



- **Olhar para a história**

Caminho para a compreensão da ciência hoje

- **A descoberta da racionalidade no mundo e no homem**

Grécia Antiga: Homero, Hesíodo, Tales, Anaximandro, Anaxímenes, Pitágoras, Heráclito, Parmênides, Demócrito, Sócrates, Platão, Aristóteles

- **A fé como limite da razão**

Europa Medieval:

Santo Agostinho, São Tomás de Aquino

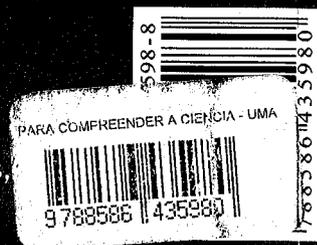
- **A ciência moderna se institui**

A transição para o capitalismo:

Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke, Newton

- **A história e a crítica redimensionam o conhecimento**

O capitalismo nos séculos XVIII e XIX: Berkeley, Hume, os iluministas franceses, Hegel, Comte, Marx



Para compreender a ciência

UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA



Maria Amália Andery • Nilza Micheletto
Tereza Maria Pires Sérgio • Denize Rosana Rubano
Melania Moroz • Maria Eliza Pereira
Silvia Catarina Gioia • Mônica Gianfaldoni
Márcia Regina Savioli • Maria de Lourdes Zanotto

Garamond
UNIVERSITÁRIA

Catálogo na Fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros

Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica / Maria Amália Pie Abib Andery...
et al. - Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

436 p.; 21 cm.
Bibliografia.

ISBN: 85-86435-98-8

1. Ciência - Metodologia. 2. Ciência - Filosofia. 3. Ciência - História. I. Andery, Maria
Amália.

CDD 500.18

501

509

Produção Editorial

Eveline Bouteiller Kavakama
Maria Eliza Mazzilli Pereira

Revisão

Sonia Montone
Berenice Haddad Aguerre

Editoração Eletrônica

Elaine Cristine Fernandes da Silva
Maurício Fernandes da Silva

Impressão

SERMOGRAF - ARTES GRÁFICAS E EDITORA LTDA.

Capa

Garamond

Sobre os quadros, da esquerda para a direita: "Retrato de Nicolau 'rater'" (1528), de Hans Holbein; "O astrônomo" (1668), de Vermeer de Delft; "Retrato de Erasmo de Roterdam" (1526), de Hans Holbein; "O geógrafo" (1669), de Vermeer de Delft

Editora Garamond Ltda
Rua da Estrela, 79/3º andar
20251-021 - Rio de Janeiro - RJ
Fonefax: (21) 2504-9211
E-mail: editora@garamond.com.br

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Olhar para a história: caminho para a compreensão da ciência hoje 9

PARTE I

A DESCOBERTA DA RACIONALIDADE NO MUNDO

E NO HOMEM: A GRÉCIA ANTIGA 17

Capítulo 1 – O mito explica o mundo 23

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sérgio

Capítulo 2 – O mundo tem uma racionalidade, o homem pode descobri-la ... 33

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sérgio

Capítulo 3 – O pensamento exige método, o conhecimento depende dele 57

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sérgio

Capítulo 4 – O mundo exige uma nova racionalidade, rompe-se a
unidade do saber 97

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sérgio

Referências 127

Bibliografia 129

BIBLIOGRAFIA

- Abbagnano, N. *Dicionário de filosofia*. São Paulo, Mestre Jou, 1982.
- Chauí, M. e outros. *Primeira filosofia: lições introdutórias*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- Franco Jr., H. *O feudalismo*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- Huberman, L. *História da riqueza do homem*. Rio de Janeiro, Zahar, 1981.
- Jauneu, E. *A filosofia medieval*. Lisboa, Edições 70, 1980.
- Pépin, J. "Santo Tomás e a filosofia do século XIII". In: Châtelet, F. (org.). *História da filosofia - idéias e doutrinas*. Rio de Janeiro, Zahar, 1974, vol. II, pp. 152-164.
- Rassam, J. *Tomás de Aquino*. Lisboa, Edições 70, 1980.
- Santos, M. F. *Dicionário de filosofia e ciências culturais*. São Paulo, Matese, 1963.

PARTE III

A CIÊNCIA MODERNA INSTITUI-SE: A TRANSIÇÃO PARA O CAPITALISMO

DO FEUDALISMO AO CAPITALISMO: UMA LONGA TRANSIÇÃO

Numa era de transição, o velho e o novo freqüentemente se misturam. No período de transição de um regime social para outro, encontram-se características do velho regime, ao mesmo tempo em que traços do regime novo aparecem em determinados níveis da realidade social.

A transição do feudalismo ao capitalismo significou a substituição da terra pelo dinheiro, como símbolo de riqueza: foi o período em que um conjunto de fatores preparou a desagregação do sistema feudal e forneceu as condições para o surgimento do sistema capitalista.

É importante salientar, entretanto, que a passagem do regime feudal ao capitalista se deu com variações nos diversos países; além disso, num mesmo país a passagem se deu de forma lenta e gradual, de modo que, ao mesmo tempo em que surgem características do novo regime, persistem características do regime anterior.

Assim,

não podemos falar de verdadeira passagem ao capitalismo senão quando regiões suficientemente extensas vivem sob um regime social completamente novo. A passagem somente é decisiva quando as revoluções políticas sancionam juridicamente as mudanças de estrutura, e quando novas classes dominam o Estado. Por isso a evolução dura vários séculos. (Vilar, 1975, pp. 35-36)

Essa evolução não foi "natural", inexorável, e não se deu sem graves conflitos, muita violência no campo e nas cidades, luta pela tomada de poder. Os séculos XV, XVI e XVII (particularmente os dois últimos) são aqueles em que mais acentuadamente ocorrem mudanças que marcam a passagem do sistema feudal ao sistema capitalista. Nos séculos XV e XVI, na Europa, a descentralização feudal é gradualmente substituída pela formação de Estados nacionais unificados e pela centralização de poder, com a formação das monarquias absolutas. Na Inglaterra, o processo de unificação foi favorecido pelo enfraquecimento da nobreza e, conseqüentemente, do parlamento – que tinha nela sua principal sustentação – em função da Guerra das Duas Rosas,

iniciada em 1455, entre duas facções de nobres rivais. Esse enfraquecimento da nobreza e do parlamento propiciou o estabelecimento de uma monarquia absoluta, que teve como seus principais representantes Henrique VIII (1509-1547) e Elisabete (1558-1603). Na França, em que desde o início do século XIV já praticamente havia sido concluída a formação territorial e em que os reis tinham já muita força, a ocorrência de uma guerra contra a Inglaterra – a Guerra dos Cem Anos (1337-1453) – favoreceu o aparecimento de uma consciência nacional, a derrocada do poder feudal e o surgimento de monarcas absolutos extremamente poderosos, a ponto de esse país tornar-se o grande modelo dos regimes absolutos. A Espanha tornou-se um país unificado do ponto de vista político e territorial em 1515, com a incorporação do reino de Navarra. Antes disso, tinha havido já a incorporação do reino de Granada (1492) e a união das monarquias de Castela e Aragão (1469). Alemanha e Itália foram exceções no processo de unificação desenvolvido na Europa nesse período. Por essa época, a Alemanha era composta de inúmeros reinos independentes e não constituía um estado consolidado.

A Itália, no século XIV, estava dividida em uma infinidade de pequenos estados, alguns deles com formas de governo bastante democráticas. Entretanto, no curso desse século e do seguinte, todos eles caíram sob o domínio de governantes despóticos. Ao longo dos séculos XIV e XV, os estados maiores e mais poderosos foram incorporando os menores, de forma que, no início do século XVI, cinco estados dominavam a península italiana: as repúblicas de Veneza e Florença, o ducado de Milão, o reino de Nápoles e os Estados da Igreja.

No século XV, a Itália detinha o monopólio das principais rotas comerciais do Mediterrâneo; a partir do descobrimento da América, os centros do comércio transferiram-se para a Costa Atlântica. Essa alteração ocorreu em função de empreendimentos marítimos levados a efeito por países da Europa ocidental, visando à descoberta de uma rota marítima comercial para o Oriente, uma vez que as cidades italianas detinham o controle do Mediterrâneo. O primeiro país que se lançou nesses empreendimentos foi Portugal, que não apenas descobriu um caminho pelo Atlântico para chegar ao Oriente, como também descobriu novas terras, que se transformaram em colônias portuguesas. Portugal construiu, nesse processo, durante os séculos XV e XVI, um império tricontinental, com colônias na África, Ásia e América.

A Espanha, que logo em seguida a Portugal lançou-se em expedições marítimas, empreendidas com o apoio da coroa espanhola, também formou um vasto império colonial, incluindo parte dos Estados Unidos, o México, as Antilhas, a América Central e quase toda a América do Sul. A França e a Inglaterra também chegaram a diversos pontos da América, durante os séculos XV e XVI, mas por diversas razões aí não fixaram colônias imedia-

tamente. Foi apenas no século XVII, tendo consolidado seus Estados nacionais, que efetuaram essa tarefa. A Inglaterra – que já possuía colônias na África e na Ásia – iniciou a povoação do litoral atlântico, implantando colônias, como as treze colônias da América do Norte. A França, que também já possuía colônias na África, implantou suas colônias na América, como o Canadá, a Guiana Francesa e as Antilhas.

Outro país que devido a atividades mercantis conquistou colônias foi a Holanda, que, em fins do século XVI e início do XVII, apoderou-se, pela força, de pontos na América (como a Ilha de Curaçao e Litoral e Nordeste do Brasil), na África e no Oriente.

