

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA DO CURSO</b>	<b>3</b>
<b>2. DIDÁTICA E METODOLOGIA</b>	<b>8</b>
<b>3. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES</b>	<b>12</b>
<b>3.1 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS AULAS</b>	<b>13</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b>	<b>19</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>21</b>
<b>6. ANEXOS</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA DO CURSO

A proposta inicial deste trabalho está de acordo com as premissas da disciplina de ciências humanas em filosofia, presente no currículo oficial do Estado de São Paulo (1ª edição atualizada de 2011). O currículo, que foi consequência das leis federais 9.394/96 e 11.684/2008, as quais inauguram, respectivamente, as novas diretrizes e bases da educação nacional e a implementação obrigatória da filosofia na rede pública e privada nas últimas três séries do ciclo básico, apresenta um elenco de enunciados e conteúdos filosóficos. Este trabalho pesquisou, analisou, organizou e estruturou um recorte envolvendo aspectos da filosofia antiga e moderna em relação às "ciências" aristotélicas e a ciência natural clássica (pós século XVI) e sua história. Ao parafrasear Immanuel Kant, os filósofos Norwood R. Hanson e Imre Lakatos, afirmaram no século XX que "a Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia, e a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega".

O trabalho tecerá algumas poucas e breves considerações iniciais sobre essa problemática, propondo perguntas antes que respostas, tentando dizer um pouco como as coisas aparecem, sem nenhuma pretensão de ter a verdade ou de dar a última palavra. Tentar-se-á e implementar-se-á o pensar em voz alta sobre o assunto de filosofia e ciência naturais com os alunos do Ensino Médio Regular, na forma de 16 aulas. Ao final, identificar-se-á uma certa ilusão metafísica, uma ilusão da teoria de tudo, do finalismo, da "verdade escondida" na natureza, a qual as ciências apontam todos os dias.

Essas matizes da filosofia da ciência, sua história e pesquisa, tem o papel importante ao permitir a orientação e às reflexões dos alunos na melhor compreensão das relações históricas, científicas e filosóficas; e ao mesmo tempo, inserir-se no universo subjetivo das representações simbólicas (por exemplo leis da física), contribuindo também para elevar a educação a um nível explorativo e filosófico do ponto de vista de formular conexões interdisciplinares para uma superação das meras divisões fechadas entre áreas de humanas e exatas, onde ondas de transmissões e aquisições de conteúdos são feitas de modo automático, inconsistente e estéril.

Através da vivência nos estágios, das aulas expositivas da disciplina de Didática e nas conversas com outros professores do ensino médio regular em escolas privadas e públicas, percebe-se uma não-comunicação entre filosofia e as ciências naturais de

maneira histórica; caracterizam as ciências do ensino médio apenas no resolver de exercícios numéricos abstratos e caracterizam a filosofia em apenas comunicar de forma complexa. Nos casos em que haja uma pequena conexão, muitas vezes o diálogo é de alguns poucos minutos, onde cita-se o nome dos estudiosos de ambas as áreas (filosofia e ciências) mas não aprofunda-se teoricamente. Muitas aulas acabam por promover associações rasas com o conteúdo de outras disciplinas ou equiparar o pensamento filosófico à mera opinião (*doxa*). Fomentam, com isso, "a confusão entre o discurso cotidiano, tomando como expressão de opiniões pessoais, e o discurso que resulta do trabalho argumentativo e conceitual, não cumprindo, com isso, seu papel de estimular o aluno a refletir sobre o seu contexto de maneira crítica e inovadora" (PNLD, 2015. p.18).

Os temas da filosofia como a política, ética, moral têm uma conexão direta com a história assim como a estética com as artes, mas, de maneira oposta, a ligação entre filosofia e as ciências naturais é tangenciada sem expor um merecido e maior esforço de exposição/experimentação/estudo/tempo. Os preconceitos pedagógicos do docente afloram na sua fala sobre as ciências naturais sem nenhum remorso. E assim vértebra por vértebra as ciências da natureza não entram na reflexão crítica para a produção de cidadania. Em oposição a isso, o próprio currículo oficial do Estado de São Paulo propõe associações disciplinares, assim como mostra o Caderno do Aluno (2014-2017) nas partes de estudo da "Técnica e Ciência: as ciências e seus métodos ... O pensamento filosófico e sua relação com as Ciências" e "O período moderno (séculos XV e XVII) e seus temas: ... a revolução científica". (CURRÍCULO OFICIAL, 2011. p. 116). Se de um lado o conteúdo das ciências exatas inibi os educadores das ciências humanas, por outro, de maneira geral, os profissionais das ciências exatas menosprezam os conteúdos eruditos dos filósofos. Por afastar a matemática, a física, a biologia, a química de seu *métier*, os profissionais da educação de filosofia ignoram o caminho saudável, abrangente e contagiante dessas ciências ao não promover o debate interdisciplinar no planejamento de suas aulas.

Este trabalho, portanto, aproveitará os subsídios dados pela ciência da natureza, especificamente a física e sua relação com a filosofia da ciência. Esta disciplina contém conceitos extremamente filosóficos os quais não são utilizados de forma a melhorar a sua discussão. Um autor de didática de filosofia, classifica a física dentro das "ciências

que privilegiam o eixo semântico do conhecimento humano” (ROCHA, 2008. p.180). Na física, o cientista investiga objetos desprovidos da dimensão cultural; o cientista investiga os processos da natureza. Seus estudiosos, os cientistas, atentam para as relações de enunciados, chamados de signos e a realidade investigativa. Dentro da física o setor a ser explorado neste trabalho é o da cosmologia (1º bimestre), mecânica/dinâmica (2º bimestre). Especificamente os temas do geocentrismo e heliocentrismo, as concepções problemáticas de energia, força e movimento. Para tal proposta utilizar-se-á pinturas, fotos, quadros, músicas, *slides*, vídeos e livros de autores especialistas no tema da filosofia natural e da física. Todas essas tecnologias e recursos estão justificadas na parte de descrição detalhada das aulas deste trabalho. Entre os autores consultados, os quais comentam as modificações da ciência no contexto filosófico estão Paulo Abrantes, Alexandre Koyré, Paulo Rossi, Edgar Morin e Marcelo Gleiser; e sobre questões metodológicas de ensino e didáticas baseamo-nos nas obras de Sílvio Gallo, José Mário Pires Azanha, Pura Lúcia Martins, Maria do Socorro França. Entre os filósofos consultados estão I. Kant, R. Descartes, Karl Popper, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend. Este trabalho conterà vestígios dos estudiosos Aristóteles, C. Ptolomeu, N. Copérnico, J. Kepler, G. Galilei e I. Newton.

Assim como o cientista olha para o futuro da sua pesquisa com certo espanto, espera-se do professor um olhar espantado com os fatos do passado, ou seja, ao ver determinados fragmentos do chamado conhecimento moderno.

De acordo com a separação entre tempos cronológicos da história do homem, e da ciência, utilizou-se duas classificações diferentes. A tabela a seguir é explicativa, mostrando os termos em questão nesse trabalho. É necessário notar que o anacronismo do termo "ciência" (compreendida por nós, primordialmente, com "ciência moderna") em Aristóteles é identificado e problematizado durante as aulas.

HUMANIDADES				
Clássico (Antiguidade) Até séc. V	Medieval	Renascimento séc. XIV a XV	Moderno séc. XVI a XVIII	Contemporâneo séc. XIX a XXI
CIÊNCIAS				
Aristóteles, Ptolomeu, Pré-Ciência, <i>Episteme</i>			Clássica	Moderna

Os temas interdisciplinares serão abordadas nas aulas com forte influência sobretudo da pedagogia de Sílvio Gallo, pois “de todas as disciplinas que compõem o currículo do Ensino Médio, a filosofia é a única que pode(mos) afirmar ser interdisciplinar em sua própria essência. Enquanto as ciências modernas ganharam autonomia na medida em que afirmaram sua singularidade disciplinar, a autonomia da filosofia reside justamente em sua percepção da multiplicidade, sem a definição de objetos únicos” (GALLO, 2014. p. 316). Com isso, enquanto uma ciência produz conhecimento e esses conhecimentos tornam-se peças de museus no momento que a tecnologia avança, na filosofia seus objetos de estudos não são materiais e por isso não tem validade ou passagem para entrar em um museu. Portanto, a filosofia vê-se claramente aprofundada em outras disciplinas. E é grande a sua elasticidade perante as mudanças dos tempos, tanto é assim que a filosofia e suas ferramentas podem movimentar-se de acordo com novas regras constitucionais e pedagógicas.

Ainda no tema da interdisciplinaridade, afirma-se: “aquilo que é pensado também por outra(s) disciplina(s), sendo importante para ela o diálogo com essa outra maneira de abordar o mesmo objeto. Não se faz filosofia sem o diálogo aberto com as outras disciplinas” (GALLO, 2014. p. 316). O currículo oficial do Estado de São Paulo de Filosofia, Física, Matemática (ANEXO 1) afirmam que são muitas as combinações possíveis da filosofia, permitindo um saudável intercâmbio de ideias, com benefícios para alunos e professores. Ele afirma também sobre o protagonismo em assumir uma de suas principais funções, a de que a filosofia é uma ferramenta conceitual, produtora de síntese, animando o debate multidisciplinar e elevando os padrões da educação básica.

Nas tabelas a seguir, apresenta-se uma síntese dos conteúdos sugeridos pelo Caderno do Professor do Estado de São Paulo, o que se chamou de currículo (ANEXO 1) de três disciplinas e seus possíveis conteúdos históricos similares a serem abordados neste trabalho, os quais tentar-se-á uma interconexão (física, filosofia e matemática). O conteúdo da coluna da disciplina de matemática ajuda a concretizar temas similares na filosofia e matemática (e.g. sólidos de Platão, movimento elíptico, paradoxos de Zenão).

	MATEMÁTICA	FÍSICA	FILOSOFIA
1ª Série 1º e 2º bimestre	Os Pitagóricos, Paradoxos de Zenão	Mecânica, Dinâmica, Energia Mecânica	<b>Situação de aprendizagem 4:</b> áreas da $\phi$ , epistemologia; <b>Situação de aprendizagem 5:</b> introdução à $\phi$ da ciência;
3º e 4º	Ptolomeu, <i>Almagesto</i>	Cosmologia, Astronomia	introdução à bioética; a técnica

Nota-se no conteúdo de filosofia um maior entrelaçamento em buscar o diálogo com as ciências. Esse diálogo pode ser maior ao propor questões relevantes dentro da física natural, como por exemplo a questão do que é energia? O que é força dinâmica? O que é o cosmo e qual sua historicidade/problemática desde a Grécia Antiga? Não há resposta única para essas questões e a filosofia tateia possíveis convergências.

É uma meta desta proposta de curso habilitar a conexão disciplinar dos conteúdos na forma de habilidades a seguir explicitadas:

- Criticar a concepção de conhecimento científico como verdade absoluta
- Expor a ciência e a condição humana
- Expressar por escrito e oralmente questões sobre o avanço tecnológico, o pensamento tecnicista e instrumental; suas consequências para a vida no planeta
- Identificar a filosofia no cotidiano
- Comparar discurso filosófico com o discurso científico
- Relacionar questões atuais a questões da História da Filosofia
- Mostrar a conexão da filosofia e da física

As justificativas das habilidades em função do conteúdo, abrangem um maior contato do aluno com o conceito de ciência basal, desde o nascimento da ciência moderna, até a sua relevância para o surgimento de tecnologias dominantes hoje nos *notebook*, *smartphones*, *tablets*, aplicativos e outros *gadgets*. A seguir algumas justificativas para abordar o tema e a conexão disciplinar.



- compreender o conhecimento científico e em particular concluir que o nosso conhecimento científico nunca surge do vácuo
- compreender que as nossas técnicas, hipóteses, teorias e modelos <sup>é fugaz</sup>
- compreender que o conhecimento científico é falível e tem seus limites
- apreciar que a ciência está sempre inconclusa, em processo de construção
- compreender que o conhecimento também apresenta certos invariantes — *como, p. exemplo?*
- obter uma atitude crítica *em relação a que?*
- compreender e julgar a inovação *?*
- compreender a mudança relacionada com o tempo *que tipo de mudança? Ou o conceito de mudança?*

A maior premissa do trabalho é minimizar ao máximo uma única interpretação de ciência e filosofia e ao mesmo tempo deixar clara a condição de habitantes do século XXI. O desejo é encaminhar os alunos para tomarem a ciência moderna (século XXI) para si, e quiçá ingressarem nessa área profissional.

Portanto, este plano reflexivo de aula é um manifesto na tentativa de "não tanto em incluir atividades vinculadas a tipos de conteúdos diferentes, mas em criar contextos de atividade complexa nos quais a aprendizagem de conhecimento adquira um verdadeiro significado e tenha sentido para os alunos" (VALLS, 2004, p. 351). É um manifesto ao tentar uma comunicação produtiva ou mesmo uma reflexão silenciosa na retomada de assuntos presentes tanto no aspecto da filosofia quanto no da ciência antiga, clássica; um devir na comunicação fértil entre a ciência clássica com a ciência da antiguidade, suas fronteiras, seus temas semelhantes e as nuances na contemporaneidade.

## 2. DIDÁTICA E METODOLOGIA

A metodologia utilizada está próxima do exposto pela pedagogia do autor Sílvio Gallo, em seu texto *Ensino de filosofia e criação de conceitos: possibilidades didáticas*, onde "o fazer com" é preponderante ao "fazer como". Tal definição nos remete a concepção da atividade de ensinar apresentada por AZANHA (1987), em "Uma reflexão sobre a Didática", no que diz respeito a relação entre as regras e atividades: "a atividade do ensinar parece mais um exemplo de 'saber como' do que 'saber que', isto é, trata-se antes de um 'saber fazer' do que de conhecer certas regras e aplicá-las" (AZANHA, 1987, p.76). Tendo em vista que o 'saber que' é o caso de uma atividade em

que a prática é precedida de um conhecimento; 'saber como' refere-se a prática de uma atividade que não exige conhecimento prévio e 'saber fazer', em que o conhecimento das regras de uma atividade orienta a execução da própria.

Grosso modo, a metodologia é a chamada investigação filosófica. Nesse sentido, buscar-se-á a sensibilização, problematização, investigação e conceituação (ou reconceituação) no 1º bimestre do curso. Essa sequência de investigação é particular na visão do autor Gallo, e sua porção genérica, confunde-se com a interação entre professor-conteúdo-aluno (triângulo pedagógico) do aprender a aprender e a interação sistematização coletiva. Pois, no aprender a aprender o conteúdo caminha com uma atividade, um problema, coletas de dados, hipóteses e experimentação. Enquanto a sistematização coletiva possui etapas de caracterização, explicação, compreensão e elaboração de conteúdo. Afirma-se que "para aprender ciências sociais, é necessário que o aluno se envolva em situações e atividades coletivas de caráter social e cultural" (VALLS, 2004. p. 350).

O aluno será introduzido na investigação filosófica, podendo inserir-se ou não nesse aprendizado. Para as possíveis arestas, o professor poderá optar por outra metodologia de acordo com a necessidade do aluno. Os recursos da sequência didática são claros: construir e reorganizar, interiorizar e ampliar os conteúdos e os conceitos já conhecidos pelos alunos no tema da cosmologia. Essa sequência tem como produto final a relação entre cosmologia filosófica e astronomia física.

