uma torre alcançará o pé da torre, esteja a Terra se movendo ou parada. Contudo, se o navio está parado, um observador fora do navio verá a mesma coisa que o observador dentro do navio: o peso cair em linha reta; porém, se o navio está em movimento uniforme, o observador externo verá um movimento composto pela queda do peso e pelo movimento do navio, e a trajetória não será uma linha reta, mas curva. Para Galileu, a posição do observador é fundamental no seu sistema mecânico de movimento.

O movimento uniforme de um sistema de movimentos é interno a esse sistema, tornando-se um movimento composto. Um sistema mecânico de movimentos é caracterizado pela composição de todos os seus movimentos internos. Para um observador na Terra, a queda de um objeto de uma torre é um movimento simples, mas para um observador fora da Terra, ele é composto, pelo movimento de queda e o de rotação.

Distinção Aristóteles e Galileu

uma pedra em queda é para Aristóteles um movimento natural; um objeto só pode ter um movimento natural, (retilíneo, para a Terra e circular, para o mundo celeste) distinto do violento. Isto é dado pela concepção de natureza de Aristóteles. Para Galileu, um mesmo corpo pode ter dois movimentos naturais: um retilíneo, a queda para o chão e outro horizontal (para o observador fora da Terra), dado pela rotação terrestre.

Inércia

Conceito de conservação de movimento que só terá a sua formulação definida com Descartes e Newton (na primeira lei do movimento). Galileu usa o termo “impressão indelével”, que é “um grau de velocidade qualquer, uma vez comunicado ao móvel, imprime-se nele de uma forma indelével”. Como Galileu afirma existir dois movimentos naturais, o retilíneo para o centro e o circular em torno do centro, este último é um tipo de conservação de movimento de forma circular.

Galileu: conservação de movimento,
inércia, circular.

Newton: conservação de movimento,
inércia, retilíneo.

Planos

Declive: se uma bola for solta em um plano em declive, ela descera espontaneamente adquirindo aceleração; para deixar a bola em repouso, é necessário aplicar uma força.

Aclive: é necessária uma força para subi-la ou mantê-la parada.

Horizontal: se colocarmos uma bola em um plano horizontal, ela permanecerá em repouso; se aplicarmos uma força a ela, ela se movimentará na direção da força e continuará o seu movimento uniforme, assim:

“No plano horizontal, que não é aclive nem declive, não há causa de aceleração nem de retardamento, de modo que um corpo permanecerá em repouso, ou conservará seu movimento uniforme para sempre, a menos que seja perturbado por algum impedimento accidental ou externo, tal como a fragilidade do corpo, a resistência do ar e o atrito entre o corpo e o plano” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 150-2).

O que impediu Galileu de chegar à formulação correta da lei da inércia foi o seu apego, assim como Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico e Brahe, entre outros, ao princípio de movimento circular e uniforme. Foi Kepler quem rompeu com esse primado da cosmologia e da astronomia, quando elabora as leis dos movimentos dos planetas como elípticas. Romper com o princípio de circularidade e uniformidade foi algo tão difícil e importante quanto a admissão de que é a Terra que se move e o Sol o centro.

Terceira Jornada, movimentos de translação, paralaxe



Marés

Galileu pretendia utilizar a explicação das marés como uma prova concludente para os movimentos da Terra. Distintamente da segunda e da terceira jornadas, nas quais mostra-se a plausibilidade do copernicanismo, a explicação das marés era uma prova necessária, isto é, não seria possível explicar fenômeno sem admitir os movimentos da Terra.

Galileu utiliza uma explicação mecanicista estrita, o movimento como causa de movimento. Esta é a causa primária, mas envolvem-se outras causas, secundárias e terciárias, que são acidentais; é necessário fazer um levantamento das condições, *istorie*.

Para a tradição, a causa das marés estaria nas águas, um fenômeno qualitativo. Para Galileu, o fenômeno ocorre por um processo de aceleração e retardamento do recipiente (Terra) que contém as águas, pela composição entre os movimentos de translação e rotação que fazem movimentos oscilatórios.

A Terra gira com movimento de translação em uma direção e o movimento de rotação vai do oriente para ocidente. Quando os movimentos de rotação e de translação são concordes, na mesma direção, há uma aceleração, quando não são, um retardamento. As marés são produzidas pelo "choque" das águas no recipiente, a Terra, devido a essas alternâncias de velocidades.

O julgamento de 1633

Os diálogos são publicados em 1632, atraindo adeptos, mas também críticos. Logo, o Colégio Romano intima Galileu a comparecer em Roma, acusado com três pontos:

- a) não utilizar o instrumentalismo;
 - b) ter calculado mal o fluxo e o refluxo do mar, quando atribui mobilidade a Terra;
 - c) não ter seguido a admoestação do cardeal Bellarmino.
- 

Galileu procurou se defender, alegando inocência nas acusações, mas de nada adiantou e foi condenado em 1633 a abjuração e confinado com prisão domiciliar em Arcetri,

“Impunha-se, desse modo, limites claros à liberdade de pesquisa científica por meio de uma intervenção repressiva sobre as ciências matemáticas da natureza, que ficavam subordinadas à autoridade da Teologia e da interpretação contra-reformista dos textos sagrados, vale dizer, à autoridade juridicamente estabelecida da ortodoxia católica” (Mariconda & Vasconcelos, 2006, p. 126).

O julgamento de Galileu representou a supremacia da Teologia sobre a ciência não por razões científicas, metodológicas ou racionais, mas por imposição de valores que extrapolaram a pesquisa do mundo da astronomia.