A colonização reintroduziu uma prática extinta há cinco séculos: a escravidão. Negros africanos eram trazidos para trabalhar como escravos nas plantações e nas minas das colônias, suprimindo a necessidade de mão-de-obra não qualificada.

O CAPITALISMO

Somente se emprega o termo “capitalismo” quando se trata de uma sociedade moderna, “(...) onde a produção maciça de mercadorias repousa sobre a exploração do trabalho assalariado, daquele que nada possui, realizada pelos possuidores dos meios de produção” (Vilar, 1975, p. 36).

Na sociedade capitalista, as pessoas somente conseguem sobreviver se comprarem os produtos do trabalho uns dos outros, já que possuem atividades especializadas, não produzindo todos os bens de que necessitam. Assim sendo, deve haver troca entre os diversos produtos dos trabalhos privados.

A transformação da matéria-prima em produtos é feita pelo trabalhador, que vende sua força de trabalho ao capitalista em troca de um salário. O capitalista é dono dos meios de produção (matérias-primas, ferramentas, etc.) e se apropria dos produtos acabados. A sociedade capitalista tem como elementos fundamentais a propriedade privada, a divisão social do trabalho e a troca.

A seguir abordar-se-ão os acontecimentos que levaram ao desenvolvimento de uma sociedade com essas características a partir da sociedade feudal.

A FRAGMENTAÇÃO DA SOCIEDADE FEUDAL

O renascimento do comércio e o crescimento das cidades

A sociedade feudal era constituída de unidades estanques: os feudos. Estes eram auto-suficientes, com economia voltada para a subsistência. Os

reinos então existentes eram, dessa forma, fragmentados, e os reis – apenas nominalmente donos das terras – tinham poderes limitados, dadas as características do sistema feudal. As relações sociais fundamentais eram de dois tipos: a relação de vassalagem, por meio da qual se processava o modo de apropriação da terra; e as relações servis, em que o trabalhador possuía instrumentos próprios de produção e dele o senhor extraía um excedente de trabalho.

Na sociedade feudal, basicamente agrária, particularmente na primeira metade da Idade Média, em que se media a riqueza de uma pessoa pela quantidade de terras que possuísse, a importância das cidades era muito pequena. As trocas praticamente inexistiam e, quando ocorriam, eram principalmente efetuadas dentro dos feudos, entre produtos e sem envolver dinheiro.

A partir da segunda metade da Idade Média, alguns fatores contribuíram para a ativação do comércio, dentre eles: a produção de excedentes agrícolas e artesanais, que podiam, então, ser trocados; e as Cruzadas, que deslocaram milhares de europeus por meio do continente. Esses indivíduos necessitavam de provisões, que lhes eram fornecidas por mercadores que os acompanhavam.

Como conseqüência do crescimento do comércio, cresceram também as cidades. Estas surgiram em locais estratégicos para a atividade comercial, como, por exemplo, o cruzamento de duas estradas. Essas cidades, entretanto, encontravam-se em terras pertencentes aos senhores feudais, que cobravam impostos e taxas de seus habitantes. Além disso, os senhores eram os dirigentes dos tribunais de justiça em suas terras, sendo, portanto, responsáveis pela resolução de uma série de problemas surgidos nas cidades, advindos das atividades comerciais, que não tinham capacidade para resolver. Por essas razões, as cidades rebelaram-se e muitas delas obtiveram a liberdade por meio de luta, compra ou doação.

Com a expansão do comércio, as cidades passaram a oferecer trabalho a um maior número de pessoas, que para lá se dirigiam; as cidades livres ofereciam asilo aos servos fugitivos dos domínios senhoriais.

As oficinas confiadas aos servos, nos feudos, para a fabricação de objetos de uso do próprio feudo, foram substituídas por oficinas urbanas. Nesse período, os mercados eram locais e os produtores independentes organizavam-se em corporações de ofício.

Os habitantes das cidades dedicavam-se, fundamentalmente, ao artesanato e ao comércio, e não produziam o alimento de que necessitavam para subsistir, o que gerou a divisão do trabalho entre cidade e campo, de onde provinha o alimento para os habitantes da cidade. Essa situação, aliada ao crescimento populacional – favorecido pela diminuição da incidência de epidemias, produto, por sua vez, entre outros fatores, da maior disponibilidade

e melhor qualidade de alimentos que os aperfeiçoamentos técnicos possibilitaram –, tornou necessário o crescimento da produção agrícola, o que levou à abertura de novas terras ao cultivo. Essas terras atraíram muitos camponeses, que se libertaram dos feudos e passaram a cultivá-las, em troca de pagamento aos senhores feudais pelo seu arrendamento. Muitas terras incultas foram, assim, transformadas em terras produtivas.

Inúmeros servos foram libertados dos feudos, porque o trabalho livre era mais produtivo para os senhores do que o trabalho servil. Alguns senhores, entretanto, e principalmente a Igreja não libertaram seus servos. Por essa razão, esse foi um período de grandes conflitos. Camponeses por vezes invadiam e depredavam propriedades da Igreja e agrediam padres, muitas vezes ajudados pelos habitantes das cidades, que tinham, em geral, muitas razões para entrar em conflito com os senhores feudais.

Um fator que contribuiu para a liberdade dos camponeses foi a peste negra, no século XIV, que, provocando enorme quantidade de mortes, valorizou o trabalho da mão-de-obra disponível. Isso gerou conflitos ainda mais violentos entre servos e senhores. Se anteriormente as revoltas dos camponeses eram apenas locais, agora a escassez de mão-de-obra

dera aos trabalhadores agrícolas uma posição forte, despertando neles um sentimento de poder. Numa série de levantes em toda a Europa ocidental, os camponeses utilizaram esse poder numa tentativa de conquistar pela força as concessões que não podiam obter – ou conservar – de outro modo. (Huberman, 1979, p. 59)

Em meados do século XV, na maior parte da Europa ocidental, os arrendamentos pagos em dinheiro haviam substituído o trabalho servil e, além disso, muitos camponeses haviam conquistado a emancipação completa. (Nas áreas mais afastadas, longe das vias de comércio e da influência libertadora das cidades, a servidão perdurava.) (Idem, 1979, p. 61)

A abertura do comércio para o mundo

A expansão marítima e do sistema colonial, no final do século XV, produziu muitas riquezas, que levaram a um maior desenvolvimento do comércio. As Cruzadas haviam contribuído para o incremento do comércio, tanto no que se refere à reabertura do Mediterrâneo oriental ao Ocidente (em especial Gênova e Veneza) quanto à difusão do consumo de produtos orientais. Por outro lado, as cidades italianas, aliadas aos muçulmanos do Oriente, passaram a ter o monopólio das principais rotas comerciais do Mediterrâneo, dificultando o comércio europeu. A superação dessa dificuldade poderia ser conseguida uma vez que se chegasse ao Extremo Oriente por outra rota marítima, que não utilizasse o Mediterrâneo. Esse vultoso e caro empreendi-

mento foi financiado pela burguesia, enriquecida pelo desenvolvimento comercial, gerando a expansão atlântica dos séculos XV e XVI. Nessa empresa descobriram-se novas terras, que se transformaram em colônias de diversos países da Europa ocidental. A utilização do Oceano Atlântico ocasionou uma grande transformação no comércio, já que este, agora, passou a envolver não só a Europa e a Ásia, como também essas novas terras – as colônias.

Essas colônias foram, também, importantes no fornecimento de metais preciosos para as metrópoles, nessa época em que o ouro e a prata eram muito necessários ao desenvolvimento do comércio.

A expansão atlântica trouxe outros efeitos. Um deles foi o desenvolvimento do mercantilismo, um conjunto de princípios e medidas práticas adotadas por chefes de estado europeus – bastante variáveis ao longo do tempo e nos diferentes países – com o objetivo de gerar riqueza para o país e fortalecer o estado. Embora heterogêneas, as políticas adotadas tinham como um princípio fundamental o de que a riqueza de um país se traduz na quantidade de ouro e prata acumulada e o principal meio de obtê-los é por meio do comércio com outros países, em que se garanta um saldo positivo da balança comercial (o valor das exportações supera o das importações). Para tanto, o estado intervinha nas atividades econômicas por meio de medidas que incluíam incentivo ao desenvolvimento da indústria no país, à aquisição de colônias, às exportações e tarifas elevadas para a importação.

Nesse processo de extraordinária expansão comercial, desenvolveram-se instituições financeiras, bancos, bolsas, etc., tendo em vista subsidiar as atividades mercantis. Além disso, desenvolveu-se o empréstimo usuário que passaria a ser, juntamente com outras formas já citadas, uma das maneiras de se acumular capital nesse período. Para tanto, indivíduos que possuísem dinheiro disponível emprestavam-no cobrando altas taxas de juros.

Segundo Huberman (1979), nas grandes feiras existentes na fase final da Idade Média, os últimos dias eram dedicados a negócios em dinheiro. Aí se trocavam os vários tipos de moedas, negociavam-se empréstimos, pagavam-se dívidas e faziam-se circular letras de câmbio e de crédito. Nessas feiras, os banqueiros da época realizavam grandes negócios financeiros. “Negociar em dinheiro levou a conseqüências tão grandes que passou a constituir uma profissão separada” (p. 34). Ainda, segundo esse autor, os banqueiros passaram a ser o poder atrás dos reis, porque estes necessitavam constantemente de sua ajuda financeira.

O sistema colonial também desempenhou importante papel no desenvolvimento do mercantilismo, tanto porque as colônias passaram a constituir

mercados consumidores das manufaturas metropolitanas, como porque passaram a ser fontes de matérias-primas e metais preciosos.