Nota-se uma via de dois sentidos, onde um dos sentidos é a atividade de criação de conceitos, com proposta inteiramente aberta e mutável ao aprender. E o outro sentido é a discussão, exposição, debate, estudos de caso, repaginando conceitos inteiramente aceitos pelo senso comum, problematizando-os e sensibilizando os alunos. A intenção "não é reproduzir o ensino em seu viés explicativo, fundamento de uma sociedade pedagogizada, tampouco é a de reproduzir um ensino geral e massificante, calcado em um método capaz de ensinar tudo a todos" (GALLO, 2014). Gallo refere-se nessa passagem ao conhecimento dado pela transmissão e assimilação, tendência existente ainda no século XXI e no planejamento inflexível do conteúdo passado pelo aprender a fazer. Por um lado haverá transmissão de conhecimento pelo professor regente, nas aulas iniciais que serão expositivas mas também através de pesquisas de filmes, leitura de partes de livros, contato com artes da cosmologia grega e clássica, no estudo dirigido



de leitura dos textos filosóficos e também através de músicas com essa temática. Pois, na vivência dos estagiários constatou-se que muitos alunos não tinham um conteúdo cultural (capital cultural) mínimo necessário para desenvolver por si próprio uma perspectiva de leitura ou escrita filosófica. Muitos estão mergulhados no abismo escuro da sociedade da informação acelerada e descartada, e uma recontextualização dos temas de cosmologia será prioridade. É plausível nos dias de hoje utilizar também algum conteúdo envolvendo as séries de TV, com temas de ciências da natureza e física.

Conforme Gallo, a filosofia não é composta de atitudes naturais mas de atitudes às quais somos levados pela violência ou vivência radical de problemas com os quais nos deparamos ao longo da vida. Conforme os professores de filosofia da FFLCH USP Ricardo Terra no texto "não se pode aprender filosofia, pode-se apenas aprender a filosofar" e também pelo professor Roberto Bolzani no seu texto "Sobre filosofia e filosofar" conclui-se que a busca justamente é pelo filosofar, isto é, por uma prática. Para dizer de outro modo, não há um corpo muito bem estruturado de verdades estabelecidas na filosofia para simplesmente transmiti-las sem reflexão e crítica. Dessa sábia colocação emana uma abordagem na utilização da sistematização coletiva, pois o homem é um sujeito histórico, está sempre compreendendo e transformando; e por causa de uma ênfase no outro, ênfase naquilo que o outro sabe, o aluno pode se tornar um tipo de agente transformador. Assim, mesmo respeitando a total autonomia do professor, poderíamos dizer que seria uma boa alternativa iniciar um curso com aulas expositivas (do tipo "fazer com", "saber-fazer", e até mesmo "aprender a fazer") para somente depois o professor tornar-se um mediador.


No primeiro bimestre haverá três momentos distintos na busca do filosofar, assim veremos no próximo tópico descritivo das aulas. O primeiro (aulas 1 até 6) é oferecer uma introdução ao tema e oferecer ferramentas para os alunos as utilizarem. A preponderância serão aulas expositivas. No segundo momento (aulas 7 até 14) iniciar-se-á a investigação filosófica, com um problema filosófico em direção ao processo conceitual do conteúdo. Neste caso, o objeto de estudo será a cosmologia grega, a física aristotélica, sua metafísica na ciência clássica e o método científico. Um terceiro momento será o da avaliação final da disciplina (aulas 15 e 16). No que se refere ao critério de avaliação, baseamo-nos nos questionamentos e concepções avaliativas abarcadas no texto de Gatti, em "O professor e a avaliação em sala de aula", artigo este

que apresenta a avaliação como objetivo de promover a progressão e acompanhar as atividades do aluno. Inicialmente, para a realização da avaliação, no caso a dissertação no final do bimestre, o professor determinará o conteúdo em sala a partir de uma análise sob quais aspectos de fato do curso foram absorvidos e trabalhados pelos alunos. Dado isso, o professor explicitará em sala de aula os critérios da avaliação: a capacidade do aluno de relacionar o conteúdo dado no bimestre, com base argumentativa fundamentada e através da escrita coerente e clara. No entanto, não se trata de uma avaliação somativa, mas uma avaliação processual e contínua. Ao longo do bimestre, os alunos realizarão debates e fichamentos, atividades estas que fornecem ao professor informações frequentes e contínuas sobre o progresso de aprendizagem dos alunos. Esse “feedback” dos alunos na disciplina permite ao professor avaliar sua própria forma de ensino e redirecionar o objetivo do curso, a forma de apresentação de conteúdos, com o intuito da melhoria de aprendizagem, assimilação de conteúdos e ampliação de conhecimentos por parte dos alunos.

A didática tem ambição de levar cada aluno ao encontro de filosofar, na aula de filosofia. Tentar-se-á filosofar ao lançar sensações de problemas na pele do próprio aluno. Isso acontecerá ao relatar passagens de textos escolhidos, vídeos envolvendo cenas de filmes ou partes de programas sobre história da física cosmológica. O aluno então encontrará um ciclo que gira recorrentemente em torno das etapas do conhecimento sinalizados pela sensibilização, problematização, investigação, e, por último, finalizando como a (re)conceituação.

O propósito principal é deixar claro que os cientistas também foram sensibilizados por questões assim chamadas de filosóficas e que isso ainda está presente na ciência moderna. A metodologia da busca e criação dos conceitos, ou do conhecimento, se encaixa em um panorama maior, onde a produção de cidadania é o bem maior dentro da sociedade brasileira. Como no esquema a seguir, o protagonismo das questões filosóficas são como instrumentos para iluminar uma cidadania.

INSTRUMENTO	REFLEXÃO CRÍTICA	
OBJETOS	Conhecimento	Ação
OBJETIVOS	PRODUÇÃO da CIDADANIA	



### 3. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

1º Bimestre: Introdução à Filosofia da Ciência: sensibilização, problematização, investigação e conceituação.

AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE
1 e 2	Apresentação: i) tema do bimestre: cosmologia ii) proto definição de $\phi$ iii) sistema de avaliação	Elaboração do contrato didático (oral ou escrito)
3 e 4	$\phi$ em dois contextos: i) liderança ii) matemática aplicada	- debate sobre as apresentações - identificação do capital cultural, teste online ou escrito
5 e 6	i) comentários das questões respondidas da aula 3 e 4 ii) orientação de leitura/escrita filosófica/fichamento	- leitura de trechos do texto "Galileu e Platão" (ANEXO 2), sobre Ciência Antiga e Moderna. Páginas 172 a 196
7 e 8	Introdução à $\phi$ da ciência, significado e questões cosmológicas e na vida.	- episódios do programa: "A poeira das estrelas"
9 e 10	O modelo ptolomaico, herdeiro de Aristóteles e os 4 elementos fundamentais.	Oficina de leitura: Criação Imperfeita, capítulo 6, O mito de Pitágoras (ANEXO 7).
11 e 12	Questões da aula: o conceito ptolomaico ainda é válido no nosso dia? A física aristotélica é válida hoje?	Leitura do capítulo 1 do livro "Imagens de natureza, imagens de ciências" (ANEXO 8)
13 e 14	Criação de conceito: o que é ciência hoje? (moderna). O que é o método científico e como identificá-lo?	Encontrar conceitos envolvendo o discutido em ciência/filosofia. Atividade em grupo.
15 e 16	Elaboração de uma dissertação filosófica sobre um dos conceitos expostos no curso	Avaliação diagnóstica (28 a 30 linhas)
17	Devolutiva da avaliação. Comentários sobre a avaliação.	Coleta dos comentários dados pelos alunos.
18	Recuperação	O aluno deverá dissertar sobre conteúdo filosófico em outra disciplina de ciência da natureza.

### 3.1 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS AULAS

**AULA 1 e 2** \_ Neste primeiro contato, o professor apresentará sucintamente sua trajetória até o ensino médio. O professor poderá compartilhar com a turma a dificuldade/facilidade em ler textos filosóficos e de compreender as questões demasiadas universais. Abordará os pontos positivos encontrados na escrita-leitura de textos filosóficos e na exposição por oralidade.

A tríade "leitura-escrita-oratória" é o núcleo do curso e da avaliação dos alunos. O sistema de avaliação escolhido é dividido em 2 partes. A primeira parte envolve 4 pontos, e será veiculada por meio de sua participação em sala de aula, sua disciplina/comportamento na sala de aula, seus questionamentos e suas atividades entregues em aulas específicas. Os outros 6 pontos envolvem uma dissertação, tida como avaliação final. Tanto na primeira como na segunda parte, a presença da leitura, escrita e oratória serão tencionadas e conectadas para aferir quanto do conteúdo foi de fato transmitido pela disciplina, isso será feito observando nas respostas dos alunos a compreensão destes conceitos e também as questões suscitadas com base no conteúdo apresentado. Por outro lado, a tríade funciona também para avaliar a maneira (não a quantidade, mas a efetividade do conteúdo) como o aluno se relacionou com os conteúdos apresentados e o significado que deles retirou, de maneira a produzir um equilíbrio da situação discente com a atividade docente.

O tema da cosmologia foi escolhido por sua presença dentro do currículo de física (disciplina) na 1ª Série do ensino médio (3º e 4º bimestre). Também está presente na parte de matemática conforme a tabela da página 6. Além disso, o tema é do interesse de alunos no ensino fundamental pois estes já possuem um contato muitas vezes anterior ao da 1ª série do ensino médio, alguns inclusive já visitaram um planetário durante o ensino fundamental. O tema dos planetas envolve-os e os deixa sensibilizados de maneira natural. Por isso, o assunto será retomado e apresentado interdisciplinarmente.

A primeira atividade será para os alunos escreverem em seus cadernos que estão cientes das regras e das recomendações sobre a disciplina, a avaliação, assim como da ação na elaboração de pesquisa sobre cada tema proposto em cada aula. A isto será dado o nome de contrato oral ou mesmo escrito. Ou seja, mesmo que estas aulas iniciais sejam sobretudo expositivas, uma vez que pretende-se apresentar um panorama e o currículo

da disciplina, em certo momento da aula, como apontado, haverá uma espécie de “contrato didático”, contrato este que abarca um acordo entre professor-aluno a respeito de condutas no interior da sala de aula. Podemos elencar, como exemplos do conteúdo do contrato: o uso indevido do aparelho celular, tendo em vista que esse aparelho será permitido em determinadas ocasiões, como naquelas relativas pesquisas concernentes ao conteúdo abordado; a pontualidade nas aulas; a frequência, entre outros.

**AULA 3 e 4** \_ No início desta aula, os alunos serão contemplados por duas apresentações de temas diferentes e atuais. Uma envolvendo liderança e a outra sobre matemática aplicada. Cada aluno no final das apresentações identificará quais são os temas, assuntos sugeridos e implícitos de filosofia. Essa atividade e as apresentações foram elaboradas pelo próprio professor visto que a liderança é algo que os alunos utilizam cotidianamente em sua vida profissional ou acadêmica e, por outro lado, a matemática aplicada é a técnica por trás de qualquer tecnologia. Isso é uma forma de introduzir a física pela matemática e a filosofia por temas profissionais. Por mais sutis que sejam as apresentações, elas emanam conteúdos de filosofia, afinal foram preparadas com este objetivo. No ANEXO 3, estão seis slides dessas apresentações. Poderemos também levantar uma questão inicial aos alunos: “o que é a matemática? Qual a relação da física e a matemática? Estas ciências possuem relação com a filosofia?”

O objetivo das apresentações será sensibilizar os alunos com a filosofia “prática” exercida nos contextos mais banais, seja de lógica de liderança para empresas ou de objetos do dia-a-dia ligados à tecnologia.

Sobre as duas atividades dessa aula, a primeira será expor algo que diz respeito ao conteúdo da apresentação feita pelo professor. Na forma de debate, o professor pode reforçar os questionamentos feitos pelos homens a partir do fascínio pela natureza, assim como as várias facetas de como lidar com as outras pessoas. Há filosofia para liderar pessoas? Em que a filosofia se relaciona com o puro convencimento?

A segunda, tarefa de casa, é responder uma série de testes onde envolve 15 questões para identificar o capital cultural dos alunos ou mesmo identificar sua agenda cultural, tal teste também pode ser visto como um modo de aproximação entre o universo do professor e aquele do aluno. As perguntas tem cunho didático em mensurar o que está presente no entendimento do aluno. Há uma preponderância no seu entendimento de

mitos, crenças, dados científicos ou religiosos? Essas perguntas foram elaboradas pelo professor de filosofia Marco Maluf em 22.02.2011 (professor de filosofia e coordenador pedagógico da E.E. Maria José), e está no site [www.filoatividades.blogspot.com.br](http://www.filoatividades.blogspot.com.br). Os alunos poderão acessar, responder e entregar entre 10 a 15 testes na próxima aula (será enfatizado para eles não pesquisarem as respostas, mas apenas responder diretamente o que lhes vem na cabeça de imediato). No ANEXO 4, estão descritas todas as perguntas, bem como o *lay-out* em que se encontram.

**AULA 5 e 6** \_ A aula iniciará com os comentários das respostas das questões da aula anterior. Feito isso, o professor apresentará os meios e métodos pelos quais torna-se possível realizar uma leitura filosófica, tudo a partir do nível de conhecimento prévio dos alunos. O professor, a partir de uma explicação básica e técnica de leitura de texto filosófico, propõe então que os alunos se organizem em grupos (durante o período de aula) e realizem uma divisão das partes do texto (ANEXO 2, “Galileu e Platão”, de Alexander Koyré), em seguida os alunos deverão apresentar a forma e os critérios desta divisão que orientará e guiará a respectiva leitura. Essa tarefa deverá ser entregue até o início da sexta aula, aula na qual serão apresentadas oralmente as divisões feitas por cada grupo e discutidas, em conjunto, as divisões de leitura de cada grupo. Essa atividade tem o intuito de apresentar a estrutura de um texto filosófico, a lógica do encadeamento dos parágrafos e sua compreensão por meio de fichamentos – método que incentiva a leitura, compreensão e escrita de textos filosóficos. Deste modo, pelo “fazer” busca-se ensinar maneiras e técnicas de ler um texto filosófico. Além disso, o texto servirá também, agora pelo seu conteúdo, para introduzir as questões de filosofia da ciência que serão abordadas ao longo do semestre.

Esta aula pode ser caracterizada em parte, como expositiva, uma vez que caberá ao professor apresentar a ligação entre o planeta Terra e os outros planetas. Ou seja, iniciará a ligação com as questões surgidas e levantadas pelo texto de Koyré como, por exemplo, a observação da natureza e as respostas dadas por filósofos. Poderemos também, ao fim da sexta aula, utilizar trechos do livro *Criação Imperfeita*, de Marcelo Gleiser. Este livro contém menções ao monoteísmo, à fórmula de tudo, à busca de um elemento criador de tudo (água, números, os 4 elementos). Utilizar-se-á material extra com o objetivo de sensibilizar por meio do modo como os 4 elementos respondem às questões da criação do mundo para os filósofos pré-socráticos. Como a física

aristotélica está presente em nossas observações do senso comum? Como a ciência (*episteme*) perfeitamente dedutiva, a compreensão segura, certa e imutável foi talhada na razão? Invocação dos teoremas clássicos de matemática: teorema de Pitágoras, Teorema de Thales (proporção, regra de três), sólidos de Platão (ANEXO EXTRA), *Almagesto* de Ptolomeu, etc.

**AULA 7 e 8** \_ Aula de sensibilização e introdução a filosofia da ciência. A partir do conteúdo das aulas anteriores, os alunos agora estão perto para entrar no devido tema do curso ou seja, uma imersão na filosofia da ciência, especificamente a questão cosmológica. Como a "ciência" dos gregos antigos responderam a questão da origem do universo? Quais eram as hipóteses metafísicas e quais eram as hipóteses aceitas pelo poder? A partir de um instrumento audiovisual que intercale a aula expositiva, o professor mostrará trechos do programa chamado "A poeira das estrelas", reunião de 2 a 4 capítulos de 15 minutos cada, sobre ciência e questões filosóficas, seguido de um debate entre os alunos. Essa atividade tem como objetivo despertar o interesse dos alunos através da utilização desse instrumento audiovisual e incentivá-los a relacionar a teoria apresentada nos textos filosóficos trabalhados com as informações e imagens evocadas no programa-documentário. Dessa forma, o debate pretende ser o espaço de efetivação do encadeamento intelectual e domínio do aluno sobre esses materiais, da capacidade dos alunos de se posicionarem na discussão, através de argumentos fundamentados no conteúdo do curso. Este vídeo está disponível gratuitamente no *youtube*, Os alunos poderão acessar o conteúdo dentro da sala de informática ou mesmo em suas casas

[<https://www.youtube.com/watch?v=3sk4rrmg0Wk>]. Outra sugestão é a série *Cosmos* (HBO). Ambos conduzem de forma rica de imagens, nomes e acontecimentos, as questões fundamentais para os homens formularem e reformularem a origem do universo. Temas abordados: o modelo aristotélico, a matematização feita por Cláudio Ptolomeu, os avanços dados por Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei e Issac Newton. Uma descrição desse programa está no link (acesso 19.05.2017):

<http://memoriaglobo.globo.com/programas/jornalismo/programas-jornalisticos/fantastico/poeira-das-estrelas.htm>

A justificativa psicológica é que "nas disciplinas sociais não há fatos puros, mas este se configuram segundo as teorias, as crenças e os valores que sustentam os fatos que os definem" (VALLS, 2004, p. 344).