O grande aumento no fornecimento desses metais, provindos das minas das colônias, duramente exploradas, permitiu uma rápida cunhagem de moedas, que entrou em desequilíbrio com o lento aumento da produção. Esse fato levou a uma alta geral de preços na Europa, prejudicando os trabalhadores e a nobreza feudal, fortalecendo a burguesia.

Os camponeses são expulsos da terra

Uma das formas de os donos de terra aumentarem seus rendimentos e fazerem frente ao aumento de preços foi o fechamento das terras, ocorrido no século XVI em algumas partes da Europa, basicamente na Inglaterra. Houve pelo menos dois tipos de cercamento: o que envolvia mudanças na forma de utilização da terra e o que envolvia as terras comuns do feudo.

Com o aumento do preço da lã, decorrente do crescimento da industrialização desta, surgiu a oportunidade de os senhores das terras ganharem dinheiro por meio da transformação da atividade de agricultura em criação de ovelhas e da utilização da terra para pasto. Essas terras foram cercadas para tal fim, e muitos lavradores perderam o meio de sobrevivência, pois somente alguns foram empregados para cuidar das ovelhas.

Além disso, muitas vezes o senhor simplesmente expulsava o arrendatário das terras ou cercava terras comuns do feudo, que serviam de pastagem e eram de uso de todos os seus habitantes, deixando sem pasto o gado do arrendatário.

Além do cercamento, outro recurso utilizado pelos senhores para aumentar seus rendimentos foi a elevação das taxas a serem pagas pelos arrendamentos de terra. Estas tornaram-se muito altas e os camponeses que não podiam pagá-las eram forçados a abandoná-la.

O fechamento das terras e a elevação dos arrendamentos fizeram com que milhares de pessoas ficassem sem condições de sobrevivência, e, no futuro, quando a indústria capitalista teve necessidade de trabalhadores, essas pessoas formaram parte da mão-de-obra por ela utilizada.

O absolutismo e o fortalecimento da burguesia

O fechamento das terras e o aumento da taxa de arrendamento foram os efeitos mais distantes da alta geral de preços na Europa, que, por sua vez, foi conseqüência do mercantilismo. Este, por outro lado, estava relacionado ao surgimento do absolutismo, ao fortalecimento do poder real.

Esse processo histórico veio se desenvolvendo a partir da Baixa Idade Média, quando a burguesia, recém-formada pelo incremento do comércio, necessitava do estabelecimento de um mercado nacional regulamentado e unificado, por exemplo, em termos de pesos e medidas. Além disso, necessitava de apoio contra os nobres feudais e a Igreja, que retinham as riquezas da época, e de segurança contra bandos armados que a assaltavam, bem como de segurança contra os senhores feudais, que a exploravam por meio de taxas.

A solução para esse problema constituiu-se no apoio dado pela burguesia às tentativas de centralização de poder nas mãos dos monarcas feudais. Assim se constituíram as monarquias absolutas – fundamentadas ou não na religião –, sistema em que o rei possui, em tese, poderes ilimitados. Na prática, entretanto, para manter sua posição, o monarca precisava fazer concessões. Em tese, o rei estava acima das classes; na prática, era condicionado por sua situação de classe e pelas pressões que recebia das classes influentes.

Burguesia e realeza uniram-se, portanto, tendo em vista interesses comuns. Em troca de benefícios, como uma regulamentação que unificasse o mercado e ampliasse seu campo de atividades econômicas, a burguesia oferecia influência política e social, bem como recursos financeiros.

Esse processo foi modificando o panorama territorial, político e social da Europa.

Surgiram nações, as divisões nacionais se tornaram acentuadas, as literaturas nacionais fizeram seu aparecimento, e regulamentações nacionais para a indústria substituíram as regulamentações locais. Passaram a existir leis nacionais, línguas nacionais e até mesmo Igrejas nacionais. Os homens começaram a considerar-se não como cidadãos de Madri, de Kent ou de Paris, mas como da Espanha, Inglaterra ou França. Passaram a dever fidelidade não à sua cidade ou ao senhor feudal, mas ao rei, que é o monarca de toda uma nação. (Huberman, 1979, p. 79)

O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MODERNA

O início da indústria moderna foi possível graças à presença de duas condições: a existência de capital acumulado e a existência de uma classe trabalhadora livre e sem propriedades.

Como já vimos, antes da introdução do capitalismo acumulava-se capital principalmente por meio da troca de mercadorias. Entretanto, esta não foi a única forma: pirataria, saque, conquistas e exploração em diferentes níveis tiveram importante papel na acumulação primitiva de capital, que serviu de base para a grande expansão industrial dos séculos XVII e XVIII.

Entretanto, além do capital acumulado, era necessária a existência de mão-de-obra disponível. O fechamento de terras e a elevação dos arrendamentos, no século XVI, forneceram a mão-de-obra necessária para a indústria, na medida em que expulsaram muitos camponeses de suas terras, criando uma classe trabalhadora livre e sem propriedades.

O capital e a produção

O sistema doméstico

Enquanto o mercado era apenas local, o artesanato, com a estrutura de corporação que lhe servia de apoio, era suficiente para suprir as necessidades do comércio. Quando, entretanto, o mercado se expandiu, tornando-se nacional e mesmo internacional, o sistema de corporações de artesãos independentes não mais respondia às crescentes exigências do comércio, tornando-se um entrave ao seu desenvolvimento. Sua superação exigia a subordinação da esfera produtiva ao capital mercantil. Nesse momento, surgiu o intermediário, “o capitalista”.

Segundo Huberman (1979), o mestre artesão era cinco pessoas numa só: à medida que comprava matéria-prima, era um negociante ou mercador; quando trabalhava essa matéria-prima, era um fabricante; se tinha aprendizes, era empregador; enquanto supervisionava o trabalho desses aprendizes, era capataz; e, à medida que vendia ao consumidor o produto acabado, era um comerciante lojista.

Quando surgiu o intermediário, as funções de negociante e comerciante lojista foram subtraídas ao artesão. O intermediário, que podia ser um ex-artesão, um ex-camponês rico, por exemplo, entregava ao artesão a matéria-prima que este trabalhava em sua casa, com seus ajudantes. O produto acabado era entregue ao intermediário, que o negociava. A esse sistema de produção dá-se o nome de sistema doméstico (ou *putting-out*).

Com a expansão da economia em âmbito nacional, o “capitalista”, que no sistema de corporações não tinha função de destaque, passou a ter importante papel, uma vez que as transações comerciais passaram a ocorrer numa escala muito mais ampla, envolvendo grandes quantidades de dinheiro.

Ao intermediário “capitalista” pertencia o produto, que era vendido no mercado com lucro. O mestre artesão e seus aprendizes eram trabalhadores tarefeiros. “Trabalhavam em suas casas; dispunham de seu tempo. Eram geralmente os donos das ferramentas (embora isso nem sempre ocorresse). Mas já não eram independentes (...)” (Huberman, 1979, p. 124).

No sistema doméstico, não há uma revolução nas condições de produção: o que há é uma reorganização da produção, uma modificação na forma de negociação das mercadorias.

A manufatura

A expansão sempre crescente do comércio e o afluxo de trabalhadores sem propriedades levaram as cidades a uma nova reorganização no sistema produtivo, dando surgimento ao sistema de manufatura. A manufatura, entretanto, nunca foi um sistema de produção dominante: ao seu lado persistiram sempre restos dos regimes industriais precedentes.

O sistema de manufatura implica a reunião de um número relativamente grande de trabalhadores sob um mesmo teto, empregados pelo proprietário dos meios de produção, executando um trabalho coordenado, num mesmo processo produtivo ou em processos de produção que, embora diferentes, são encadeados, com auxílio de um plano. Nesse sistema, portanto, os trabalhadores perdem os meios de produção, que passam a ser de propriedade do capitalista, e passam a trabalhar em troca de um salário, vendendo sua força de trabalho. O proprietário dos meios de produção não realiza o trabalho manual; exerce apenas a função de orientar e vigiar a atividade de outros indivíduos, de cujo trabalho vive.

No sistema de manufatura, cada trabalhador realiza apenas parte do trabalho necessário à elaboração de um determinado produto. Este, para estar completo, depende do trabalho do conjunto de indivíduos no processo produtivo.

O parcelamento das tarefas leva à diminuição do tempo de trabalho necessário para se elaborar um determinado produto, levando, conseqüentemente, a um aumento da produção e, portanto, a uma maior valorização do capital.

O parcelamento das tarefas leva ainda: à desqualificação do trabalho (o trabalho da manufatura, por ser parcelar, exige menor qualificação do trabalhador e, conseqüentemente, menor aprendizado do que no artesanato), com a conseqüente redução do valor da força de trabalho; e à especialização das ferramentas, que se vão adaptando às funções parcelares.

Na manufatura, o trabalhador é transformado em trabalhador parcial, mas ainda é ele, com sua habilidade e rapidez, quem comanda o processo de trabalho, quem determina o ritmo e o tempo de trabalho socialmente necessários para a produção de uma mercadoria.

E nisso estão os limites da manufatura, que vão constituir sérios entraves ao desenvolvimento do capital: em primeiro lugar, embora o trabalho seja desqualificado, ainda é o trabalhador com a ferramenta quem elabora o

produto e esse trabalhador especializado ainda necessita de um longo período de aprendizagem, o que lhe dá força ante o capital; em segundo lugar, como a manufatura tem sua base no elemento subjetivo, no trabalhador, ela está restrita pelo limite físico, orgânico, desse, que impede que a produtividade do trabalho aumente incessantemente.

Como conseqüência dessas limitações, a manufatura não conseguiu eliminar o artesanato e o sistema doméstico, e teve de coexistir com eles em determinados setores da produção, contribuindo inclusive para fortalecê-los, na medida em que os instrumentos de produção empregados pela manufatura eram produzidos de forma artesanal.

Por todas essas razões, “o processo de acumulação de capital manufatureiro não tem meios de regular o próprio mercado de trabalho e este vai ser controlado através de legislação” (Oliveira, 1977, p. 23), tanto no que diz respeito à disciplina, como também no que diz respeito à regulação de salários e jornada de trabalho (os prolongamentos da jornada de trabalho marcam o período manufatureiro).

O sistema fabril

Diante de circunstâncias favoráveis, como o interesse cada vez maior no aumento da produção e as limitações impostas pela manufatura a essa expansão, a especialização das ferramentas (decorrente do parcelamento das tarefas executadas pelo trabalhador) criou condições para o surgimento da máquina, uma combinação de ferramentas simples, que, por sua vez, favoreceu a ocorrência do que veio a ser denominado revolução industrial, no século XVIII, na Inglaterra.

A ferramenta foi retirada das mãos do trabalhador e passou a fazer parte da máquina, rompendo-se a unidade entre o trabalhador parcelar e sua ferramenta, existente na manufatura.

A máquina, na medida em que permite a substituição da força motriz humana por novas fontes de energia no processo de produção (inicialmente o vapor, posteriormente o gás e a eletricidade), libera o processo produtivo dos limites do organismo humano, o que possibilita um grande aumento da produção.

Com a introdução da máquina, elimina-se a necessidade, seja de trabalhadores adultos e resistentes, seja de operários especializados e hábeis, uma vez que o operário nada mais tem a fazer senão vigiar e corrigir o trabalho da máquina. Há, assim, uma maior desqualificação do trabalho do operário, que não mais precisa passar por uma longa aprendizagem para exercer sua função: como conseqüência, torna-se possível a utilização de mão-de-obra não qualificada (principalmente mulheres e crianças).

Na produção mecanizada (sistema fabril), o trabalhador perde o controle do processo de trabalho. É ele quem se adapta ao processo de produção (e não mais o contrário, como acontecia na manufatura). A máquina determina o ritmo do trabalho e é responsável pela qualidade do produto. Também a quantidade de produtos e o tempo de trabalho necessário à elaboração de um produto deixam de ser determinados pelo trabalhador.

A produção mecanizada elimina o artesanato, o sistema doméstico e a manufatura, onde quer que apareça.

O sistema fabril, com suas máquinas movidas a vapor e a divisão do trabalho, podia fabricar os produtos com muito mais rapidez e mais barato do que os trabalhadores manuais. Na competição entre trabalho mecanizado e trabalho manual, a máquina tinha de vencer. E venceu – milhares “de pequenos mestres manufatores e independentes” (independentes porque eram donos dos instrumentos do meio de produção) decaíram à situação de jornaleiros, trabalhando por salário. (Huberman, 1979, pp. 177-178)

O PENSAMENTO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

As considerações anteriores reportam-se aos fundamentos econômicos do período que estamos denominando transição para o capitalismo. Um regime social, porém, não se compõe apenas desses fundamentos.

A cada modo de produção corresponde não somente um sistema de relações de produção, como também um sistema de direito, de instituições e de formas de pensamento. Um regime social em decadência serve-se precisamente deste direito, dessas instituições e desses pensamentos já adquiridos, para opor-se com todas as suas forças às inovações que ameaçam sua existência. Isto provoca a luta das novas classes, das classes ascendentes, contra as classes dirigentes que ainda acham-se no poder e determina o caráter revolucionário da ação e do pensamento que animam estas lutas. (Vilar, 1975, p. 47)

A colocação de Vilar aponta para o fato de que, na luta entre camadas sociais pelo poder político, as idéias, os pensamentos e o conhecimento já produzidos também serão utilizados pelas camadas dirigentes como instrumentos para manter o estado de coisas que lhes traz vantagens, ou eventuais avanços da camada ascendente. Na medida em que o regime social entra em processo de decadência, há a tendência de substituição das idéias a ele relacionadas por outras mais condizentes com o momento então vivido.

Numa fase inicial do período de transição, a rejeição das idéias, da imagem do universo e das maneiras de pensar feudais gerou um certo vazio intelectual, uma vez que não foi imediatamente seguida pelo surgimento de uma nova imagem do universo, deixando sem respostas muitos dos problemas

levantados. Bernal (1976a) considera essa fase inicial fundamentalmente destrutiva, na medida em que a preocupação central foi a destruição da síntese aristotélica; mas afirma que, embora não se tenha, nessa fase, encontrado solução para a maioria dos problemas levantados, abriu-se caminho para sua solução durante a grande luta de idéias do momento posterior.

Essa espécie de vazio intelectual, que se sucedeu à demolição da visão de mundo medieval, levou a um período impregnado de misticismo, de superstições grosseiras, de credulidade meio cega, de crença irracional na magia. Mas,

se essa credulidade do “tudo é possível” é o reverso da medalha, também existe um anverso. Esse anverso é a curiosidade sem fronteiras, a acuidade de visão e o espírito de aventura que conduzem às grandes viagens de descobrimentos (...) que enriquecem prodigiosamente o conhecimento dos fatos e alimentam a curiosidade pelos fatos, pela riqueza do mundo, pela variedade e multiplicidade das coisas. (Koyré, 1982, p. 48)

Na nova visão de mundo, que veio a substituir a visão medieval, o homem, no seu sentido mais genérico, era a preocupação central. As relações Deus-homem, que eram enfatizadas pelo teocentrismo medieval, foram substituídas pelas relações entre o homem e a natureza. Isso significava, com relação ao conhecimento, a valorização da capacidade do homem de conhecer e transformar a realidade. Foi proposta uma ciência mais prática, que pudesse servir ao homem, e que teve em Francis Bacon (1561-1626) seu maior defensor, em contraposição ao saber contemplativo da Idade Média, época de predomínio da Igreja e da nobreza feudal.

As crescentes necessidades práticas, geradas pela ascensão da burguesia, aliadas ao desenvolvimento da crença na capacidade do conhecimento para transformar a realidade, foram responsáveis pelo interesse no desenvolvimento técnico.

É importante notar que – diferentemente do que ocorre em nossos dias, em que a ciência e técnica já não são mais separáveis e “a produção não só determina a ciência, como esta se integra na própria produção, como sua potência espiritual ou como uma força produtiva direta” (Vazquez, 1977, p. 223) –, na maior parte do período de transição, as inovações técnicas ocorreram em função de necessidades práticas e não como decorrência do desenvolvimento científico. Todavia, as exigências de incremento da produção material, relacionadas ao surgimento e ascensão da burguesia, impulsionaram a constituição e o progresso da ciência natural. Segundo Vazquez (1977), a época moderna é aquela em que as exigências que se apresentam à ciência adquirem grande amplitude e um caráter mais rigoroso.

ciência no M. Nobres
Fino
Para Bernal (1976a), no final do período de transição ao capitalismo, os interesses dos governos e das classes dominantes no comércio, navegação, manufatura e agricultura levaram a realizações culminantes na ciência: aqui, portanto, já "se faz um esforço organizado e consciente para utilizar a ciência para fins práticos" (p. 447).

O humanismo subjacente à proposta de uma ciência mais prática esteve presente também nas artes e na filosofia e foi incentivado tanto pela burguesia como pelo desenvolvimento do absolutismo. Era interessante para a burguesia uma renovação de valores, de forma que estes representassem melhor seus interesses que os até então vigentes. Para a monarquia, essa renovação também era interessante, desde que representasse aproximar de si maior número possível de pessoas. A contraposição de valores que o período abrigou (antropocentrismo e teocentrismo; fé e razão; ciência contemplativa e ciência prática) significou, na realidade, uma luta entre camadas sociais pelo poder. Os valores por elas assumidos representavam interesses concretos, que era conveniente defender. A burguesia precisava destruir os obstáculos para seu desenvolvimento, representados pela Igreja, que atacava práticas capitalistas, mas que, por outro lado, retinha riquezas importantes para o incremento econômico do período. Esta é uma das razões que se encontram na origem do movimento da Reforma protestante. Outra razão foi o fato de os reis, uma vez fortalecidos, não quererem dividir seu poder com o Papa. Além disso, os camponeses, que desejavam pôr fim à servidão, viam com simpatia o movimento da Reforma; da mesma forma, viam com simpatia esse movimento os nobres, interessados nas riquezas que a Igreja concentrava por quaisquer que fossem os métodos.

A Reforma protestante questionou as idéias religiosas que estavam na base do poder temporal da Igreja e provocou a divisão do mundo cristão. A Igreja reorganizou-se por meio da Contra-Reforma e reafirmou todos os dogmas católicos. Segundo Chauí (1984), a expressão mais alta e mais eficiente da Contra-Reforma foi a Companhia de Jesus, objetivando a ação pedagógico-educativa para fazer frente à escolaridade protestante. Além disso, a Igreja passou a enfatizar o direito divino dos reis, fortalecendo a tendência dos novos estados nacionais à monarquia absoluta de direito divino.