**AULA 9 e 10** \_ Aula de problematização do modelo ptolomaico; a posição e a referência dos objetos e sua relação com o modelo utilizado até hoje pela astrologia. Será abordada também uma das máximas da física: "para um objeto estar em movimento, deve-se indicar seu ponto de referência". Ptolomeu e toda tradição estavam corretos ao propor como ponto de referência o planeta Terra? A Terra pode estar em repouso pois é a referência dela mesma? Para o professor deve ficar claro que a ciência clássica utilizou a matemática de forma a mostrar simplicidade e clareza, em considerar a Terra em movimento em relação ao Sol. Então, essa é a questão filosófica. A arbitrariedade relatada pelos cientistas é por causa de uma simplificação nos cálculos específicos, na beleza da simplificação e na sua clareza. Por que ninguém expõe assim? "A problematização do ponto de referência". No geocentrismo e no heliocentrismo as soluções são dadas de maneira dogmática. Exibição de gravuras do modelo ptolomaico, herdeiro do modelo Aristotélico. Ptolomeu acrescentou o movimento dos planetas chamado de epiciclos (ANEXO 5 e 6). Além das gravuras, será lido um texto sobre Tales de Mileto e a busca pela "fórmula de tudo" (ANEXO 7). A ferramenta psicológica da problematização nestas aulas, é justificada por VALLS, quando afirma "revisam-se os conteúdos tradicionais para dar uma visão mais representativa da realidade. Assim, incorporam-se outras mais atuais e próximas do aluno e se desvendam interpretações de fatos e fenômenos sociais que não estão de acordo com a versão oficial" (VALLS, 2004. p. 345)

**AULA 11 e 12** \_ Início da Investigação para (re)formular um conceito do modelo cosmológico. Quais observações levaram às conclusões próprias de Aristóteles, no chamado modelo físico-realista? Naquela época, apenas pelo observar, obtinha-se o conhecimento? O que era demonstrável? Utilizavam dedução? Leitura do capítulo do livro com inúmeras citações do mundo físico de Aristóteles. Seus benefícios e suas arbitrariedades. Este livro foi escolhido por apresentar uma síntese de um período (ANEXO 8). A investigação mostrará que "é na prática cotidiana da sala de aula, porém, que finalmente se materializa e se constrói o conteúdo de aprendizagem e onde toma forma a atividade do aluno para apropriar-se dele" (VALLS, 2004. p. 349)

**AULA 13 e 14** \_ Nestas 2 aulas, os alunos estarão trabalhando em grupo e levar-se-á



cada grupo a (re)formular um conceito de ciência na antiguidade, perante o observado e o estudado em sala de aula. O avaliação pode ser também responder a pergunta: “O que é a cosmologia hoje?” Os textos das aulas 11 e 12, apresentaram mais pistas do que é a ciência/cosmologia clássica. Será retomada essa leitura, e os alunos reunidos em grupos, pesquisarão sobre as abordagens e diferenças entre ciência e filosofia, bem como o nascimento da ciência moderna. Nestas aulas, deverá ficar claro que "a análise dos conhecimentos prévios contempla tanto o grau de organização, de relevância e de acessibilidade de tais conhecimentos em relação ao novo conteúdo de aprendizagem como a identificação da natureza de saberes de tipo declarativo, procedimental, estratégico e metacognitivo envolvidos nessa aprendizagem" (VALLS, 2004. p. 348).

**AULAS 15 e 16** \_ Avaliação diagnóstica. Elaboração em sala de aula da dissertação final sobre algum conceito discutido no curso. Nesta etapa do texto filosófico, embora alguns alunos não tenham participado muito de diálogos em aula, outros alunos podem se mostrar mais envolvidos do que aparentam, estando somente inibidos. Portanto, para conferir esse interesse dos alunos, haverá uma oportunidade de demonstrar tal envolvimento por meio da elaboração de um texto filosófico, no qual consistiria numa redação dissertativa de 28 a 30 linhas a respeito do pensamento de algum filósofo ou questão apresentada no curso. É através da avaliação que o processo formativo é explicitado de alguma forma e define-se, nesse sentido, a necessidade de recuperação da aprendizagem de determinado conteúdo retido. A redação é obrigatória para os alunos, muito embora não seja a única forma de avaliação, pois o professor pode permitir ao aluno desenvolver outra forma de postura ativa diante da disciplina. O critério de avaliação, dessa forma, é a capacidade do aluno de reter o conhecimento, processá-lo e utilizá-lo a partir de relações com outras situações reais. O professor irá escrever na lousa os vários tipos de temas apresentados e exibirá algumas gravuras para os alunos recordarem o discutido. A dissertação, no caso dessa disciplina específica e teórica que é a Filosofia, foi escolhida enquanto um dos critérios avaliativos por evocar em sua realização, a interpretação e ordenação de ideias, a argumentação, a capacidade de relacionar objetos e teorias.

**AULA 17 e 18** \_ Aula para devolutiva da dissertação. O professor utilizará o tempo para chamar cada aluno e divulgar suas notas. Cada aluno terá a oportunidade de reconhecer sua performance pessoalmente e também sugerir alguma atividade para os

próximos alunos que cursarem este curso.

Aula para os alunos de recuperação; elaborar uma dissertação utilizando conteúdo filosófico em outra disciplina de ciências da natureza (química, biologia, física e matemática). Analisar-se-á não propriamente o objeto a ser escolhido, mas como o sujeito se posiciona para tal fato dentro dessas disciplinas. Pois, "a questão não está em ler ou em escrever pelo mero fato de fazê-lo, mas em que os dois processos sirvam à elaboração pessoal e conjunta de significados culturais" (VALLS, 2004. p. 353).

#### 4. CONCLUSÃO

Baseamo-nos para a noção de planejamento de aula, sobretudo no texto "Didática e Docência" (FARIAS, 2009). O planejamento dessa forma, é um ato, é uma atividade que projeta, organiza e sistematiza o fazer docente, no que refere-se aos fins, meios, forma e conteúdo e, ao mesmo tempo é uma ação reflexiva viva e constante, uma vez que depende de inúmeras questões - questões que partem desde o Projeto Pedagógico da escola em que o plano de aula será aplicado, até a resposta, positiva ou negativa, dos alunos em relação a determinada metodologia – e que portanto, deve ser permeada pela flexibilidade, no que diz respeito à avaliação e replanejamento do curso. Isso se justifica pois "o mais importante não é a proposta de conteúdo em si mesma, mas sua influência na atividade conjunta de professores e alunos, na sala de aula e as consequências da relação desses três elementos para o desenvolvimento de um ou de outro tipo de capacidades pessoais" (VALLS, 2004. p.354).

A elaboração consciente, ambiciosa, rica em pesquisa e dentro de um contexto curricular oficial, é uma tarefa árdua, empolgante e necessária. Necessária porque assim o aluno conectará e relacionará que grande parte do conteúdo do ensino médio pode ser relatado de forma inédita e estimulante. Empolgante pois a mensagem que o professor possui e seu conhecimento aprofundado entre os assuntos, o faz exportar sensações diversas, diferentes da tradição das aulas autoritárias, por transmissão aos gritos e inibidoras ao extremo. Árduo porque um recorte entre filosofia e física, dão margem a inúmeras combinações e o professor deve ser objetivo, didático, flexível e "planificado". Esses componentes basilares dessa disciplina podem transmutar, autocorrigir-se ao longo do bimestre para atingir uma meta maior ao invés de restringir-se ao medíocre.

Essa mesma mutação de conteúdo, de acordo com a especialização do professor é possível em outras disciplinas. Desta forma, o planejamento aqui esboçado, inicia-se como apontado anteriormente, no diagnóstico da realidade sobre a qual esse curso será aplicado, sobre onde ele irá intervir e agir. Depois desses dados iniciais, resultado do questionário respondido pelos alunos nas primeiras aulas, se tem um ponto de partida a qual o professor adquire a possibilidade de estruturar a ação pretendida, definindo os elementos do processo de ensino, os conteúdos e as temáticas a serem exploradas a partir do nível de conhecimento prévio dos alunos (FARIAS, 2009. p.115). Ou seja, trata-se da “*descrição das etapas do ato de organizar a ação didática do professor – diagnóstico, planejamento, execução, avaliação e replanejamento*” (FARIAS, 2009. p.116).

Em linhas gerais, o pensar possibilidades constrói um projeto de superação de práticas individuais e formais de planejamento, e visa a construção de experiências coletivas e interdisciplinares.

Concluindo, este manifesto na forma de planejamento, busca uma convocação dos professores de unirem a filosofia com as disciplinas das ciências da natureza de forma a produzir maior interesse do ensino público na elaboração de pesquisas científicas. Apesar de estar clara a falácia da busca de uma fórmula que engloba tudo, desde a felicidade até as equações para prever o clima daqui a 50 anos, ainda possuímos essa imagem imanente dentro de nós que visa a felicidade suprema e a solução de todos nossos problemas. Será então que mantemos uma chama dessa fórmula de tudo, para então tudo resolver? Será que prever doenças, saber todos os nutrientes dos alimentos e saber previamente as reações das mais diversas pessoas com quem trabalhamos é uma manifestação da busca da teoria de tudo? Da equação de tudo? Ou mesmo saber com perfeita clareza o que o atual governo de certos países querem ao enunciar medidas contra o consenso keynesiano do *welfare state*, visto pela escalada neo-conservadora como política criadora de uma população acostumada com o cômodo e ao fácil? Afinal, mesmo para o saber positivo a dúvida aparece como o momento primordial e necessário: alguém começa uma pesquisa relevante com outra coisa que não seja uma pergunta bem formulada?

## **5. BIBLIOGRAFIA**

Durante as aulas, o professor sugerirá o livro didático de Sílvio Gallo. Este livro apresenta alguns tópicos reunindo ciência e filosofia, além dos temas da técnica. O livro didático é "Filosofia, experiência do pensamento". Mas este livro não será totalmente utilizado, o que abre a questão de outras possibilidades. Por exemplo, o livro paradidático de Marcelo Gleiser "Criação Imperfeita", é um livro com histórias pontuais e ao mesmo tempo relatos desse estudioso sobre física e filosofia. Os livros de Abrantes, Koyré e Rossi são para consulta, pois o professor irá "sempre" levá-los e lê-los nas aulas. Podem ser adquiridos em sebos, mas não serão exigidos para todos os alunos. Para a escola, o professor sugerirá adquirir para a sua biblioteca um dicionário de filosofia, no qual pode ser a obra de Abbagnano. Esta obra condensada possui muitos conceitos de filosofia e história na sua forma geral.

### **5.1 BIBLIOGRAFIA PARA ALUNOS**

GALLO, Sílvio. Filosofia, experiência do pensamento. São Paulo: Ed. Scipione, 2014.

GLEISER, Marcelo. Criação Imperfeita, cosmo, vida e o código oculto da natureza. Rio de Janeiro: Record, 2013.

### **5.2 BIBLIOGRAFIA PARA PROFESSORES**

GALLO, Sílvio. Manual do Professor. in Filosofia, experiência do pensamento. São Paulo: Editora Scipione, 2014.

ABRANTES, Paulo César Coelho. Imagens de natureza, imagens de ciência. Campinas: Papyrus, 1998.

ABBAGNANO, Nicola. Dicionário de Filosofia. tradução Ivone Benedetti. São Paulo: WWF Martins Fontes, 2012.

KOYRÉ, Alexandre. Estudos de História do Pensamento Científico. tradução Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Forense, 2011. pp. 165-196.

ROSSI, Paolo. O nascimento da ciência moderna na Europa. tradução de Antônio Angonese. Bauru: EDUSC, 2001.

VALLS, Teresa; *in* Desenvolvimento psicológicos e educação. 2. Porto Alegre: Artmed, 2004. pp. 342 a 354.

PNLD FILOSOFIA, Guia de livros didáticos. Brasília: Ministério da Educação, 2014.

CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO: Ciências humanas e suas tecnologias. Secretaria da Educação: São Paulo, 2011.

CADERNO DO PROFESSOR DE FILOSOFIA. Secretaria da Educação: São Paulo, 2014-2017.

AZANHA, J. M. P. Uma reflexão sobre a didática. in Educação alguns escritos. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1987. pp. 70-77.

BURTT, Edwin A.. As bases metafísicas da ciência moderna. Brasília: Ed. UNB, 1991.

COHEN, I. O nascimento de uma nova física: de Copérnico a Newton. S P: Eduart, 1967.

FARIAS, Isabel et al. O planejamento da prática docente. \_\_\_\_ Didática e docência: aprendendo a profissão. Brasília: Liber Livros, 2009. pp.107-136.

MARTINS, Pura. As formas e práticas de interação entre professores e alunos. in VEIGA, I. Lições de didática. Campinas: Papirus, 2006. pp. 75-100.

RIVAL, Michel. Os grandes experimentos científicos. tradução Lucy Magalhães. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

ROCHA, Ronai Pires. Ensino de Filosofia e Currículo. Petrópolis: Vozes, 2008. p.180.

TERRA, Ricardo. Não se pode aprender filosofia, pode-se apenas aprender a filosofar. in Revista Discurso, n. 40, 2010. pp. 9 - 38. Disponível: [<http://www.revistas.usp.br/discurso/issue/view/5454>] Acesso: [19.05.2017].

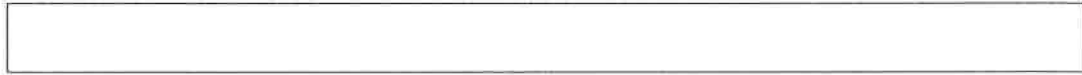
BOLZANI, Roberto. Sobre filosofia e filosofar. Revista Discurso, n. 35, 2005. pp. 29 - 57. Disponível: [<http://www.revistas.usp.br/discurso/issue/view/5164>] Acesso: 19.05

### **5.3 SITES PARA CONSULTA DOS DOCENTES E ALUNOS**

BEZERRA, Walter, A. Filosofia e História da Ciência Moderna. Disponível: [<https://sites.google.com/site/filosofiadacienciausp/home/fhcm>] Acesso: 19.05.2017.

GLEISER, Marcelo. Poeira das estrelas. Disponível: [<https://www.youtube.com/watch?v=3sk4rrmg0Wk>] Acesso: 19.05.2017.

DUKE, Dennis. Ancient Planetary Animations. Sistema ptolomaico com orbes.  
Disponível: [<http://people.sc.fsu.edu/~dduke/ptolemy.html>] &  
[<http://people.sc.fsu.edu/~dduke/venus.html>] Acesso: 19.05.2017.



## ANEXO 1

CURRÍCULO de Filosofia, Física e Filosofia. Caderno do Aluno do Estado de São Paulo, 2014-2017.