É no quadro da Contra-Reforma, como renovação do catolicismo para combate ao protestantismo, que a inquisição toma novo impulso e se, durante a Idade Média, os alvos privilegiados do inquisidor eram as feiticeiras e os magos, além das heterodoxias tidas como heresias, agora o alvo privilegiado do Santo Ofício serão os sábios: Giordano Bruno é queimado como herege, Galileu é interrogado e censurado pelo Santo Ofício, as obras dos filósofos e cientistas católicos do século XVII passam primeiro pelo Santo Ofício antes de receberem

o direito à publicação e as obras dos pensadores protestantes são sumariamente colocadas na lista das obras de leitura proibida (O Index). (Chauí, 1984, p. 68)

Foi nesse contexto que surgiu a chamada ciência moderna, no século XVII, com Galileu (1564-1642), que precisou suplantar inúmeros obstáculos para ser instaurada. Foi necessário derrubar a visão de mundo proposta por Aristóteles, reinterpretada pelos teólogos medievais e oficialmente em vigor.

A dissolução do Cosmo significa a destruição de uma idéia, a idéia de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado, de um mundo qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico. Essa idéia é substituída pela idéia de um Universo aberto, indefinido e até infinito, unificado e governado pelas mesmas leis universais, um universo no qual todas as coisas pertencem ao mesmo nível do Ser, contrariamente à concepção tradicional que distinguia e opunha os dois mundos do Céu e da Terra. (Koyré, 1982, p. 155)

O Universo visto por Aristóteles era estático, com seres caminhando para um fim determinado e dispostos de acordo com uma hierarquia bem definida. Era um mundo fechado e dotado de qualidades não passíveis de mensuração matemática. A nova visão de mundo, instaurada nesse período de transição, era mecanicista. Galileu e Newton (1642-1727), importantes construtores dessa nova visão, perceberam as dimensões matemáticas e geométricas dos fenômenos da natureza e propuseram leis do movimento, leis essas mecânicas. Descartes (1596-1650) também se preocupou com as leis do movimento e tratou toda a natureza, inclusive o corpo do próprio homem, seguindo o modelo mecanicista. Hobbes (1588-1679) foi além no que se refere à ampliação do campo de abrangência do modelo mecanicista: estendeu-o para o próprio conhecimento.

A formulação de uma nova imagem do universo exigia o repensar de toda a produção de conhecimento, suas características, suas determinações, seus caminhos. Essas considerações metodológicas fizeram parte das preocupações de diversos pensadores do período: Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke (1652-1704) e Newton.

Aliada ao rompimento das idéias do mundo medieval, rompeu-se também a confiança nos velhos caminhos para a produção do conhecimento: a fé, a contemplação não eram mais consideradas vias satisfatórias para se chegar à verdade. Um novo caminho, um novo método, precisava ser encontrado, que permitisse superar as incertezas. Surgem, então, duas propostas metodológicas diferentes: o empirismo, de Bacon, e o racionalismo, de Descartes. Esses dois autores dedicaram parte de sua obra a discutir o caminho que conduziria ao verdadeiro conhecimento.

Embora não tenham elaborado uma teoria do conhecimento, também Galileu e Newton propuseram, na prática, caminhos para se chegar à verdade, que se contrapunham àqueles que vigoravam no período feudal.

A utilização da razão, de dados sensíveis e da experiência (em contraposição à fé) são traços que marcam o trabalho dos pensadores desse período, como consequência da transferência da preocupação com as relações Deus-homem para a preocupação com as relações homem-natureza. Esses traços aparecem, embora com ênfases muito diferenciadas, nos trabalhos de Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke e Newton.

Ainda ligadas à preocupação com relação ao conhecimento, situam-se as considerações de Descartes e Locke quanto a sua origem. O primeiro defende a noção de idéias inatas como fontes de verdade, enquanto o segundo se coloca frontalmente contrário a essa noção, afirmando que todo conhecimento provém da experiência sensível.

Seguindo os novos caminhos traçados pelos pensadores que se destacaram nesse período de transição, foi-se firmando um novo conhecimento, uma nova ciência, que buscava leis, e leis naturais, que permitissem a compreensão do universo. Essa nova ciência — a ciência moderna — surgiu com o surgimento do capitalismo e a ascensão da burguesia e de tudo o que está associado a esse fato: o renascimento do comércio e o crescimento das cidades, as grandes navegações, a exploração colonial, o absolutismo, as alterações por que passou o sistema produtivo, a divisão do trabalho (com o surgimento do trabalho parcelar), a destruição da visão de mundo própria do feudalismo, a preocupação com o desenvolvimento técnico, a Reforma, a Contra-Reforma. A partir de então, estava aberto o caminho para o acelerado desenvolvimento que a ciência viria a ter nos períodos seguintes.

CAPÍTULO 9

A RAZÃO, A EXPERIÊNCIA E A CONSTRUÇÃO DE UM UNIVERSO GEOMÉTRICO: GALILEU GALILEI (1564-1642)

Mas, meus senhores, afinal, se o homem decifra mal o movimento das estrelas, pode errar, também, quando decifra a Bíblia!?

Galileu Galilei, de Bertolt Brecht

Galileu Galilei nasceu a 15 de fevereiro de 1564, em Pisa. Depois de alguns estudos iniciais frequentou, por pouco tempo, um monastério como noviço. Em 1581 matriculou-se na Faculdade de Medicina de Pisa, mas abandonou os estudos em 1585, talvez por discordar dos métodos de ensino dominantes, baseados na filosofia aristotélica. Nessa época seu interesse foi atraído pela matemática, a partir da leitura de Euclides¹ e Arquimedes², dedicando-se, particularmente, ao estudo de problemas de balística, hidráulica e mecânica segundo métodos matemáticos.

Suas conclusões sobre o peso específico dos corpos e sobre centros de gravidade de sólidos causaram admiração e, além de serem responsáveis pela consideração que Galileu passou a receber, foram responsáveis também pela sua nomeação como catedrático de matemática da Universidade de Pisa, em 1589.

Galileu permaneceu em Pisa até 1592, desenvolvendo estudos e experiências sobre os movimentos naturais e violentos, tendo em vista chegar à lei da queda dos corpos³. Sobre esses estudos escreveu um manuscrito inti-

1 Euclides (circa 300 a.C.), grego do período helenístico, dedicou-se à matemática, desenvolvendo trabalhos de grande valor para a geometria até hoje.

2 Arquimedes (287-212 a.C.), também grego do período helenístico, dedicou-se à matemática e à mecânica, dando contribuição significativa ao desenvolvimento da ciência física. Influenciou grandemente Galileu, que o admirava muito.

3 Essa lei, muito importante para a dinâmica, foi formulada por Galileu em 1604, sendo a primeira lei da física clássica. Ela envolve dois enunciados: a velocidade de um corpo que cai aumenta proporcionalmente ao tempo; e a aceleração da queda é a mesma para todos os corpos.

tulado *De Motu*. É dessa época a história que se conta a respeito de uma experiência que Galileu teria feito na torre inclinada de Pisa, na presença de alunos e professores da universidade, para demonstrar que corpos da mesma matéria têm tempos iguais de queda (independente do peso) no mesmo meio. Com relação a essa história, Koyré (1982) a qualifica de mito, levantando, além de argumentos históricos e práticos, argumentos teóricos:

A afirmação de que “todos os corpos caíam com uma velocidade igual”, afirmação que não havia sido compreendida nem por Baliani, nem por Cabeo, nem por Renieri,⁴ nem por outros, valia, segundo Galileu, para o caso “abstrato e fundamental” do movimento “no vácuo”. Para o movimento no ar, isto é, no espaço cheio, para o movimento que, portanto, não podia ser considerado absolutamente livre de todos os *impedimenta* visto que teria de vencer a resistência do ar – pequena, mas de modo algum desprezível –, era de forma totalmente diferente. Galileu explicou-se a esse respeito com toda a clareza desejável. Um longo desenvolvimento dos *Discorsi* que Renieri não tinha lido – ou não tinha compreendido – é dedicado justamente a isso. Assim, em resposta à carta deste, anunciando-lhe os resultados de suas experiências, Galileu se limita a remetê-lo a sua grande obra, onde havia demonstrado que não poderia ser de outro modo. (p. 204)

Em 1592 Galileu foi nomeado catedrático de matemática da Universidade de Pádua, continuando estudos em física e desenvolvendo suas concepções sobre a geometrização dessa área de investigação. Essa nomeação havia sido solicitada por ele, provavelmente por trazer vantagens tanto no aspecto financeiro quanto intelectual, pois essa universidade era mais aberta às novas orientações científicas, mais empíricas e mais voltadas à pesquisa.

Durante o período paduano, Galileu foi obtendo cada vez maior reconhecimento nos círculos acadêmicos, intelectuais e aristocráticos de Pádua e Veneza. Dedicava-se aos estudos da estática e dava aulas na universidade e aulas particulares em sua casa. Essas aulas particulares, que permitiam um aumento de salário, eram dadas a muitos jovens nobres e estrangeiros, destinados à carreira militar e que vinham a Pádua atraídos pela universidade. Essas aulas versavam sobre problemas técnicos militares relacionados à mecânica e à matemática. Dentre os escritos dessa época, destaca-se *Le mechniche*, em que Galileu trabalhou teoricamente conceitos mecânicos e utilizou a matemática para resolver problemas técnicos.

4 Trata-se de autores da época de Galileu que afirmaram ter reproduzido essa experiência. Dentre estes apenas Renieri relata que os dois corpos chegaram em momentos diferentes ao chão, sendo que o maior teria precedido o menor.

De 1600 a 1609, Galileu foi desenvolvendo suas concepções que levaram à geometrização da ciência do movimento e elaborou as duas novas ciências de que vai tratar mais tarde sua obra *Discorsi*: o estudo geométrico da resistência dos sólidos e o tratado sobre o movimento.

Em meados de 1609 ocorreram fatos que iriam alterar muito a vida e as preocupações científicas de Galileu. Baseado em notícias vagas sobre um instrumento que permitia ver nitidamente objetos distantes, Galileu elaborou e desenvolveu um aparelho com essa propriedade: o *perspicilli* (telescópio). Galileu fez uso científico desse aparelho, transformando-o em um instrumento para a observação cuidadosa do céu: passou a existir, então, a possibilidade de observar de forma mais clara e precisa os astros já visíveis a olho nu e de passar a ver outros astros e fenômenos até então ocultos à visão e ao estudo do homem.

Galileu descreveu suas observações na obra *Sidereus nuntius*, publicada em 1610, que revelou descobertas que podem ser qualificadas como as mais significativas até então. Koyré (1979) reproduz trechos do relatório de Galileu:

São grandes coisas as que, neste curso tratado, proponho aos olhares e à observação de todos os estudiosos da natureza. Grandes em razão de sua excelência intrínseca, como também de sua absoluta nobidade, e também devido ao instrumento com ajuda do qual elas se tornaram acessíveis a nossos sentidos.

É certamente importante acrescentar ao grande número de estrelas fixas que os homens puderam, até hoje, observar a olho nu, outras estrelas inumeráveis, e oferecer ao olhar seu espetáculo, anteriormente oculto: seu número ultrapassa em mais de dez vezes o das estrelas dantes conhecidas.

E coisa magnífica e agradável à vista é contemplar o corpo da Lua, distante de nós quase sessenta semidiâmetros da Terra, próximo como se estivesse a uma distância de apenas duas vezes e meia essa medida. (...)

Qualquer pessoa pode dar-se conta, com a certeza dos sentidos, de que a Lua é dotada de uma superfície não lisa e polida, mas feita de asperezas e rugosidade, que, tanto como a face da própria Terra, é por toda parte cheia de enormes ondulações, abismos profundos e sinuosidades.

Em minha opinião, não é resultado modesto haver posto termo às controvérsias relativas à Galáxia ou Via Láctea, e ter tornado sua essência manifesta, não somente aos sentidos, porém mais ainda ao intelecto; e além disso, demonstrar diretamente a substância daquelas estrelas que todos os astrônomos até esta data têm chamado de nebulosas, e demonstrar que ela é muito diferente do que até agora se acreditou, será muito agradável e belo.

Mas o que supera toda capacidade de admiração, e que em primeiro lugar me faz chamar a atenção dos astrônomos e filósofos, é isto: ou seja, que descobrimos quatro planetas, nem conhecidos nem observados por ninguém

antes de nós, os quais têm seus períodos em torno de uma certa grande estrela conhecida, tal como Vênus e Mercúrio fazem evoluções em torno do Sol, e que às vezes avançam, às vezes se retardam em relação a ela, sem que sua digressão jamais ultrapasse certos limites. Tudo isso foi observado e descoberto há alguns dias, por meio dos perspicilli inventados por mim, através da graça divina, que previamente iluminou meu espírito. (pp. 90-91)

Essa descrição foi tanto mais importante por lançar dúvidas ao já questionado edifício teórico aristotélico: a superfície da Lua é rugosa e não perfeita, como afirmava o princípio aristotélico da incorruptibilidade celeste,⁵ Júpiter possuía satélites e, assim sendo, a Terra não era o centro de todos os movimentos naturais; a Via Láctea era formada por milhares de estrelas e o Sol possuía manchas. Essas observações tendiam a apoiar as convicções de Galileu quanto à verdade do sistema astronômico de Copérnico⁶, convicções essas que Galileu já expressava em carta a Kepler⁷, datada de 1597.

Nessa época, as provas para fundamentar o sistema copernicano não eram fortes. O esquema proposto por Tycho Brahe⁸, que tinha rejeitado o movimento da Terra como incompatível com a Bíblia e com observações cotidianas, tinha muitos adeptos, mas o sistema ptolomaico⁹ era o mais compatível com Aristóteles e ainda era o sistema oficialmente aceito. O sistema geocêntrico, em que a Terra era o centro fixo do Universo, postulado por Ptolomeu e Aristóteles – revestido de interpretações religiosas e assumido durante a Idade Média –, era a doutrina oficial da Igreja, ainda muito poderosa, defendida ciosamente com o auxílio da Inquisição.

5 Para Aristóteles, céu e terra eram realidades qualitativamente diferentes. O céu não seria passível de mudança, pois tudo o que fosse a ele referente era composto de uma substância perfeita e inalterável, chamada “quinta-essência”. Só poderia haver mudanças na terra, água, ar e fogo, que eram matérias “elementares”, situadas no mundo sub lunar (a Terra).

6 Nicolau Copérnico (1473-1543) é natural de Torun, na Polônia. Apesar de ser formado também em medicina e leis, além de astronomia, notabilizou-se nesta última área ao propor um sistema astronômico que descrevia a rotação da Terra em torno de seu eixo e o movimento de translação desta em volta do Sol fixo.

7 Joannes Kepler (1571-1630), astrônomo e matemático alemão, era copernicano e defendia a idéia de um universo unitário e regido pelas mesmas leis matemáticas. Além disso, foi quem descreveu as órbitas dos planetas como elípticas, libertando a astronomia “da obsessão da circularidade” (Koyré, 1986b, p. 231).

8 Tycho Brahe (1546-1601), astrônomo dinamarquês que adotou um sistema geocêntrico no qual o Sol girava em torno da Terra – fixa – e os planetas giravam em torno do Sol.

9 Ptolomeu (90-168), grego do período helenístico, foi defensor de um modelo cosmológico geocêntrico, sendo a Terra – fixa – o centro do Universo.

Ocorria nesse momento a maior radicalização da luta entre duas concepções de mundo – a heliocêntrica e a geocêntrica, cada uma com implicações determinadas – sendo que optar pela teoria heliocêntrica e explicitá-la claramente era uma empresa bastante perigosa.

As implicações de se ir contra a doutrina oficial parecem ter estado claras para Galileu, pois Giordano Bruno (1548-1600) havia sido condenado e efetivamente morto na fogueira, em 1600, por defender idéias contrárias à doutrina oficial. Giordano Bruno, segundo Koyré (1982), foi um filósofo que percebeu que o sistema de Copérnico, pelo qual optou, implicava o abandono definitivo da idéia de um universo estruturado e hierarquicamente ordenado. Além disso, segundo o mesmo autor, foi quem proclamou, com grande ousadia, que o universo é infinito.¹⁰

O *Sidereus nuntius*, de Galileu, provocou grande impacto. De um lado, admiração por parte do público culto, de outro lado, ásperas críticas de filósofos e astrônomos que acusavam o cientista de fraudar o conhecimento por meio de seu instrumento. Kepler, tendo tomado conhecimento das afirmações da obra de Galileu, concordou prontamente com elas.

Galileu queria voltar para Florença e dedicar-se aos estudos astronômicos. Em 1610 foi, então, nomeado pelo grão-duque Cosimo II, que era seu discípulo, para o cargo de matemático chefe e filósofo do grão-duque de Toscana e primeiro matemático da Universidade de Pisa.

Em 1611 Galileu foi para Roma, a fim de defender suas descobertas das acusações a elas lançadas. Participou de um certame científico, promovido pelo grão-duque, do qual tomavam parte cardeais da Igreja, inclusive Maffeo Barberini, posteriormente Papa Urbano VIII. Como resultado dessas discussões, publicou, em 1612, a obra *Discorso interno alle cose que stanno in su l'acqua*, que diz respeito à mecânica e onde desenvolve princípios de hidrostática.

O livro obteve inesperado sucesso, tendo em vista o assunto que aborda. Drake (1981) julga que esse interesse do público é compreensível devido às experiências que Galileu descrevia, que eram numerosas, variadas e, sem exigir equipamento especial, eram atraentes e fáceis de serem realizadas. O comentário desse estudioso de Galileu levanta uma peculiaridade da atitude do cientista para com o público a quem dirigia seus escritos: não só astrô-

10 Esta posição quanto à infinitude do Universo não foi assumida com clareza por Galileu. Diz Koyré (1979): “(...) No debate sobre a infinitude do universo, o grande florentino, a quem a ciência moderna deve talvez mais do que a qualquer outro homem, não toma posição. Jamais nos diz se acredita numa ou noutra das hipóteses. Parece não ter-se resolvido, ou mesmo que, embora se incline para a infinitude, considera a questão insolúvel” (p. 96).

nomos e filósofos, mas também o homem comum. Muitas de suas obras foram escritas em italiano e não em latim, e Galileu insistia na clareza e na sobriedade. Koyré (1982) afirma sobre o *Diálogo*, que a obra, escrita em italiano e apresentando exposição simplificada do sistema de Copérnico, era dirigida ao homem comum, que necessitava ser conquistado para a causa do copernicianismo.

Em 1613 Galileu publicou *Istoria e dimostrazione intorno alle machie solari*, em que atacou o princípio aristotélico da incorruptibilidade do céu, defendeu a hipótese de Copérnico e princípios metodológicos quanto ao papel do experimento e do raciocínio lógico na construção do conhecimento. De acordo com Drake (1981), com relação à discussão sobre as manchas solares, Galileu

assumiu a posição de que todos os fenômenos celestes deviam ser interpretados em termos de analogias terrestres, contra o postulado fundamental de Aristóteles das diferenças essenciais. Também afirmava que não se pode conhecer a essência das coisas e que a ciência só se preocupa com as propriedades das coisas e com fatos observados. Isto significava uma declaração de independência da ciência em relação à filosofia. (p. 90)

Posição semelhante com relação à independência da ciência no que diz respeito à religião seria posteriormente expressa por Galileu.