### FILOSOFIA

	1ª série	2ª série	3ª série
Volume 1	<p><b>Descobririndo a Filosofia</b></p> <p>Por que estudar Filosofia?</p> <p>As áreas da Filosofia.</p> <p>A Filosofia e outras formas de conhecimento: Mito, Religião, Arte, Ciência.</p>	<p><b>Ética e o utilitarismo ético</b></p> <p>Introdução à ética.</p> <p>O eu racional.</p> <p>Autonomia e liberdade.</p> <p>Introdução à Teoria do Indivíduo: John Locke, Jeremy Bentham e Stuart Mill.</p> <p>Tornar-se indivíduo: Paul Ricoeur e Michel Foucault.</p> <p>Condutas massificadas.</p> <p>Alienação moral.</p>	<p><b>Para que Filosofia?</b></p> <p>O que é Filosofia?</p> <p>Superação de preconceitos em relação à Filosofia e definição e importância para a cidadania</p> <p>O homem como ser de natureza e de linguagem</p> <p>Características do discurso filosófico.</p> <p>Comparação com o discurso religioso.</p> <p>O homem como ser político.</p> <p>A desigualdade entre os homens como desafio da política</p>
Volume 2	<p><b>Filosofia Política</b></p> <p>Introdução à Filosofia Política.</p> <p>Teoria do Estado: Socialismo, Anarquismo e Liberalismo.</p> <p>Democracia e cidadania: origens, conceitos e dilemas.</p> <p>Desigualdade social e ideologia.</p> <p>Democracia e justiça social.</p> <p>Os Direitos Humanos.</p> <p>Participação política.</p>	<p><b>Filosofia Política e Ética</b></p> <p>Filosofia Política e Ética: humilhação, velhice e racismo.</p> <p>Homens e mulheres.</p> <p>Filosofia e educação</p> <p>Desafios éticos contemporâneos: a Ciência e a condição humana.</p> <p>Introdução à Bioética.</p>	<p><b>O discurso filosófico</b></p> <p>Características do discurso filosófico.</p> <p>Comparação com o discurso científico</p> <p>Três concepções de liberdade: Liberalismo, Determinismo e Dialética</p> <p>Comparação com o discurso da literatura.</p> <p>Valores contemporâneos que cercam o tema da felicidade e das dimensões pessoais da felicidade.</p>

## FÍSICA

	1ª série	2ª série	3ª série
Volume 1	<p><b>MOVIMENTOS: GRANDEZAS, VARIAÇÕES E CONSERVAÇÕES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa</li> <li>- Quantidade de movimento linear, variação e conservação</li> <li>- Leis de Newton</li> <li>- Trabalho e energia mecânica</li> <li>- Equilíbrio estático e dinâmico</li> </ul>	<p><b>CALOR, AMBIENTE E USOS DE ENERGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fenomenologia: calor, temperatura e fontes</li> <li>- Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria</li> <li>- Aquecimento e clima</li> <li>- Calor como energia</li> <li>- Máquinas térmicas</li> <li>- Entropia e degradação de energia</li> </ul>	<p><b>EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos elétricos</li> <li>- Campos e forças eletromagnéticas</li> <li>- Motores e geradores</li> <li>- Produção e consumo de energia elétrica</li> </ul>
Volume 2	<p><b>UNIVERSO, TERRA E VIDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Universo: elementos que o compõem</li> <li>- Interação gravitacional</li> <li>- Sistema Solar</li> <li>- Origem do universo e compreensão humana</li> </ul>	<p><b>SOM, IMAGEM E COMUNICAÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Som: fonte, características físicas e usos</li> <li>- Luz: fontes e características físicas</li> <li>- Luz e cor</li> <li>- Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas</li> </ul>	<p><b>MATÉRIA E RADIAÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matéria, suas propriedades e organização</li> <li>- Átomo: emissão e absorção da radiação</li> <li>- Fenômenos nucleares</li> <li>- Partículas elementares</li> <li>- Microeletrônica e informática</li> </ul>



# MATEMÁTICA

	1ª série	2ª série	3ª série
Volume 1	<p><b>NÚMEROS E SEQUÊNCIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conjuntos numéricos.</li> <li>Regularidades numéricas: sequências.</li> <li>Progressões aritméticas, progressões geométricas; ocorrências em diferentes contextos; noções de Matemática financeira.</li> </ul> <p><b>FUNÇÕES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Relação entre duas grandezas.</li> <li>Proporcionalidades: direta, inversa, direta com o quadrado.</li> <li>Função de 1ª grau, função de 2ª grau; significado e ocorrência em diferentes contextos.</li> </ul>	<p><b>TRIGONOMETRIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Arcos e ângulos; graus e radianos.</li> <li>Circunferência trigonométrica: seno, cosseno, tangente.</li> <li>Funções trigonométricas e fenômenos periódicos.</li> <li>Equações e inequações trigonométricas.</li> <li>Adição de arcos.</li> </ul> <p><b>MATRIZES, DETERMINANTES E SISTEMAS LINEARES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matrizes: significado como tabelas, características e operações.</li> <li>A noção de determinante de uma matriz quadrada.</li> <li>Resolução e discussão de sistemas lineares: escalonamento.</li> </ul>	<p><b>GEOMETRIA ANALÍTICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pontos: distância, ponto médio e alinhamento de três pontos.</li> <li>Reta: equação e estudo dos coeficientes, retas paralelas e perpendiculares, distância de ponto à reta; problemas lineares.</li> <li>Circunferências e cônicas: propriedades, equações, aplicações em diferentes contextos.</li> </ul> <p><b>EQUAÇÕES ALGÉBRICAS, POLINÔMIOS, NÚMEROS COMPLEXOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equações polinomiais: história, das fórmulas à análise qualitativa.</li> <li>Relações entre coeficientes e raízes de uma equação polinomial.</li> <li>Polinômios: identidade, divisão por <math>x - k</math> e redução no grau de uma equação.</li> <li>Números complexos: significado geométrico das operações.</li> </ul>
	Volume 2	<p><b>FUNÇÕES EXPONENCIAL E LOGARÍTMICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crescimento exponencial.</li> <li>Função exponencial: equações e inequações.</li> <li>Logaritmos: definição, propriedades, significado em diferentes contextos.</li> <li>Função logarítmica: equações e inequações simples.</li> </ul> <p><b>GEOMETRIA-TRIGONOMETRIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Razões trigonométricas nos triângulos retângulos.</li> <li>Polígonos regulares: inscrição, circunscrição; pavimentação de superfícies.</li> <li>Resolução de triângulos não retângulos: Lei dos Senos e Lei dos Cossenos</li> </ul>	<p><b>ANÁLISE COMBINATÓRIA E PROBABILIDADE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raciocínio combinatório: princípios multiplicativo e aditivo.</li> <li>Probabilidade simples.</li> <li>Arranjos, combinações e permutações.</li> <li>Probabilidades; probabilidade condicional.</li> <li>Triângulo de Pascal e Binômio de Newton.</li> </ul> <p><b>GEOMETRIA MÉTRICA ESPACIAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organização do conhecimento geométrico: conceitos primitivos, definições, postulados, teoremas.</li> <li>Prismas e cilindros: propriedades, relações métricas.</li> <li>Pirâmides e cones: propriedades, relações métricas.</li> <li>A esfera e suas partes; relações métricas; a esfera terrestre.</li> </ul>

## **ANEXO 2**

KOYRÉ, Alexandre. Estudos de História do Pensamento Científico. tradução Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Forense, 2011. pp. 165 a 196.

## Coleção Campo Teórico

Dirigida por Manoel Barros da Motta  
e Severino Bezerra Cabral Filho

Da mesma coleção:

*Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*

Alexandre Koyré

*Estudos de História do Pensamento Científico*

Alexandre Koyré

*Estudos de História do Pensamento Filosófico*

Alexandre Koyré

*O Normal e o Patológico*

Georges Canguilhem

*O Nascimento da Clínica*

Michel Foucault

*A Arqueologia do Saber*

Michel Foucault

*Da Psicose Paranoica em suas Relações com a Personalidade*

Jacques Lacan

*Teoria e Clínica da Psicose*

Antonio Quinet

*Michel Foucault – Uma Trajetória Filosófica*

Paul Rabinow e Hubert Dreyfus

*Raymond Rousset*

Michel Foucault

*Alexandre Koyré*

# Estudos de História do Pensamento Científico

3ª edição

Tradução e Revisão Técnica de:  
MÁRCIO RAMALHO



Rio de Janeiro

## GALILEU E PLATÃO<sup>1</sup>

O nome de Galileu está indissolúvelmente ligado à revolução científica do século XVI, uma das mais profundas, senão a mais profunda revolução do pensamento humano desde a descoberta do Cosmo pelo pensamento grego, revolução que implica uma radical “mutação” intelectual, da qual a ciência física moderna é, ao mesmo tempo, o fruto e a expressão.<sup>2</sup>

Por vezes, essa revolução é caracterizada e, ao mesmo tempo, explicada por uma espécie de revolta espiritual, por uma transformação completa de toda a atitude fundamental do espírito humano. A vida ativa, *vita activa*, tomando o lugar da *theoria, vita contemplativa*, que até então tinha sido considerada como sua forma mais elevada. O homem moderno procura dominar a natureza, enquanto o homem medieval ou antigo se esforça, principalmente, por contemplá-la. Portanto, deve explicar-se por esse desejo de dominar e de atuar a tendência mecanicista da física clássica – a física de Galileu, de Descartes, de Hobbes, *scientia activa, operativa*, que devia tornar o homem “senhor e dono da natureza”. Deve-se considerá-la como resultante tão somente dessa atitude, como aplicação à natureza das categorias de pensamento do *homo faber*.<sup>3</sup> A ciência de Descartes

- 1 Tradução feita pela Sra. Georgette P. Vignaux do artigo Galileo and Plato, publicado no *Journal of the History of Ideas* (v. IV, n. 4, p. 400-428, outubro de 1943).
- 2 Cf. RANDALL JR., J. H. *The Making of the Modern Mind*. Boston, 1926. p. 220 e segs., 231 e segs.; cf. também WHITEHEAD, A. N. *Science and the Modern World*. New York, 1925.
- 3 É preciso não confundir essa concepção largamente difundida com a de Bergson, para quem toda a física, tanto a aristotélica quanto a newtoniana, é, em última análise, a obra do *homo faber*.

– *a fortiori* a de Galileu – nada mais é (como se tem dito) do que a ciência do artesão ou do engenheiro.<sup>4</sup>

Devo confessar que essa explicação não me parece inteiramente satisfatória. É verdade, bem entendido, que a filosofia moderna, tanto quanto a ética e a religião modernas, dá ênfase à ação, à *praxis*, muito mais do que o faziam o pensamento antigo e o medieval. Isso é tão verdadeiro quanto o que se refere à ciência moderna: penso na física cartesiana, em suas comparações com polias, cordas e alavancas. Entretanto, a atitude que acabamos de descrever é mais a de Bacon – cujo papel na história das ciências não é da mesma ordem<sup>5</sup> – do que a de Galileu ou de Descartes. A ciência destes não é o produto de engenheiros ou de artesãos, mas de homens cuja obra raramente ultrapassou o domínio da teoria.<sup>6</sup> A nova balística foi elaborada, não por fabricantes de munição ou artilheiros, mas “contra eles”. E Galileu não aprendeu *seu* ofício com os homens que labutavam nos arsenais e estaleiros de Veneza. Muito pelo contrário: ele lhes ensinou o ofício *deles*.<sup>7</sup> Além disso, essa teoria explica dema-

4 Cf. LABERTHONNIÈRE, L. *Études sur Descartes*. Paris, 1935. p. 288 e segs., 297, 304, II: “Physique de l’exploitation des choses”.

5 Bacon é o arauto, o *buccinator* da ciência moderna, mas não um de seus criadores.

6 A ciência de Descartes e de Galileu foi, bem entendido, extremamente importante para o engenheiro e o técnico. Afinal, ela provocou uma revolução técnica. Entretanto, não foi criada e desenvolvida nem por engenheiros, nem por técnicos, mas por teóricos e filósofos.

7 “Descartes artesão” é a concepção do cartesianismo que foi desenvolvida por Leroy em seu *Descartes social*. Paris, 1931, e que foi levada até o absurdo por F. Borkenau em seu livro *Der Übergang vom feudalen zum bürgerlichen Weltbild*. Paris, 1934. Borkenau explica o nascimento da filosofia e da ciência cartesianas pelo aparecimento de uma nova forma de empresa econômica, isto é, a manufatura. Cf. a crítica do livro de Borkenau, crítica muito mais interessante e instrutiva do que o próprio livro, por GROSSMAN, H. *Die gesellschaftlichen Grundlagen der mechanistischen Philosophie und die Manufaktur*. *Zeitschrift für Sozialforschung*. Paris, 1935.

Quanto a Galileu, é ligado às tradições dos artesões, construtores, engenheiros etc. da Renascença por OLSCHKI, L. *Galileu und seine Zeit*, 1927, e mais recentemente por ZILSEL, E. The sociological roots of science. *The American Journal of Sociology*, XLVII, 1942. Zisel sublinha o papel desempenhado pelos “artesões qualificados” da Renascença no desenvolvimento da mentalidade científica moderna. Bem entendido, é verdade que os artistas, engenheiros,

siadamente pouco. Explica o prodigioso desenvolvimento da ciência do século XVII pelo desenvolvimento da tecnologia. Porém, este foi infinitamente menos impressionante do que aquele. Ademais, ela despreza os sucessos técnicos da Idade Média. Esquece o apetite de poder e de riqueza que inspirou a alquimia em todo o decurso de sua história.

Outros eruditos têm insistido na luta de Galileu contra a autoridade e contra a tradição, em particular a de Aristóteles, contra a tradição científica e filosófica que a Igreja mantinha e ensinava nas universidades. Têm sublinhado o papel da observação e da experiência na nova ciência da natureza.<sup>8</sup> É verdade que a observação e a experimentação constituem um dos traços mais característicos da ciência moderna. É certo que, nos escritos de Galileu, encontramos inúmeros apelos à observação e à experiência e uma amarga ironia em relação a homens que não acreditavam no testemunho de seus olhos, porque o que viam era contrário ao ensinamento das autoridades ou, pior ainda, que não queriam (como Cremonini) olhar através do telescópio de Galileu por medo de ver alguma coisa que contradísse suas teorias e crenças tradicionais. Ora, foi precisamente construindo um telescópio e utilizando-o, observando cuidadosamente a Lua e os planetas, descobrindo os satélites de Júpiter, que Galileu desferiu um golpe mortal na astronomia e na cosmologia de sua época.

arquitetos etc. da Renascença desempenharam um papel importante na luta contra a tradição aristotélica, e que alguns deles – como Leonardo da Vinci e Benedetti – procuraram até desenvolver uma dinâmica nova, antiaristotélica. Porém, como Duhem demonstrou de maneira concludente, essa dinâmica era, em suas linhas principais, a dos nominalistas parisienses, a dinâmica do *impetus* de João Buridano e de Nicolau de Oresme. E se Benedetti, de longe o mais notável daqueles “precursores” de Galileu, transcende às vezes o nível da dinâmica “parisiense”, não foi em razão de seu trabalho como engenheiro e artilheiro, mas porque ele estudou Arquimedes e decidiu aplicar “a filosofia matemática” à investigação da natureza.

8 Muito recentemente, um crítico me reprovou amigavelmente por haver desprezado esse aspecto do ensinamento de Galileu (cf. OLSCHKI, L. *The Scientific Personality of Galileo*. *Bulletin of the History of Medicine*, XII, 1942). Devo confessar que acredito não merecer essa reprovação, embora creia profundamente que a ciência é essencialmente teoria, e não uma coleção de “fatos”.

Todavia, não se deve esquecer que a observação ou a experiência, no sentido da experiência espontânea do senso comum, não desempenhou um papel maior – ou, se o fez, tratou-se de um papel negativo, o papel de um obstáculo – na fundação da ciência moderna.<sup>9</sup> A física de Aristóteles e, mais ainda, a dos nominalistas parisienses, de Buridano e de Oresme, segundo Tannery e Duhem, era muito mais próxima da experiência do senso comum do que a de Galileu e a de Descartes.<sup>10</sup> Não foi a “experiência”, mas a “experimentação”, que desempenhou – mais tarde, somente – um papel positivo considerável. A experimentação consiste em interrogar metodicamente a natureza. Essa interrogação pressupõe e implica uma *linguagem* na qual se formulam as perguntas, como um dicionário nos permite ler e interpretar as respostas. Como sabemos, para Galileu, era através de curvas, círculos e triângulos, em linguagem matemática ou, mais precisamente, em *linguagem geométrica* – não na linguagem do senso comum ou através de puros símbolos –, que nos devemos dirigir à natureza e dela receber respostas. A escolha da linguagem e a decisão de empregá-la não podiam, evidentemente, ser determinadas pela experiência que o próprio uso dessa linguagem devia tornar possível. Era preciso que essa escolha e essa decisão tivessem origem em outras fontes.

9 MEYERSON, E. *Identité et réalité*. 3. ed. Paris, 1926. p. 156, mostra, de modo muito convincente, a falta de concordância entre “a experiência” e os princípios da física moderna.

10 DUHEM, P. *Le Système du monde*. Paris, 1913. I, p. 194 e segs.: “Com efeito, essa dinâmica parece adaptar-se tão felizmente às observações correntes que não poderia deixar de impor-se, inicialmente, à aceitação dos primeiros que especularam sobre as forças e os movimentos... Para que os físicos venham a rejeitar a dinâmica de Aristóteles e a construir a dinâmica moderna, ser-lhes-á preciso compreender que os fatos de que são testemunhas diárias não são, absolutamente, fatos simples, elementares, aos quais as leis fundamentais da dinâmica devam imediatamente aplicar-se; que a marcha do navio puxado pelos rebocadores, que o rolamento sobre uma estrada da viatura atrelada devem ser vistos como movimentos de extrema complexidade; numa palavra, que, para o princípio da ciência do movimento, se deve, por abstração, considerar um móvel que, sob a ação de uma única força, se move no vácuo. Ora, a partir de sua dinâmica, Aristóteles chega a concluir que tal movimento é impossível.”

Outros historiadores da ciência e da filosofia<sup>11</sup> procuraram, mais modestamente, caracterizar a física moderna, enquanto *física*, por alguns de seus traços marcantes como, por exemplo, o papel que nela desempenha o princípio da inércia. Aqui, novamente, é exato que o princípio da inércia ocupa um lugar de relevo na mecânica clássica, em contraste com a mecânica da Antiguidade. É a lei fundamental do movimento. O princípio reina implicitamente na física de Galileu, explicitamente na de Descartes e de Newton. Mas limitar-se a essa característica me parece um tanto superficial. A meu ver, não basta simplesmente estabelecer o fato. Devemos compreendê-lo e explicá-lo, explicar por que a física *moderna* foi capaz de adotar esse princípio; compreender por que e como o princípio da inércia, que nos parece tão simples, tão claro, tão plausível e até evidente, adquiriu esse *status* de evidência e de verdade *a priori*, enquanto, para os gregos, tanto quanto para os pensadores da Idade Média, a ideia de que um corpo, uma vez em movimento, continuasse a se mover para sempre parecia evidentemente falsa e até absurda.<sup>12</sup>

Não tentarei, aqui, explicar as razões e as causas que provocaram a revolução espiritual no século XVI. Para nossas finalidades, basta descrevê-la, caracterizar a atitude mental ou intelectual da ciência moderna através de dois traços que se completam um ao outro. São eles: 1º) a destruição do Cosmo e, conseqüentemente, o desaparecimento, na ciência, de todas as considerações baseadas nessa noção;<sup>13</sup> 2º) a geometrização do espaço, isto é, a substituição, pelo espaço homogêneo e abstrato da geometria euclidiana, da concepção de um espaço cósmico qualitativamente diferenciado e concreto, o espaço da física pré-galileana. Podem-se resumir e exprimir essas duas características da seguinte maneira: a matematização (geometrização) da natureza e, por conseguinte, a matematização (geometrização) da ciência.

11 LASSWITZ, Kurd. *Geschichte der Atomistik*. Hamburgo e Leipzig, 1890. II, p. 23 e segs.; MACH, E. Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes. *Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft*, vs. XIV e XV, 1883 e 1884, e CASSIRER, E. *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, 2. ed. Berlim, 1911. I, p. 394 e segs.

12 Cf. MEYERSON, E. Op. cit. p. 124 e segs.

13 O termo permanece, bem entendido, e Newton sempre fala do Cosmo e de sua ordem (como fala de *impetus*), mas num sentido inteiramente novo.

A dissolução do Cosmo significa a destruição de uma ideia, a ideia de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado, de um mundo qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico. Essa ideia é substituída pela ideia 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. Doravante, as leis do Céu e as leis da Terra se fundem. A astronomia e a física tornam-se interdependentes, unificadas e unidas.<sup>14</sup> Isso implica o desaparecimento, da perspectiva científica, de todas as considerações baseadas no valor, na perfeição, na harmonia, na significação e no desígnio.<sup>15</sup> Tais considerações desaparecem no espaço infinito do novo Universo. É nesse novo Universo, nesse novo mundo, onde uma geometria se faz realidade, que as leis da física clássica encontram valor e aplicação.

A dissolução do Cosmo, repito, me parece a revolução mais profunda realizada ou sofrida pelo espírito humano desde a invenção do Cosmo pelos gregos. É uma revolução tão profunda, de consequências tão remotas, que, durante séculos, os homens – com raras exceções, entre as quais Pascal – não lhe apreenderam o alcance e o sentido. Ainda agora, ela é muitas vezes subestimada e mal compreendida.

O que os fundadores da ciência moderna, entre os quais Galileu, tinham de fazer não era criticar e combater certas teorias erradas, para corrigi-las ou substituí-las por outras melhores. Tinham de fazer algo inteiramente diverso. Tinham de destruir um mundo e substituí-lo por outro. Tinham de reformar a estrutura de nossa

14 Como procurei demonstrar em sua obra (*Études galiléennes*, III, *Galilée et la loi d'inertie*. Paris, 1940), a ciência moderna resulta dessa unificação da astronomia e da física, o que lhe permite aplicar os métodos da pesquisa matemática, até então utilizados no estudo dos fenômenos celestes, ao estudo dos fenômenos do mundo sublunar.

15 Cf. BRÉHIER, E. *Histoire de la philosophie*. Paris, t. II, fasc. I, 1929, p. 95: "Descartes liberta a física da obsessão pelo Cosmo helênico, isto é, da imagem de certo estado privilegiado das coisas que satisfaz nossas necessidades estéticas. Não há estado privilegiado, pois todos os estados são equivalentes. Portanto, na física não há lugar para a pesquisa das causas finais e a consideração do melhor."

própria inteligência, reformular novamente e rever seus conceitos, encarar o Ser de uma nova maneira, elaborar um novo conceito do conhecimento, um novo conceito da ciência, e até substituir um ponto de vista bastante natural – o do senso comum – por um outro que, absolutamente, não o é.<sup>16</sup>

Isso explica por que a descoberta de coisas e de leis, que hoje parecem tão simples e tão fáceis que são ensinadas às crianças – leis do movimento, lei da queda dos corpos –, exigiu um esforço tão prolongado, tão árduo, muitas vezes vão, de alguns dos maiores gênios da humanidade, como Galileu e Descartes.<sup>17</sup> Por sua vez, esse fato me parece refutar as modernas tentativas de minimizar e até de negar a originalidade do pensamento de Galileu, ou, pelo menos, seu caráter revolucionário. Esse fato também torna patente que a aparente continuidade no desenvolvimento da física, da Idade Média aos Tempos Modernos (continuidade que foi tão energeticamente enfatizada por Caverni e Duhem), é ilusória.<sup>18</sup> Seguramente, é ver-

16 Cf. TANNERY, P. *Galilée et les principes de la dynamique. Mémoires scientifiques*. Paris, 1926. v. VI, p. 399. "Se, para julgar o sistema dinâmico de Aristóteles, faz-se abstração dos preconceitos que derivam de nossa educação moderna, se se procura colocar-se no estado de espírito que podia ter um pensador independente no começo do século XVII, é difícil desconhecer que esse sistema está muito mais próximo do que o nosso da observação imediata dos fatos."

17 Cf. meu *Études galiléennes*, II, *La loi de la chute des corps*. Paris, 1940.

18 Cf. CAVERNI. *Storia del metodo sperimentale in Italia*. Florença, 1891-1896, 5 v., em particular os volumes IV e V. DUHEM, P. *Le Mouvement absolu et le mouvement relatif*. Paris, 1905; *De l'accélération produite par une force constante. Congrès international de l'Histoire des Sciences*. Genebra, III sessão, 1906; *Études sur Léonard de Vinci: Ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*. Paris, 1909-1913, 3 v., em particular o v. III: *Les précurseurs parisiens de Galilée*. Muito recentemente, a tese da continuidade foi sustentada por J. H. Randall Jr., em seu brilhante artigo: *Scientific method in the school of Padua. Journal of the History of Ideas*, I, 1940; Randall mostra, de modo convincente, a elaboração progressiva do método de "resolução e composição" no ensinamento dos grandes lógicos da Renascença. Entretanto, o próprio Randall declara que "faltou um elemento no método formulado por Zabarella: ele não exigiu que os princípios da ciência natural fossem matemáticos" (p. 204), e que o *Tractatus de paedia*, de Cremonini, ressoa como advertência solene aos matemáticos que triunfaram sobre a grande tradição aristotélica do empirismo racional" (*ibidem*). Ora, "essa insistência no papel das matemáticas que se

dade que uma tradição ininterrupta se faz presente desde as obras dos nominalistas parisienses até às de Benedetti, Bruno, Galileu e Descartes (eu mesmo acrescentei um elo à história dessa tradição).<sup>19</sup> Porém, a conclusão que Duhem extrai daí é enganosa: uma revolução bem preparada não deixa de ser uma revolução e, a despeito do fato de que o próprio Galileu, em sua mocidade (como, por vezes, ocorreu com Descartes), tenha partilhado das opiniões e ensinado as teorias dos críticos medievais de Aristóteles, a ciência moderna, a ciência nascida de seus esforços e de suas descobertas *não segue* a inspiração dos “precursores parisienses de Galileu”. Ela se coloca imediatamente num nível totalmente diverso, num nível que eu gostaria de chamar de arquimediano. O verdadeiro precursor da física moderna não é nem Buridano, nem Oresme, nem mesmo Filão, mas Arquimedes.<sup>20</sup>

A história do pensamento científico da Idade Média e da Renascença, que começamos a conhecer um pouco melhor,<sup>21</sup> pode ser dividida em dois períodos. Ou melhor: como a ordem cronológica não corresponde senão muito grosseiramente a essa divisão, poderiam distinguir-se, *grosso modo*, na história do pensamento científico, três etapas ou épocas que correspondem, por sua vez, a três tipos diferentes de pensamento: inicialmente, a física aristotélica; a seguir, a física do *impetus*, extraída, como tudo o mais, do pensamento grego, e elaborada no decurso do século XIV pelos nominalistas parisienses;

---

acrescentou à metodologia lógica de Zabarella” (p. 205) constitui precisamente, a meu ver, o conteúdo da revolução científica do século XVII e, na opinião da época, a linha divisória entre os partidários de Platão e os de Aristóteles.

19 Cf. *Études galiléennes*. I: *A l'aube de la science classique*. Paris, 1940.

20 O século XVI, pelo menos em sua segunda metade, é o período em que se conheceu, se estudou e pouco a pouco se compreendeu Arquimedes.

21 Devemos essa consciência principalmente aos trabalhos de P. Duhem (às obras acima citadas devem-se acrescentar: *Les origines de la statique*. Paris, 1905, 2 v., e *Le Système du monde*. Paris, 1913-1917, 5 v.) e aos de Lynn Thorndike, cf. sua monumental *History of magic and experimental science*. New York, 1923-1941, 6 v. Cf. também, DIJKSTERHUIS, F. J. *Wal em'worp*. Groningen, 1924.

finalmente, a física moderna, matemática, do tipo da de Arquimedes ou de Galileu.

Essas etapas são encontradas na obra do jovem Galileu. Elas não nos informam somente sobre a história – ou a pré-história – de seu pensamento, sobre os móveis e os motivos que o dominaram ou inspiraram, mas nos oferecem, ao mesmo tempo, reunido e, por assim dizer, esclarecido pela admirável inteligência de seu autor, um quadro impressionante e profundamente instrutivo de toda a história da física pré-galileana. Retracemos brevemente essa história, começando pela física de Aristóteles.

A física de Aristóteles, bem entendido, é falsa e completamente caduca. Não obstante, é uma “física”, isto é, uma ciência altamente elaborada, embora não o seja matematicamente.<sup>22</sup> Não se trata de imaginação pueril, nem de grosseiro enunciado logomáquico de senso comum, mas de uma teoria, ou seja, uma doutrina que, partindo naturalmente dos dados do senso comum, os submete a um tratamento extremamente coerente e sistemático.<sup>23</sup>

Os fatos ou dados que servem de fundamento a essa elaboração teórica são muito simples e, na prática, nós os admitimos exatamente como o fazia Aristóteles. Todos nós achamos sempre “natural” ver um corpo pesado cair “para baixo”. Exatamente como Aristóteles ou Santo Tomás, ficaríamos profundamente surpresos se vissemos um corpo grave – uma pedra ou um boi – elevar-se livremente no ar. Isso nos pareceria bastante “contra a natureza”, e procuraríamos explicá-lo por algum mecanismo oculto.

Do mesmo modo, achamos sempre “natural” ver a chama de um fósforo dirigir-se “para cima” e colocar nossas panelas “sobre” o fogo. Ficaríamos surpresos e buscaríamos uma explicação se, por exemplo, vissemos a chama voltar-se “para baixo”. Qualificaremos essa concepção ou, antes, essa atitude, de pueril ou simplista? Talvez. Podemos até assinalar que, segundo o próprio Aristóteles, a

---

22 A física aristotélica é essencialmente não matemática. Apresentá-la, como o faz Duhem (*De l'accélération produite par une force constante*. p. 859), como simplesmente baseada em outra fórmula matemática que não a nossa, constitui um erro.

23 Muitas vezes o historiador moderno do pensamento científico não aprecia devidamente o caráter sistemático da física aristotélica.



ciência começa precisamente quando se procura explicar as coisas que parecem naturais. Entretanto, quando a termodinâmica enuncia, como princípio, que o “calor” passa de um corpo quente para um corpo frio, mas não de um corpo frio para um corpo quente, não está ela simplesmente traduzindo a intuição do senso comum de que um corpo “quente” se torna “naturalmente” frio, mas de que um corpo frio não se torna “naturalmente” quente? E, até quando declaramos que o centro de gravidade de um sistema tende a adquirir a posição mais baixa e não se eleva sozinho, não estamos simplesmente traduzindo uma intuição do senso comum, aquela mesma que a física aristotélica exprime ao distinguir o movimento “natural” do movimento “violento”?<sup>24</sup>

Ademais, a física aristotélica, tanto quanto a termodinâmica, não se satisfaz em simplesmente exprimir na sua linguagem, o “fato” de senso comum que acabamos de mencionar. Ela o transpõe. A distinção entre movimentos “naturais” e movimentos “violentos” se situa numa concepção de conjunto da realidade física, concepção cujos traços principais parecem ser: a) a crença na existência de “naturezas” qualitativamente definidas; e b) a crença na existência de um Cosmo – em suma, a crença na existência de princípios de ordem em virtude dos quais o conjunto dos seres reais forma um todo hierarquicamente ordenado.

Um todo, ordem cósmica, harmonia: tais conceitos implicam que, no Universo, as coisas são (ou devem ser) distribuídas e dispostas numa certa ordem determinada; que sua localização não é indiferente, nem para elas, nem para o Universo; que, pelo contrário, qualquer coisa tem, segundo sua natureza, um “lugar” determinado no Universo, em certo sentido, o seu lugar próprio.<sup>25</sup> Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar: o conceito de “lugar natural” exprime essa exigência teórica da física aristotélica.