Essa época marcou-se pela mudança do tipo de oposição que Galileu vinha sofrendo: de oposição voltada às suas críticas aos princípios da filosofia aristotélica, passou-se a denunciar suas convicções como contrárias às palavras das Sagradas Escrituras, isto é, de oposição filosófica passou-se a oposição religiosa. Galileu tentou apaziguar a polêmica defendendo a separação entre fé e ciência: a Igreja seria soberana em assuntos morais e religiosos, e a ciência basearia a construção do conhecimento na experiência e na razão.

Entre 1613 e 1615 aconteceram alguns fatos que mantiveram acesa a polêmica, apesar de Galileu manter uma posição conciliadora, não pretendendo um choque com a Igreja. Mas o sistema de Copérnico ia ganhando cada vez maior número de adeptos.

As autoridades eclesiásticas expressaram mais uma vez sua posição quanto ao sistema copernicano: o movimento da Terra deveria ser tratado hipoteticamente, como um artifício matemático e não como se fosse real, caso contrário, precipitar-se-iam ações oficiais contra os defensores do copernicianismo.

De acordo com Drake (1981), nessa época se desenvolvia um nervosismo geral entre os intelectuais de Roma, devido às disputas entre católicos e protestantes, e uma área principal de contenda entre os dois lados era a liberdade de interpretar a Bíblia. O significado desse fato era que qualquer

nova interpretação católica tendia a fortalecer a posição protestante: se se podia fazer uma reinterpretação por que não se poderiam fazer várias?

Apesar desse contexto, Galileu, em 1616, escreveu para Alessandro, cardeal Orsini, sua teoria das marés, que envolvia o princípio da mobilidade da Terra. As proposições copernicanas foram então enviadas oficialmente para o pronunciamento de censores teológicos, resultando desse processo a proibição das teses de Copérnico, e Galileu foi impedido, ainda em 1616, de ensinar, expressar opiniões ou elaborar trabalhos que defendessem essa posição. Foram colocadas no Index dos livros proibidos todas as obras que abordassem como reais os movimentos da Terra e a estabilidade do Sol.

Galileu, apesar de muito discordar dessas medidas, que iam contra todas as suas convicções e lhe cortavam a possibilidade de trabalhar nessas questões, não encontrando outra alternativa, obedeceu.

Em 1618 escreveu *Discorso sulle comete*, em resposta a um padre do Colégio Romano que interpretava o aparecimento de três cometas de acordo com a teoria de Tycho Brahe. O que estava subjacente a essa disputa era o sistema cosmológico mais correto, mas esse assunto não poderia ser discutido publicamente depois da proibição de 1616. Esse padre publicou em seguida uma resposta agressiva a Galileu (sob o pseudônimo de Lothario Sarsi) que, por sua vez, replicou publicando *Saggiatore* (essa obra recebeu em português o título *O ensaiador*), em 1623, obra em tom polêmico, conhecida pelo seu significado enquanto discussão de aspectos metodológicos da construção de conhecimento, defendendo os processos lógicos racionais contra o dogmatismo e a autoridade.

Essa obra foi dedicada ao cardeal Maffeo Barberini, que se tornaria o Papa Urbano VIII nesse mesmo ano. Como Barberini era um homem culto e esclarecido e admirador de Galileu, provocou neste a esperança de poder retomar os estudos astronômicos e antigas convicções.

Galileu começou, então, a preparar a publicação de *Dialogo sopra i due massimi sistemi dei mondo - tolemaico e copernicano* (citada apenas como *Diálogo*), obra em que defende o sistema copernicano e explicita o método experimental. Essa tarefa é empreendida entre 1624 e 1630.

A publicação do livro enfrentou muitas dificuldades criadas pelas autoridades da Igreja, que deveriam dar sua autorização. Finalmente a autorização foi dada e a obra publicada em 1632. Banfi (1983) descreveu e interpretou o que ocorreu a seguir:

Mas, quando já de todos os lados chegavam assentimentos entusiásticos, era ordenada a suspensão das vendas e Galileu citado perante o tribunal do Santo Ofício, em Roma. Tinham assim triunfado o tradicionalismo acadêmico, o cioso ortodoxismo, repentinamente reforçado pela ira pessoal de Urbano VIII, quer

porque suspeitasse de ser evocado sob a figura de Simplicio, o peripatético do diálogo, quer porque não quisesse, com a tolerância perante uma obra contrária no seu conteúdo aos decretos, reforçar a fama de pouca ortodoxia que lhe era lançada em rosto pelos inimigos de sua política antiespanhola e antiimperial. (pp. 22-23)

Galileu partiu para Roma em janeiro de 1633, onde ficou confinado na prisão do Santo Ofício.

Após as sessões do processo, foi condenado à prisão perpétua, em junho de 1633, e obrigado a negar suas teses, retratando-se. Galileu retratou-se e continuou vivo, mas em prisão domiciliar, vigiado constantemente pela Inquisição, que lhe cerceava os contatos.

Galileu ainda organizou uma obra que foi publicada em Leyden, em 1638: *Discorsi interno a due nuove scienze* (citada apenas como *Discursos* e que recebeu em português o título *Dois novas ciências*), sobre a resistência dos materiais e sobre o movimento, retomando seus principais resultados, antes de morrer, a 18 de janeiro de 1642.

Tem sido admirada a revolução do conhecimento operada por Galileu no final do século XVI, dando início à ciência moderna, que tem até hoje as características gerais estabelecidas nesse período, e fornecendo suporte para a proposta newtoniana que ocorreria no século seguinte.

Segundo Koyré (1982), dois traços descrevem e caracterizam a atitude mental ou intelectual da ciência moderna, da qual Galileu foi expoente: a destruição da idéia de cosmo, que deixa de fazer parte das noções científicas; e a geometrização do espaço ou a substituição do espaço cósmico qualitativamente diferenciado e concreto, pelo espaço homogêneo e abstrato da geometria euclidiana. A idéia de cosmo, até então erigida, tinha como traço principal a física aristotélica. De acordo ainda com esse autor, as características mais acentuadas dessa física são a crença em "naturezas" qualitativamente definidas; e a crença na existência de um cosmo que segue princípios de ordem, mediante os quais o conjunto dos seres reais forma um todo hierarquicamente ordenado. Postula que cada coisa tem seu lugar, segundo sua natureza, por exemplo, a Terra, imóvel no centro do universo "porque por força de sua natureza, ou seja, porque ela é pesada, deve achar-se no centro", já que os corpos pesados "se dirigem ao centro porque é sua natureza que para lá os impele" (Koyré, 1982, p. 50). A teoria aristotélica parte de fatos do senso comum e os elabora num edifício lógico muito bem construído, apesar de o conteúdo utilizado na construção desse edifício ser falso. Parte de princípios determinados: a separação entre o céu e a Terra – com a postulação da perfeição celeste; a teleologia envolta na concepção dos lugares naturais; a hierarquia do todo ordenado e finito. A síntese aristotélica

é não-matemática, na medida em que envolve conceitos qualitativos e não quantitativos. Essa é a síntese que foi defendida por teólogos e filósofos na Europa medieval e renascentista, com suas concepções geocêntricas que se harmonizavam com a interpretação da *Bíblia* aceita na época.

Koyré (1979 e 1982) atribui a Nicolau de Cusa (1401-1464) a inauguração do trabalho destrutivo da cosmologia aristotélica, apesar de que, durante todo o período da transição para uma nova ciência, a antiga e a nova forma de conceber a realidade tenham andado constantemente juntas, até que o universo hierárquico e fechado de Aristóteles fosse substituído pelo universo mecânico e infinito de Newton. Ainda de acordo com Koyré, foi Nicolau de Cusa quem primeiramente colocou no mesmo plano ontológico a realidade da Terra e a realidade do céu, e é a ele atribuída a qualificação do universo como infinito, apesar de ter evitado a palavra infinito, usando o termo "in-término", que significa, em última análise, indeterminado (no sentido de não possuir limites e não estar terminado).

Banfi (1983) descreve Nicolau de Cusa como alguém que defende tendências imanentistas – segundo as quais os conceitos sobre a natureza devem representar sua autônoma estrutura interna – apesar das bases ainda escolásticas de seu pensamento.

Já, de acordo com Bernal (1976a), o primeiro e o mais importante golpe no antigo sistema de pensamento foi desferido por Nicolau Copérnico, que, inspirado por textos recém-descobertos,¹¹ propôs a teoria heliocêntrica. Bernal comenta as controvérsias em torno de Copérnico, como críticas às suas poucas e não rigorosas observações, que acaba por propor um sistema que, na prática, não era melhor do que aquele que queria destruir, além da atribuição de razões mais místicas do que científicas para suas concepções – mas conclui pelo seu valor enquanto um persistente espírito inovador.

O ponto central para a derrubada do edifício aristotélico consistia na unificação entre o céu e a Terra, isto é, em perceber que as leis do movimento que governavam os fenômenos terrestres governavam também os fenômenos celestes. A construção dessas leis dependia tanto de uma alteração da atitude intelectual mais geral como de uma alteração conseqüente na maneira de abordar tais fenômenos. Nesse sentido, Tycho Brahe deu um grande passo

ao dar à astronomia e à ciência em geral algo de absolutamente novo, a saber um espírito de precisão: precisão na observação dos fatos, precisão nas medidas e precisão na fabricação dos instrumentos de medida usados na observação.

11 Foi durante o período do chamado Renascimento e no período subsequente que obras de filósofos e matemáticos gregos começaram a ser publicadas: Ptolomeu, Arquimedes, Apolônio, etc.