A concepção de “lugar natural” é baseada numa concepção puramente estática da ordem. Com efeito, se cada coisa estivesse “em ordem”, cada coisa estaria em seu lugar natural e, bem entendido,

24 Cf. MACH, E. *Die Mechanik*. p. 124 e segs.

25 É somente em “seu” lugar que um ser atinge sua realização e se torna verdadeiramente ele próprio. Eis por que ele tende a dirigir-se a esse lugar.

ali ficaria e permaneceria para sempre. Por que deveria sair dali? Pelo contrário, ofereceria uma resistência a todo esforço no sentido de afastá-la. Não se poderia expulsá-la dali senão mediante algum tipo de *violência*, e se, em consequência de tal *violência*, o corpo se pusesse fora de “seu” lugar, procuraria voltar a ele.

Assim, todo movimento implica alguma espécie de desordem cósmica, uma perturbação no equilíbrio do universo, pois ele é ou o efeito direto da *violência* ou, pelo contrário, o efeito do esforço do Ser no sentido de compensar essa *violência*, para recuperar sua ordem e seu equilíbrio perdidos e perturbados, para colocar as coisas em seus lugares naturais, lugares onde deviam ficar e permanecer. É esse retorno à ordem que constitui, precisamente, o que chamamos de movimento “natural”.<sup>26</sup>

Perturbar o equilíbrio, voltar à ordem. Está perfeitamente claro que a ordem constitui um estado sólido e durável, que tende a perpetuar-se indefinidamente. Portanto, não há necessidade de explicar o estado de repouso, pelo menos o estado de um corpo em repouso no seu lugar natural e próprio. É sua própria natureza que o explica, que explica, por exemplo, que a Terra esteja em repouso no centro do mundo. Do mesmo modo, é evidente que o movimento é necessariamente um estado transitório: um movimento natural cessa naturalmente quando atinge seu objetivo. Quanto ao movimento violento, Aristóteles é otimista demais para admitir que esse estado anormal possa durar. Além disso, o movimento violento é uma desordem que engendra desordem, e admitir que ele pudesse durar indefinidamente significaria, de fato, o abandono da própria ideia de um Cosmo bem ordenado. Portanto, Aristóteles mantém a crença tranquilizadora em que nada do que é *contra naturam possit esse perpetuum*.<sup>27</sup>

Assim, como acabamos de dizer, o movimento, na física aristotélica, é um estado essencialmente transitório. Entretanto, tomado ao pé da letra, esse enunciado seria incorreto e até duplamente incorreto. O fato é que o movimento, embora seja, para *cada um dos*

26 As concepções de “lugares naturais” e de “movimentos naturais” implicam a concepção de um Universo finito.

27 ARISTÓTELES, *Física*, VIII, 8, 215b.

*corpos movidos* ou, pelo menos para os do mundo sublunar, para os objetos móveis de nossa experiência, um estado necessariamente transitório e efêmero, para o conjunto do mundo, porém, é um fenômeno necessariamente eterno e, por conseguinte, eternamente necessário<sup>28</sup> – um fenômeno que não podemos explicar sem descobrir sua origem e sua causa na estrutura, tanto física como metafísica, do Cosmo. Tal análise mostraria que a estrutura ontológica do Ser material o impede de atingir o estado de perfeição que implica a noção de repouso absoluto e nos permitiria ver a causa física derradeira dos movimentos temporários, efêmeros e variáveis dos corpos sublunares no movimento contínuo, uniforme e perpétuo das esferas celestes.<sup>29</sup> Por outro lado, o movimento não é, a bem dizer, um *estado*; é um processo, um fluxo, um *vir a ser*, no qual e pelo qual as coisas se constituem, se atualizam e se realizam.<sup>30</sup> É perfeitamente verdadeiro que o Ser é o termo do “vir a ser”, e o repouso, o fim do movimento. Porém, o repouso imutável de um ser plenamente atualizado é algo inteiramente diferente da imobilidade pesada e impotente de um ser incapaz de mover-se por si mesmo. O primeiro é algo de positivo, “perfeição e *actus*”; a segunda é apenas uma “privação”. Por conseguinte, o movimento – *processus*, *vir a ser*, mudança – se acha colocado, do ponto de vista ontológico, entre os dois. É o ser de tudo que muda, de tudo aquilo cujo ser é alteração e modificação e que não é senão mudando e modificando-se. A célebre definição aristotélica do movimento – *actus entis in potentia in quantum est in potentia* –, que Descartes considerará perfeitamente ininteligível –, exprime admiravelmente o fato: o movimento é o ser – ou o *actus* – de tudo o que não é Deus.

Assim, mover-se é mudar, *aliter et aliter se habere*, mudar em si mesmo e em relação aos outros. Por um lado, isso implica um termo de referência em relação ao qual a coisa movida muda seu ser ou

28 O movimento só pode resultar de um movimento anterior. Por conseguinte, todo movimento efetivo implica uma série infinita de movimentos precedentes.

29 Num Universo finito, o único movimento uniforme que pode persistir indefinidamente é o movimento circular.

30 RIEZLER, Kurt. *Physics and Reality*. New Haven, 1940.

sua relação; o que implica – se examinamos o movimento local<sup>31</sup> – a existência de um ponto fixo em relação ao qual a coisa movida se move, um ponto fixo imutável que, evidentemente, só pode ser o centro do Universo. Por outro lado, o fato de que cada mudança, cada processo, precisa de uma causa para se explicar, implica o fato de que cada movimento precisa de um motor para produzi-lo, motor que o mantém em movimento por tanto tempo quanto dura o movimento. Com efeito, o movimento não se mantém, como ocorre com o repouso. O repouso – estado de privação – não precisa da ação de uma causa qualquer para explicar sua persistência. O movimento, a mudança, qualquer processo contínuo de atualização ou de deterioração, e até de atualização ou de deterioração, não pode prescindir de tal ação. Retirada a causa, cessa o movimento. *Cessante causa cessat effectus*.<sup>32</sup>

No caso do movimento “natural”, essa causa ou esse motor é a própria natureza do corpo, sua “forma”, que busca reconduzi-lo a seu lugar e, assim, mantém o movimento. *Vice-versa*, o movimento que é *contra naturam* exige, durante toda a sua duração, a ação *contínua* de um motor externo ligado ao corpo movido. Retirado o motor, o movimento cessa. Desligado o motor do corpo movido, o movimento também cessa. Aristóteles, como bem o sabemos, não admite a ação a distância.<sup>33</sup> Segundo ele, cada transmissão de movimento implica um contato. Portanto, só há dois tipos de tal transmissão: a pressão e a tração. Para fazer com que um corpo se mexa, é preciso empurrá-lo ou puxá-lo. Não existem outros meios.

Assim, a física aristotélica forma uma admirável teoria, perfeitamente coerente, a qual, para dizer a verdade, só apresenta um defeito (além de ser falsa): o defeito de ser desmentida pela prática quotidiana do lançamento. Mas um teórico que merece esse nome não

31 O movimento local – deslocamento – não é senão uma espécie, embora particularmente importante, de “movimento” (*kinesis*), movimento no domínio do espaço, em contraste com a alteração, movimento no domínio da qualidade, e a geração e a corrupção, movimento no domínio do ser.

32 Aristóteles tem toda razão. Nenhum processo de mudança ou de “vir a ser” pode prescindir de sua causa. Se o movimento, na física moderna, persiste por si mesmo, é porque ele não é mais que um processo.

33 O corpo *tende* a seu lugar natural, mas não é *atraído* por esse lugar.

se deixa perturbar por uma objeção levantada pelo senso comum. Se encontra um “fato” que não se enquadra em sua teoria, nega-lhe a existência. Se não pode negá-la, ele a explica. É na explicação desse fato cotidiano, o lançamento, movimento que continua a despeito da ausência de um “motor”, fato aparentemente incompatível com sua teoria, que Aristóteles nos dá a medida de seu gênio. Sua resposta consiste em explicar o movimento, aparentemente sem motor, do projétil, pela reação do meio ambiente, ar ou água.<sup>34</sup> A teoria é um golpe de gênio. Infelizmente, além de falsa, é absolutamente impossível do ponto de vista do senso comum. Portanto, não é surpreendente que a crítica da dinâmica aristotélica volte sempre à mesma *quaestio disputata: a quo moveantur projecta?*

## II

Já voltaremos a essa *quaestio*, mas primeiro devemos examinar outro detalhe da dinâmica aristotélica: a negação do vácuo e do movimento no vácuo. Com efeito, nessa dinâmica um vácuo não permite ao movimento produzir-se mais facilmente; pelo contrário, torna-o completamente impossível, por razões muito profundas.

Já dissemos que, na dinâmica aristotélica, cada corpo é concebido como dotado de uma tendência a achar-se no seu lugar natural e a ele voltar se dele é afastado pela violência. Essa tendência explica o movimento natural de um corpo, movimento que o leva a seu lugar natural pelo caminho mais curto e mais rápido. Segue-se que todo movimento natural se faz em linha reta e que cada corpo se dirige a seu lugar natural tão rapidamente quanto possível, isto é, tão rapidamente quanto o meio, que resiste a seu movimento e a ele se opõe, permite-lhe fazê-lo. Se nada houvesse para detê-lo, se o meio ambiente não opusesse qualquer resistência ao movimento que o anima (este seria o caso do vácuo), o corpo se dirigiria a “seu” lugar com uma velocidade infinita.<sup>35</sup> Mas tal movimento seria instantâneo, o que – a justo título – parece absolutamente impossível a Aristóteles. A conclusão é evidente: um movimento (natural) não se pode

34 Cf. ARISTÓTELES. *Física*, IV, 8, 215a; VIII, 10, 267a; *De coelo*, III, 2, 301b. MEYERSON, E. *Identité et réalité*. p. 84.

35 Cf. ARISTÓTELES. *Física*, VII, 5, 249b, 250a; *De coelo*, III, 2, 301e.

produzir no vácuo. Quanto ao movimento violento, como, por exemplo, o do lançamento, um movimento no vácuo equivaleria a um movimento sem motor. É evidente que o vácuo não é um meio físico e não pode receber, transmitir e manter um movimento. Ademais, no vácuo (como no espaço da geometria euclidiana) não há lugares privilegiados ou direções. No vácuo, não há, e não pode haver, lugares “naturais”. Por conseguinte, um corpo colocado no vácuo não saberia aonde ir, não teria nenhuma razão para se dirigir em uma direção mais que em outra e, portanto, absolutamente nenhuma razão para mover-se. Vice-versa, uma vez posto em movimento, não teria por que parar aqui ou ali e, portanto, absolutamente nenhuma razão para parar.<sup>36</sup> As duas hipóteses são completamente absurdas.

Ainda uma vez, Aristóteles tem perfeita razão. Um espaço vazio (o da geometria) destrói inteiramente a concepção de uma ordem cósmica: num espaço vazio, não só não existem lugares naturais;<sup>37</sup> não existem *lugares* de espécie alguma. A ideia de um vazio não é compatível com a compreensão do movimento como mudança e como processo – talvez até com a do movimento concreto de corpos concretos “reais”, perceptíveis (quero referir-me aos corpos de nossa experiência cotidiana). O vácuo é um contrassenso;<sup>38</sup> colocar as coisas em tal contrassenso é absurdo.<sup>39</sup> Só os corpos geométricos podem ser “colocados” num espaço geométrico.

O físico examina coisas reais; o geômetra examina razões em função de abstrações. Por conseguinte, sustenta Aristóteles, nada poderia ser mais perigoso do que misturar geometria e física, e aplicar um método e um raciocínio puramente geométricos ao estudo da realidade física.

## III

Já assinalei que a dinâmica aristotélica, a despeito – ou talvez por causa – de sua perfeição teórica, apresentava um grave incon-

36 Cf. ARISTÓTELES. *Física*, IV, 8, 214b, 215b.

37 Se se preferir, poderá dizer-se que, no vácuo, todos os lugares são os lugares naturais de toda espécie de corpos.

38 Kant chamava o espaço vazio de *Ünding*.

39 Sabemos que esta era a opinião de Descartes e de Spinoza.

veniente: o de não ser, absolutamente, plausível, o de ser completamente incrível e inaceitável para o simples bom-senso, o de estar, evidentemente, em contradição com a experiência mais comum. Portanto, nada há de espantoso no fato de que ela jamais tenha gozado de um reconhecimento universal e de que os críticos e os adversários da dinâmica de Aristóteles sempre lhe tenham oposto essa observação do bom-senso de que o movimento prossegue separado do motor que lhe dá origem. Os exemplos clássicos de tal movimento – rotação persistente da roda, voo da flecha, lançamento de uma pedra – sempre foram invocados contra ela, desde Hiparco e Filão, passando por João Buridano e Nicolau de Oresme, até Leonardo da Vinci, Benedetti e Galileu.<sup>40</sup>

Não pretendo analisar aqui os argumentos tradicionais que, desde Filão,<sup>41</sup> foram repetidos pelos partidários de sua dinâmica. *Grosso modo*, eles podem ser classificados em dois grupos: a) Os primeiros argumentos são de ordem material e sublinham o quanto é improvável a suposição segundo a qual um corpo grande e pesado – bala de canhão, mó que gira, flecha que voa contra o vento – pode ser movido pela reação do ar. b) Os outros são de ordem formal e assinalam o caráter contraditório da atribuição ao ar de um duplo

40 Para a história da crítica medieval de Aristóteles, cf. as obras acima citadas (nota n. 17), e JANSEN, B.; OLIVI. Der älteste scholastische Vertreter des heutigen Bewegungsbegriffes. *Philosophisches Jahrbuch* (1920); MICHALSKI, K. La Physique nouvelle et les différents courants philosophiques au XIV siècle. *Bulletin international de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres*. Cracóvia, 1927; MOSER, S. *Grundbegriffe der Naturphilosophie bei Wilhelm von Occam* (Innsbruck, 1932); BORCHERT, E. *Die Lehre von der Bewegung bei Nicolaus Oresme* (Münster, 1934); MARCOLONGO, R. La Meccanica di Leonardo da Vinci. *Atti della Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, XIX (Nápoles, 1933).

41 Sobre Filão, que parece ter sido o verdadeiro inventor da teoria do *impetus*, cf. WOHLWILL, E. Ein Vorgänger Galileis im VI. Jahrhundert. *Physicalische Zeitschrift*, VII (1906), e DUHEM, P. *Le Système du monde*, I: A Física, de Filão, não tendo sido traduzida para o latim, permaneceu inacessível aos escolásticos, que só tinham à sua disposição o breve resumo feito por Simplicius. Mas foi bem conhecida dos árabes, e a tradição árabe parece ter influenciado, diretamente e pela tradução de Avicena, a escola "parisiense" a um ponto até aqui insuspeitado. Cf. o importantíssimo artigo de PINÈS, S. Études sur Awhad al-Zaman Abu'l Barakat al-Baghdahi. *Revue des études juives* (1938).

papel, o de resistência e o de motor, bem como o caráter ilusório de toda a teoria: ela não faz senão deslocar o problema, do corpo para o ar, e se acha, por isso, obrigada a atribuir ao ar o que ele recusa a outros corpos, a capacidade de manter um movimento separado de sua causa externa. Se assim é, pergunta-se, por que não supor que o motor transmite ao corpo movido, ou lhe imprime, alguma coisa que o torna capaz de mover-se – algo chamado *dynamis*, *virtus motiva*, *virtus impressa*, *impetus*, *impetus impressus*, às vezes *forza* ou mesmo *motio*, que é sempre representado como alguma espécie de potência ou de força que passa do motor ao móvel e continua, então, o movimento, ou melhor, produz o movimento como sua causa?

É evidente, como o próprio Duhem reconheceu, que voltamos ao bom-senso. Os partidários da física do *impetus* pensam em termos de experiência quotidiana. Não é certo que precisamos fazer um *esforço*, empregar e despender força para mover um corpo, como, por exemplo, para empurrar um carro, lançar uma pedra ou entesar um arco? Não é claro que é essa força que move o corpo ou, antes, que o faz mover-se? – que é a força que o corpo recebe do motor que o torna capaz de vencer uma resistência (como a do ar) e de opor-se a obstáculos?

Os partidários medievais da dinâmica do *impetus* discutem longamente, e sem sucesso, sobre o *status* ontológico do *impetus*. Tentam incluí-lo na classificação aristotélica, interpretá-lo como uma espécie de *forma* ou uma espécie de *habitus*, ou como uma espécie de qualidade tal como o calor (Hiparco e Galileu). Essas discussões apenas mostram a natureza confusa e imaginativa da teoria que é um produto direto ou, se se pode dizer, uma condensação do senso comum.

Como tal, ela ajusta, melhor ainda do que o ponto de vista aristotélico, aos "fatos" – reais ou imaginários – que constituem o fundamento experimental da dinâmica medieval, em particular como o "fato" bem conhecido de que todo projétil começa por aumentar sua velocidade e adquire o máximo de rapidez algum tempo depois de se ter separado do motor.<sup>42</sup> Todos sabem que, para saltar um obstáculo,

42 É interessante notar que essa crença absurda, que Aristóteles compartilhou e transmitiu (*De coelo*, II, 6), era tão profundamente enraizada e tão univer-

é preciso “tomar impulso”; que um carro que se empurra ou se puxa parte lentamente e ganha velocidade pouco a pouco; também ele toma impulso e adquire sua força viva; da mesma forma que cada qual – até uma criança que lança uma bola – sabe que, para golpear o objetivo com força, é preciso colocar-se a uma certa distância, não perto demais, a fim de fazer com que a bola tome velocidade. A física do *impetus* não tem dificuldade em explicar esse fenômeno. Do seu ponto de vista, é perfeitamente natural que o *impetus* precise de algum tempo para “apoderar-se” do móvel, exatamente como o calor, por exemplo, precisa de tempo para difundir-se num corpo.

salmente aceita que o próprio Descartes não ousou negá-la abertamente e, como fez muitas vezes, preferiu explicá-la. Em 1630, ele escreve a Mersenne (A.-T., I, p. 110): “Também gostaria de saber se nunca experimentastes se uma pedra lançada com uma funda, ou a bala de um mosquete, ou um projétil de balestra se deslocam mais rapidamente e têm mais força no meio de seu movimento do que no começo e se fazem mais efeito. Pois essa é a crença do vulgo, com a qual, porém, minhas razões não estão de acordo; e acho que as coisas que são acionadas e que não se movem por si mesmas devem ter mais força no começo do que imediatamente depois”. Em 1632 (A.-T., I, p. 259) e, ainda uma vez, em 1640 (A.-T., II, p. 37 e segs.), ele explica a seu amigo o que é verdadeiro nessa crença: “*In motu projectorum*, não creio, absolutamente, que o projétil se desloque menos rapidamente no começo do que no fim, a contar desde o primeiro momento em que cessa de ser acionado pela mão ou pela máquina; mas creio que um mosquete, estando afastado apenas de um pé e meio de uma muralha, não fará tanto efeito quanto se estivesse afastado de 15 ou 20 passos, porque a bala, saindo do mosquete, não pode tão facilmente expulsar o ar que se acha entre ele e essa muralha e, assim, deve deslocar-se menos rapidamente do que se essa muralha estiver menos próxima. Todavia, cabe à experiência determinar se essa diferença é sensível e duvido muito de todas aquelas que não foram feitas por mim mesmo.” Contrariamente, o amigo de Descartes, Beeckman, nega peremptoriamente a possibilidade de uma aceleração do projétil e escreve (*Beeckman à Mersenne*, 30 de abril de 1630, cf. *Correspondance du P. Mersenne*. Paris, 1936. II, p. 457): “*Funditores verè ac pueri omnes qui existimant remotiora fortius ferire quàm eadem propinquiora, certò certius falluntur*”. Entretanto, ele admite que deve haver algo de verdadeiro nessa crença e tenta explicá-lo: “*Non dixeram plenitudinem nimiam aeris impedire effectum tormentarii globi, sed pulverem pyrium extra bombardam jam existentem forsitan adhuc rarefieri, ideoque fieri posse ut globus tormentarius extra bombardam nova vi (simili tandem) propulsus velocitate aliquamdiu cresceret*”.

A concepção do movimento que sustenta e apoia a física do *impetus* é completamente diferente da concepção da teoria aristotélica. O movimento não é mais interpretado como um processo de atualização. Entretanto, continua a ser uma mudança e, como tal, é preciso que se explique pela ação de uma força ou de uma causa determinada. O *impetus* é precisamente essa causa imanente que produz o movimento, o qual é, *converso modo*, o efeito produzido por ela. Assim, o *impetus impressus* produz o movimento; *move* o corpo. Mas, ao mesmo tempo, desempenha outro papel muito importante: sobrepuja a resistência que o meio opõe ao movimento.

Tendo em vista o caráter confuso e ambíguo da concepção do *impetus*, é bastante natural que seus dois aspectos e funções tenham de fundir-se, e que certos partidários da dinâmica do *impetus* devam chegar à conclusão de que, pelo menos em certos casos particulares, como o movimento circular das esferas celestes ou, mais geralmente, o rolamento de um corpo circular sobre uma superfície plana, ou, mais geralmente ainda, em todos os casos em que não há resistência externa ao movimento, como num *vacuum*, o *impetus* não se enfraquece, mas permanece “imortal”. Esse modo de ver parece bastante próximo da lei da inércia e, portanto, é particularmente interessante e importante notar que o próprio Galileu, que em seu *De motu* nos faz uma das melhores exposições da dinâmica do *impetus*, nega decididamente a validade de tal suposição e afirma vigorosamente a natureza essencialmente perecível do *impetus*.

Evidentemente, Galileu tem toda a razão. Se se compreende o movimento como o efeito do *impetus*, considerado como sua causa – uma causa imanente, mas não interna, como uma “natureza” –, é impensável e absurdo não admitir que a causa ou força que o produz deva necessariamente ser despendida e finalmente esgotada nessa produção. Ela não pode permanecer a mesma em dois momentos consecutivos. Por conseguinte, o movimento por ela produzido deve necessariamente desacelerar-se e extinguir-se.<sup>43</sup> Assim, o jovem Galileu nos dá uma lição muito importante. Ele nos ensina que a física do *impetus*, embora compatível com o movimento num *vacuum*, é, como a de Aristóteles, *incompatível* com o princípio da inércia. Não

43 Cf. GALILEI, Galileu. *De motu, opere*. Edizione Nazionale. I, p. 314 e segs.

é a única lição que Galileu nos dá a respeito da física do *impetus*. A segunda é pelo menos tão precisa quanto a primeira. Mostra que, como a de Aristóteles, a dinâmica do *impetus* é incompatível com um método matemático. Ela não conduz a parte alguma. Trata-se de uma via sem saída.

A física do *impetus* fez muito pouco progresso durante os mil anos que separam Filão de Benedetti. Mas nos trabalhos deste último, e de modo mais claro, mais coerente e mais consciente nos do jovem Galileu, encontramos um resolutivo esforço para aplicar a essa física os princípios da “filosofia matemática”,<sup>44</sup> sob a evidente e inegável influência de “Arquimedes, o sobre-humano”.<sup>45</sup>

Nada é mais instrutivo do que o estudo dessa tentativa – ou, mais exatamente, dessas tentativas – e de seu fracasso. Elas nos mostram que é impossível matematizar, isto é, transformar em conceito exato, matemático, a grosseira, vaga e confusa teoria do *impetus*. Foi preciso abandonar essa concepção para edificar uma física matemática na perspectiva da estática de Arquimedes.<sup>46</sup> Foi preciso formar e desenvolver um conceito novo e original do movimento. É esse novo conceito que devemos a Galileu.

#### IV

Conhecemos tão bem os princípios e os conceitos da mecânica moderna – ou, antes, estamos tão acostumados com eles –, que nos é quase impossível vislumbrar as dificuldades que foi preciso vencer para estabelecê-los. Tais princípios nos parecem tão simples, tão naturais, que não notamos os paradoxos que implicam. Entretanto, o simples fato de que os maiores e mais poderosos espíritos da humanidade – Galileu, Descartes – tiveram de lutar para fazer desses princípios os seus próprios princípios basta para nos mostrar que essas noções claras e simples – a noção de movimento ou a noção de es-

44 BENEDETTI, Giambattista. *Diversarum speculationum mathematicarum liber*. Taurini, 1585. p. 168.

45 GALILEI, Galileu. *De motu*. p. 300.

46 A persistência da terminologia – a palavra *impetus* é empregada por Galileu e seus alunos e até por Newton – não nos deve impedir de constatar o desaparecimento da ideia.

paço – não são tão claras e simples quanto parecem. Ou então, elas são claras e simples apenas de um certo ponto de vista, unicamente como parte de certo conjunto de conceitos e axiomas, fora do qual não mais são simples. Ou então, talvez, elas sejam claras e simples demais, tão claras e simples que, como todas as primeiras noções, são muito difíceis de assimilar.

O movimento, o espaço... Tentemos esquecer, por um momento, tudo o que aprendemos na escola. Tentemos figurar o que eles significam em mecânica. Procuremos colocar-nos na situação de um contemporâneo de Galileu, de um homem acostumado com os conceitos da física aristotélica que *ele* aprendeu em *sua* escola e que, pela primeira vez, se defronta com o conceito moderno de movimento. Que é isto? De fato, algo de muito estranho. Algo que não afeta de modo algum o corpo que dela é dotado: estar em movimento ou estar em repouso não faz diferença para o corpo em movimento ou em repouso, não lhe traz nenhuma alteração. O corpo, como tal, é totalmente indiferente a um e a outro.<sup>47</sup> Por conseguinte, não podemos atribuir o movimento a um determinado corpo considerado em si mesmo. Um corpo não está em movimento senão em relação a algum outro corpo que supomos em repouso. Todo movimento é relativo. Portanto, podemos atribuí-lo a um ou outro dos dois corpos, *ad libitum*.<sup>48</sup>

Assim, o movimento parece ser uma relação. Mas, ao mesmo tempo, é um *estado*, exatamente como o repouso é outro *estado*, inteira e absolutamente oposto ao primeiro. Além disso, eles são, um e outro, *estados persistentes*.<sup>49</sup> A famosa primeira lei do movimento, a lei da inércia, nos ensina que um corpo abandonado a si mesmo persiste eternamente em seu estado de movimento ou de repouso

47 Na física aristotélica, o movimento é um processo de mudança e sempre afeta o corpo em movimento.

48 Um dado corpo pode, portanto, ser dotado de qualquer número de movimentos diferentes que não interferem uns com os outros. Na física aristotélica, tanto quanto na do *impetus*, cada movimento interfere com cada um dos outros e às vezes até os impede de produzir-se.

49 Assim, o movimento e o repouso são colocados no mesmo nível ontológico; a persistência do *movimento* se torna, portanto, tão evidente por si mesma, sem que seja preciso explicá-la, quanto o havia sido a persistência do *repouso*.

desta feita como professor, ele podia ter aprendido com seu amigo e colega, Jacopo Mazzoni, autor de um livro sobre Platão e Aristóteles, que “nenhuma outra questão deu lugar a mais nobres e mais belas especulações... dão que a de saber se o uso das matemáticas na física, como instrumento de prova e meio de demonstração, é oportuno ou não: em outras palavras: se nos é vantajoso ou, contrariamente, perigoso e prejudicial”. “É bem sabido”, diz Mazzoni, “que Platão acreditava que as matemáticas são particularmente apropriadas às pesquisas da física, pois que ele próprio recorreu a elas em diversas ocasiões para explicar os mistérios físicos. Mas Aristóteles sustentava um ponto de vista totalmente diferente e explicava os erros de Platão pelo seu demasiado apego às matemáticas.”<sup>54</sup>

*Haec nostri addunt. Omnem scientiam ex propriis effici: propria vero sunt necessaria quae alicui (?) quatenus ipsum et per se insunt. Atqui talia principia mathematicae non habent... Nullum causae genus accipit... propterea quod omnes causae definiuntur per motum: efficiens enim est principium motus, finis cuius gratia motus est, forma et materia sunt naturae; et motus igitur principia sint necesse est. At vero mathematica sunt immobilia. Et nullum igitur ibi causae genus existit”; ibidem, lib. I, p. 54: “Mathematicae cum ex notis nobis et natura simul efficiant id quod cupiunt, sed caeteris demonstrationis perspicuitate praeponuntur, nam vis rerum quas ipsae tractant non est admodum nobilis; quippe quod sunt accidentia, id est habeant rationem substantiae quatenus subiicitur et determinatur quanto; eaque considerentur longe secus atque in natura existant. Attamen non-nullarum rerum ingenium tale esse comperimus ut ad certam materiam sese non applicant, neque motum consequantur, quia tamen in natura quicquid est, cum motu existit; opus est abstractione cuius beneficio quantum motu non comprehenso in eo munere contemplamur; et cum talis sit earum natura nihil absurdi exoritur. Quod item confirmatur, quod mens in omni habitu verum dicit; atqui verum est ex eo, quod, res ita est. Huc accedit quod Aristoteles distinguit scientias non ex ratione notionum sed entium”.*

54 MAZZONI, Jacobi. Caesenatis. In: Almo Gymnasio Pisano Aristotelem ordinarie Platonem vero extra ordinem profitentis, *In Universam Platonis et Aristotelis Philosophiam Praeludia, sive de comparatione Platonis et Aristotelis*. Venetiis, 1597. p. 187 e segs. *Disputatur utrum usus mathematicarum in Physica utilitatem vel detrimentum afferat, et in hoc Platonis et Aristotelis comparatio. “Non est enim inter Platonem et Aristotelem quaestio, seu differentia, quae tot pulchris, et nobilissimis speculationibus scatet, ut cum ista, ne in minima quidem parte comparari possit. Est autem differentia, utrum usus mathematicarum in scientia Physica tanquam ratio probandi et medius terminus demons-*

Vê-se que, para a consciência científica e filosófica da época – Buonamici e Mazzoni não fazem mais do que exprimir a *communis opinio* –, a oposição ou, antes, a linha divisória entre o aristotélico e o platônico é perfeitamente clara. Se alguém reivindica para as matemáticas uma posição superior, se lhes atribui um real valor e uma posição decisiva na física, trata-se de um platônico. Pelo contrário, se alguém vê nas matemáticas uma ciência abstrata e, portanto, de menor valor do que aquelas – física e metafísica – que tratam do ser real; se, em particular, alguém sustenta que a física não precisa de nenhuma outra base senão da experiência e deve edificar-se diretamente sobre a percepção, que as matemáticas devem contentar-se com o papel secundário e subsidiário de simples auxiliar, trata-se de um aristotélico.

O que está em jogo, aqui, não é a certeza – nenhum aristotélico jamais pôs em dúvida a certeza das proposições ou demonstrações geométricas –, mas o Ser; nem mesmo o emprego das Matemáticas na física – nenhum aristotélico jamais negou nosso direito de medir o que é mensurável e de contar o que é contável –, mas a estrutura da ciência e, portanto, a estrutura do Ser.