(...) Ora, é a precisão das observações de Tycho Brahe que se situa na base do trabalho de Kepler (...) [que introduziu] a idéia de que o universo, em qualquer de suas partes é regido pelas mesmas leis, e por leis de natureza estritamente matemática. (Koyré, 1982, p. 51)

Ainda segundo esse autor, apesar de Kepler ter sabido formular leis para o movimento planetário, não o soube para os movimentos terrestres, por não ter conseguido levar até o ponto necessário a geometria do espaço e chegar à nova noção de movimento que daí resulta. E esse é o ponto em que Galileu ultrapassou Kepler. Mas Galileu não deu o passo decisivo nessa unificação, por hesitar em assumir as últimas conseqüências de sua própria concepção de movimento: a infinitude do universo.

A física moderna (...) considera a lei da inércia¹² sua lei mais fundamental. Tem muita razão, pois como diz o belo adágio: “*Ignorato moto ignoratur natura*”, e a ciência tende a explicar tudo “pelo número, pela figura e pelo movimento”. De fato, foi Descartes e não Galileu quem, pela primeira vez, compreendeu inteiramente o alcance e o sentido disso. Entretanto, Newton não está totalmente enganado ao atribuir a Galileu o mérito da sua descoberta. Com efeito, embora Galileu nunca tenha formulado explicitamente o princípio da inércia, sua mecânica está, implicitamente, baseada nele. E é somente sua hesitação em extrair, ou em admitir as últimas – ou implícitas – conseqüências de sua própria concepção de movimento, sua hesitação em rejeitar completa e radicalmente os dados da experiência em favor do postulado teórico que estabeleceu com tanto esforço, que o impede de dar esse último passo no caminho que leva do Cosmo finito dos gregos ao Universo infinito dos modernos. (Koyré, 1982, pp. 182-183)

Segundo Bernal (1976a), uma das razões da preocupação de Galileu com o movimento adveio da necessidade de destruir algumas objeções ao sistema de Copérnico existentes na época (por exemplo, como era possível a Terra ter movimento de rotação sem que se criasse uma ventania colossal em sentido contrário; e como é que os corpos atirados ao ar não eram deixados para trás) e, assim, justificá-lo.

As leis do movimento propostas por Galileu permitiam destruir essas objeções, mostrando que era possível se entender o movimento da Terra desde que se desse um tratamento matemático ao seu estudo, oposto ao tratamento não-matemático de Aristóteles. Segundo Desanti (1981), “a tradição não mente quando vai buscar em Galileu a origem de um novo movimento cujo resultado foi a mecânica clássica” (p. 61).

12 A lei da inércia implica a concepção do universo como infinito.

É o próprio Galileu (1973) quem afirma que “*se opor à geometria é negar abertamente a verdade*” (O ensaiador, p. 106). Ele explicita mais claramente suas convicções com relação a este aspecto ainda em *Saggiatore* (O ensaiador), ao indicar a Sarsi que o caminho para a construção do conhecimento é estudar a natureza e não se apoiar em autoridades:

Parece-me também perceber em Sarsi sólida crença que, para filosofar, seja necessário apoiar-se nas opiniões de algum célebre autor, de tal forma que o nosso raciocínio, quando não concordasse com as demonstrações de outro, tivesse que permanecer estéril e infecundo. Talvez considere a filosofia como um livro e fantasia de um homem, como a Iliada e Orlando Furioso, livros em que a coisa menos importante é a verdade daquilo que apresentam escrito. Sr. Sarsi, a coisa não é assim. A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto. (p. 119)

Galileu, portanto, mostrava não só uma alteração na concepção aristotélica de universo que já vinha sendo questionada, como também uma conseqüente alteração na forma de abordar os fenômenos, demonstrando na prática a não-validade do postulado aristotélico da impossibilidade de o mundo físico ser estudado quantitativamente.

Essa convicção de Aristóteles é expressa na obra de Galileu, *Duas novas ciências* (s/d.), construída na forma de diálogo, na qual Simplicio, que representa as idéias aristotélicas, diz a respeito de uma demonstração matemática que acabara de ouvir:

Por outra parte, como as considerações e demonstrações apresentadas até aqui são coisas matemáticas, abstratas e separadas da matéria sensível, parece-me que, aplicadas ao mundo físico e natural, não vingariam essas regras. (p. 48)

Conforme já se havia salientado, a solução do problema astronômico implicava a construção de uma nova física e essa construção, por sua vez, demandava a definição do papel da matemática nela envolvida. Para Aristóteles, que tinha uma concepção qualitativa dos fenômenos, não cabia recorrer à matemática para estudá-los, mas para Galileu era essencial abandonar conceitos qualitativos, já que estes não se prestavam ao tratamento matemático preciso.

Ao realizar uma descrição geométrica do movimento, Galileu mostrou a possibilidade de se construir uma física matemática que falasse dos objetos

reais e que não fosse apenas um discurso abstrato formalmente correto. Com relação a esse aspecto, Drake (1981) cita um trecho do *Diálogo*, no qual Galileu aborda o assunto:

Quando se aplica uma esfera material a um plano material, em concreto, aplica-se uma esfera que não é perfeita a um plano que não é perfeito, e diz-se que estes não tocam num só ponto. Mas digo-vos que mesmo em abstracto, uma esfera imaterial, que não é uma esfera perfeita, pode tocar um plano imaterial, que não é perfeitamente liso num só ponto, mas sobre parte de sua superfície – assim, o que acontece aqui, em concreto, acontece do mesmo modo em abstracto.

Na verdade, seria novidade para mim se a contabilidade em números abstractos não correspondesse a moedas de ouro e prata concretas, ou a mercadorias. Tal como um contabilista, que deseja que os seus cálculos tratem de açúcar, seda e lã, tem de descontar caixas, fardos e embrulhos o filósofo-geômetra, quando quer reconhecer em concreto os efeitos que provou em abstracto, tem de deduzir os obstáculos materiais; e se consegue fazer isso, asseguro-vos que as coisas materiais não estão menos de acordo do que os cálculos aritméticos. Os erros, então, residem não na abstração ou no concreto, mas num guarda-livros, que, não compreende como se faz o balanço dos seus livros. (p. 87)

A matematização é, portanto, um dos aspectos metodológicos fundamentais propostos por Galileu. Escreveu esse cientista no diálogo entre Simplicio, Sagredo e Salviati, em *Duas novas ciências* (s/d):

Sagredo – O que podemos dizer, Sr. Simplicio? Não devemos confessar que a geometria é o mais poderoso instrumento para estimular o espírito e prepará-lo adequadamente para raciocinar e indagar? E não tinha Platão razão ao exigir que seus alunos tivessem, antes de mais nada, um conhecimento sólido das matemáticas. Eu havia compreendido perfeitamente a propriedade da alavanca e como, à medida que aumenta ou diminui seu comprimento, cresce ou diminui o momento da força e da resistência. Apesar disso, na solução do presente problema estava enganado e não pouco, mas infinitamente.

Simplicio – Começo realmente a compreender que a lógica, ainda que seja um instrumento indispensável para reger nosso raciocínio, não alcança, no que se refere a estimular a mente para a invenção, à grandeza da geometria.

Sagredo – Parece-me que a lógica nos ensina a conhecer se os raciocínios e as demonstrações já efetuadas e alcançadas procedem de modo conclusivo; não acredito, porém, que ela nos ensine a encontrar os raciocínios e as demonstrações conclusivas (...). (p. 110)

Outro fundamento do método empregado por Galileu constitui-se no uso da observação e da experimentação para a construção do conhecimento.

Com relação à observação, sua importância pode ser ilustrada pelo fato de Galileu ter construído um telescópio, utilizando-o como instrumento científico para observação.

Segundo Koyré (1979), a obra de Galileu, *O mensageiro celeste* (*Sidereus nuntius*), representou um papel decisivo para o desenvolvimento posterior da ciência astronômica, já que, depois de o cientista ter feito uma descrição do telescópio e mostrado os resultados de suas observações, aquela ciência ficou extremamente ligada à evolução de seus instrumentos. “Poder-se-ia dizer que não só a astronomia, como também a ciência como tal, entraram, com a invenção de Galileu, numa nova fase de seu desenvolvimento, a fase que poderíamos chamar de instrumental” (p. 92).

Galileu considerava a observação e a experiência requisitos metodológicos muito importantes para a construção da ciência.¹³ Estas tinham em vista buscar dados numéricos que pudessem expressar os fenômenos físicos, busca essa dirigida por suas concepções teóricas.

Segundo Koyré (1982), quando os historiadores da ciência moderna descrevem seu caráter empírico e concreto, em oposição ao caráter abstrato e livresco da ciência clássica e medieval, não estão apresentando um quadro falso. Ressalta que o empirismo da ciência moderna repousa na experimentação. Mas ressalta também a estreita ligação existente entre experimentação e elaboração de uma teoria: são interdeterminadas, sendo que o desenvolvimento da precisão e o aperfeiçoamento da teoria aumentam a precisão e o aperfeiçoamento das experiências científicas. “Com efeito, se uma experiência científica – como Galileu tão bem exprimiu – constitui uma pergunta formulada à natureza, é claro que a atividade cujo resultado é a formulação dessa pergunta é função da elaboração da linguagem na qual essa atividade se exprime” (Koyré, 1982, p. 272). Isso quer dizer que ao fazer experimentações Galileu já havia feito opções com relação aos conceitos teóricos que dirigiram suas investigações: os conceitos matemáticos.

13 Segundo Koyré (1982), além das experiências reais, Galileu realizava experiências imaginárias, porque as experiências reais, mesmo hoje, implicam, freqüentemente, a necessidade de complexa e custosa aparelhagem e dificuldades de realização, sendo que na experiência imaginária se podia operar com objetos teoricamente perfeitos.