Tais são as discussões às quais Galileu continuamente faz alusão no curso desse *Diálogo*. Assim, bem no início, Simplicio, o aristotélico, sublinha que “no que se refere às coisas naturais, nem sempre precisamos procurar a necessidade de demonstrações matemáticas”.<sup>55</sup> Ao que Sagredo, que se dá o prazer de não compreender Simplicio,

*trationum sit opportunus, vel inopportunus, id est, an utilitatem aliquam afferat, vel potius detrimentum et damnum. Creditit Plato Mathematicas et speculationes physicas apprime esse accommodatas. Quapropter passim eas adhibet in reserandis mysteriis physicis. At Aristoteles omnino secus sentire videtur, erroresque Platonis adscribet amori Mathematicarum... Sed si quis voluerit hanc rem diligentius considerare, forsan, et Platonis defensionem inveniet, videbit Aristotelem in nonnullos errorum scopulos impigisse, quod quibusdam in locis Mathematicas demonstrationes proprio consilio valde consentaneas, aut non intellexerit, aut certe non adhibuerit. Utramque conclusionem, quarum prima ad Platonis tutelam attinet, secunda errores Aristotelis ob Mathematicas male rejectas profitetur, brevissime demonstrabo”.*

55 Cf. GALILEI, Galileu. *Dialogo sopra i due Messimi Sistemi del mondo opere*. Edizione Nazionale, VII, 38; cf. p. 256.



replica: “Naturalmente, quando não se pode consegui-lo. Mas, se se pode, por que não?” Naturalmentel Se é possível, nas questões relativas às coisas da natureza, conseguir uma demonstração dotada de rigor matemático, por que não deveríamos procurar fazê-la? Mas isso é possível? Esse é exatamente o problema, e Galileu, na margem do livro, resume a discussão e exprime o verdadeiro pensamento do aristotélico: “Nas demonstrações relativas à natureza”, diz ele, “não se tem de procurar a exatidão matemática.”

Não se tem... Por quê? Porque é impossível. Porque a natureza do ser físico é qualitativa e vaga. Ela não se enquadra na rigidez e na precisão dos conceitos matemáticos. É sempre “mais ou menos”. Portanto, como o aristotélico nos explicará mais tarde, a filosofia, que é a ciência do real, não precisa examinar os detalhes, nem recorrer às determinações numéricas ao formular suas teorias do movimento. Tudo o que ela deve fazer é enumerar suas principais categorias (natural, violento, retilíneo, circular) e descrever seus traços gerais, qualitativos e abstratos.<sup>56</sup>

O leitor moderno está, provavelmente, longe de se convencer disso. Ele acha difícil admitir que a “filosofia” tenha tido de contentar-se com uma generalização abstrata e vaga e não procurar estabelecer leis universais precisas e concretas. O leitor moderno não conhece a verdadeira razão dessa necessidade, mas os contemporâneos de Galileu a conheciam muito bem. Sabiam que a qualidade, tanto quanto a forma, sendo por natureza não matemática, não podia ser analisada em termos matemáticos. A física não é geometria aplicada. A matéria terrestre nunca pode exibir figuras matemáticas exatas. As “formas” nunca o “informam” completa e perfeitamente. Permanece sempre uma distância... Nos céus, bem entendido, as coisas se passam de outra maneira. Portanto, a astronomia matemática é possível. Mas a astronomia não é a física. Que isso tenha escapado a Platão, eis aí, precisamente, seu erro e o de seus partidários. É inútil tentar edificar uma filosofia matemática da natureza. O empreendimento está condenado antes mesmo de iniciar-se. Ele não conduz à verdade, mas ao erro.

56 Cf. *Diálogo*. p. 242.

“Todas essas sutilidades matemáticas”, explica Simplicio, “são verdadeiras *in abstracto*. Mas, aplicadas à matéria sensível e física, não funcionam.<sup>57</sup> Na verdadeira natureza, não há nem círculos, nem triângulos, nem linhas retas. Portanto, é inútil aprender a linguagem das figuras matemáticas. Não é nelas que está escrito, a despeito de Galileu e de Platão, o livro da Natureza. De fato, não é apenas inútil; é perigoso: quanto mais um espírito estiver acostumado à precisão e à rigidez do pensamento geométrico, menos ele será capaz de assimilar a diversidade móvel, cambiante, qualitativamente determinada do Ser”.

Essa atitude do aristotélico nada tem de ridículo.<sup>58</sup> Pelo menos a mim ela me parece perfeitamente sensata. Não se pode estabelecer uma teoria matemática da qualidade, diz Aristóteles a Platão; nem mesmo do movimento. Não há movimento dos números. Mas *ignorato motu ignoratur natura*. O aristotélico do tempo de Galileu podia acrescentar que o maior dos platônicos, o *divino* Arquimedes,<sup>59</sup> jamais pôde elaborar outra coisa além de uma estática. Nada de dinâmica. Uma teoria do repouso. Não do movimento.

O aristotélico tinha toda a razão. É impossível fornecer uma dedução matemática da qualidade. Bem sabemos que Galileu, como Descartes pouco mais tarde, e pela mesma razão, foi obrigado a suprimir a noção de qualidade, a declará-la subjetiva, a bani-la do domínio da natureza,<sup>60</sup> o que implica, ao mesmo tempo, que ele tenha sido obrigado a suprimir a percepção dos sentidos como a fonte de conhecimento e a declarar que o conhecimento intelectual, e até *a priori*, é nosso único e exclusivo meio de apreender a essência do real.

Quanto à dinâmica e às leis do movimento, o *posse* só deve ser provado pelo *esse*. Para mostrar que é possível estabelecer as leis matemáticas da natureza, é preciso fazê-lo. Não há outro meio e Galileu está perfeitamente consciente disso. Portanto, é dando soluções matemáticas a problemas físicos concretos – o da queda dos corpos, o do movimento de um projétil – que ele conduz Simplicio

57 Ibidem. 229 e 423.

58 Como se sabe, foi a mesma de Pascal e até de Leibniz.

59 Talvez valha a pena notar que, para toda a tradição doxográfica, Arquimedes é um *philosophus platonicus*.

60 Cf. BURTT, E. A. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*. Londres e Nova Iorque, 1925.



a confessar que “querer estudar os problemas da natureza sem as matemáticas é tentar fazer algo que não pode ser feito”.

Parece-me que agora podemos compreender o sentido deste significativo texto de Cavalieri que, em 1630, escreve em seu *Specchio ustorio*:

“Tudo o que traz (acrescenta) o conhecimento das ciências matemáticas, que as célebres escolas dos pitagóricos e dos platônicos viam como superiormente necessário à compreensão das coisas físicas, logo aparecerá claramente, assim espero, com a publicação da nova ciência do movimento prometida por este maravilhoso verificador da natureza, Galileu Galilei”.<sup>61</sup>

Também compreendemos o orgulho de Galileu, o platônico, que, em seus *Discursos e demonstrações*, anuncia que “vai promover uma ciência completamente nova sobre um problema muito antigo”, e que provará algo que ninguém provou até então, a saber, que o movimento de queda dos corpos é sujeito à lei dos números.<sup>62</sup> O movimento governado pelos números: o argumento aristotélico se achava, finalmente, refutado.

É evidente que, para os discípulos de Galileu, da mesma forma que para seus contemporâneos e antecessores imediatos, matemática significa platonismo. Por conseguinte, quando Torricelli nos diz “que entre as artes liberais, somente a geometria exercita e aguça o espírito e o torna capaz de construir um ornamento da *Cité* em tempos de paz e de defendê-lo em tempo de guerra”, e que “*caeteris paribus*, um espírito conduzido à ginástica geométrica é dotado de uma

61 CAVALIERI, Bonaventura. *Lo specchio ustorio ovvero trattato delle Settoni Coniche e alcuni loro mirabili effetti intorno al Lume etc.* Bolonha, 1632. p. 152 e segs.: “Ma quanto vi aggiunga la cognitione delle scienze Matematiche, giudicate da quelle famosissime scuole de’ Pithagorici et de’ ‘Platonici’, sommanente necessarie per intender le cose Fische, spero in breve sarà manifesto, per la nuova dottrina del moto promessaci dall’esquisitissimo Saggiatore della Natura, dico dal Sig., Galileo Galilei, ne’ suoi Dialoghi...”

62 GALILEI, Galileu. *Discorsi e dimonstrazioni mathematiche intorno a due nuove scienze, Opere.* Edizione Nazionale. VIII, p. 190: “Nullus enim, quod sciam, demonstravit, spatia a mobile descendente ex quiete peracta in temporibus aequalibus, eam inter se retinere rationem, quam habent numeri impares ab unitate consequentes”.

força muito particular e viril”,<sup>63</sup> não se mostra apenas um autêntico discípulo de Platão; ele se reconhece e se proclama como tal. Assim fazendo, permanece um fiel discípulo de seu mestre Galileu que, em sua *Resposta aos exercícios filosóficos*, de Antonio Rocco, dirige-se a este último pedindo-lhe que julgue por si mesmo o valor dos dois métodos rivais – o método puramente físico e empírico, e o método matemático – e acrescenta: “Decida, ao mesmo tempo, quem raciocinou melhor: Platão, que diz que sem as matemáticas não se poderia aprender filosofia, ou Aristóteles, que reprovou Platão por haver estudado demais a Geometria.”<sup>64</sup>

Acabo de chamar Galileu de platônico. Creio que ninguém porá em dúvida que ele o seja.<sup>65</sup> Ademais, ele próprio o diz. Logo nas pri-

63 TORRICELLI, Evangelista. *Opera geometrica.* Florentiae, 1644., II, p. 7: “Sola enim Geometria inter liberales disciplinas acriter exacuit ingenium, idoneum-que reddit ad civitates adornandas in pace et in bello defendendas: caeteris enim paribus, ingenium quod exercitatum sit in Geometria palestra, peculiare quoddam et virille robur habere solet: praestabitque semper et antecellet, circa studia Architecturae, rei bellicae, nauticaeque etc.”

64 GALILEI, Galileu. *Esercitazioni filosofiche di Antonio Rocco, Opere.* Edizione Nazionale. VII, p. 744.

65 O platonismo de Galileu foi mais ou menos claramente reconhecido por certos historiadores modernos das ciências e da filosofia. Assim, o autor da tradução alemã do *Diálogo* sublinha a influência platônica (doutrina da reminiscência) na própria forma do livro (cf. GALILEI, Galileu. *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, aus dem italienischen übersetzt und erläutert von E. Strauss.* Leipzig, 1891. p. XLIX); CASSIRER, E. *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit.* 2. ed. Berlim, 1911. I, p. 389 e segs., insiste no platonismo de Galileu em seu ideal do conhecimento; OLSCHKI, L. *Galileo und seine Zeit.* Leipzig, 1927, fala da “visão platônica da Natureza” de Galileu etc. BURTT, E. A. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science.* New York, 1925, é quem me parece ter melhor exposto o plano de fundo metafísico da ciência moderna (o matemático platônico). Infelizmente, Burtt não soube reconhecer a existência de duas (e não uma) tradições platônicas, a da especulação mística sobre os números e a da ciência matemática. O mesmo erro, pecado venial no caso de Burtt, foi cometido por seu crítico, STRONG, E. W. *Procedures and Metaphysics.* Berkeley, Cal., 1936 e, no seu caso, foi um pecado mortal. Sobre a distinção entre os dois platonismos, cf. BRUNSCHVICG, L. *Les étapes de la philosophie mathématique.* Paris, 1922. p. 69 e segs., e *Le progrès de la conscience dans la philosophie occidentale.* Paris, 1937. p. 37 e segs.

meiras páginas do *Diálogo*, Simplicio observa que Galileu, sendo matemático, provavelmente nutre simpatia pelas especulações numéricas dos pitagóricos. Isso permite a Galileu declarar que ele as considera totalmente desprovidas de sentido e, ao mesmo tempo, dizer: "Sei perfeitamente bem que os pitagóricos tinham a mais alta estima pela ciência dos números e que o próprio Platão admirava a inteligência do homem e acreditava que ele participa da divindade pela simples razão de que é capaz de compreender a natureza dos números. Eu mesmo me inclino a fazer idêntico julgamento."<sup>66</sup>

Como poderia ele ter uma opinião diferente, ele que acreditava que, no conhecimento matemático, o espírito humano atinge a própria perfeição do entendimento divino? Não diz ele que "sob a relação da *extensão*, isto é, no que se refere à multiplicidade das coisas a conhecer, que é infinita, o espírito humano é como um nada (mesmo se compreendesse um milhar de proposições, porque um milhar, comparado com a infinidade, é como se fosse zero); mas sob a relação da *intensidade*, tanto quanto esse termo significa assimilar intensamente, a saber, uma dada proposição, digo que o espírito humano compreende algumas proposições tão perfeitamente e delas tem uma certeza tão absoluta quanto pode ter a própria Natureza. A essa espécie pertencem as ciências matemáticas puras, isto é, a geometria e a aritmética, das quais o intelecto divino, bem entendido, conhece infinitamente mais proposições, pela simples razão de que conhece todas. Mas, quanto ao pequeno número que o espírito humano compreende, creio que nosso conhecimento se iguala ao conhecimento divino em certeza objetiva, porque consegue compreender a necessidade delas, além da qual não parece poder existir uma certeza maior".<sup>67</sup>

Galileu teria podido acrescentar que o entendimento humano é uma obra de Deus tão perfeita que, *ab initio*, está de posse dessas ideias claras e simples, cuja própria simplicidade é uma garantia de verdade, e que lhe basta voltar-se para si mesmo para encontrar em sua "memória" os verdadeiros fundamentos da ciência e do conhecimento, o alfabeto, isto é, os elementos da linguagem – a linguagem

66 *Diálogo*. p. 35.

67 *Diálogo*. p. 128 e segs.

matemática – que fala a Natureza criada por Deus. É preciso encontrar o verdadeiro fundamento de uma ciência *real*, uma ciência do mundo *real* – não de uma ciência que só atinge a verdade puramente formal –, a verdade intrínseca do raciocínio e da dedução matemáticos, uma verdade que não seria afetada pela não existência na Natureza dos objetos que estuda. É evidente que Galileu, não menos que Descartes, não se satisfaz com tal sucedâneo de ciência e de conhecimentos reais.

É dessa ciência, o verdadeiro conhecimento "filosófico", que é o conhecimento da própria essência do Ser, que Galileu proclama: "E eu lhes digo que, se alguém não conhece a verdade por si mesmo, é impossível a quem quer que seja lhe dar esse conhecimento. Com efeito, é possível ensinar essas coisas que não são nem verdadeiras nem falsas; mas as verdadeiras, pelas quais entendo as coisas necessárias, isto é, as que não podem ser de outra forma, todo espírito mediano ou as conhece por si mesmo, ou jamais pode aprendê-las".<sup>68</sup> Seguramente! Um platônico não pode ter uma opinião diferente, pois, para ele, conhecer nada mais é do que compreender.

Nas obras de Galileu, as alusões tão numerosas a Platão, a repetida menção da maiêutica socrática e da doutrina da reminiscência não são ornamentos superficiais provenientes do desejo de enquadrar-se na moda literária resultante do interesse que o pensamento da Renascença dedica a Platão. Tampouco visam a atrair para a nova ciência a simpatia do "leitor mediano", cansado e desgostoso da aridez da escolástica aristotélica. Nem a revestir-se, para opor-se a Aristóteles, da autoridade de seu mestre e rival, Platão. Muito pelo contrário. Essas alusões são perfeitamente sérias e devem ser tomadas tal como são feitas. Assim, para que ninguém possa ter a menor dúvida de seu ponto de vista filosófico, Galileu insiste:<sup>69</sup>

SALVIATI – A solução do problema em questão implica o conhecimento de certas verdades que conheceis tão bem quanto eu. Mas como não as recordais, não vedes essa solução. Dessa maneira, sem ensinar-vos, porque já as conheceis, pelo simples fato de vo-las recordar, farei com que resolvais vós mesmos o problema.

68 *Diálogo*. p. 183.

69 *Ibidem*, p. 217.

SIMPLÍCIO – Muitas vezes tenho ficado impressionado por vossa maneira de raciocinar, a qual me leva a pensar que vos inclinaiis pela opinião de Platão, *nostrum scire sit quoddam reminisci*. Peço-vos que me libertais dessa dúvida e que me digais qual é o vosso próprio pensamento.

SALVIATI – O que penso dessa opinião de Platão posso explicá-lo com palavras, mas também com fatos. Nos argumentos até aqui apresentados, de fato por mais de uma vez já me manifestei. Agora, quero aplicar o mesmo método à pesquisa em curso, pesquisa que pode servir de exemplo para ajudar-vos a compreender mais facilmente minhas ideias sobre a aquisição da ciência...

A pesquisa “em curso” nada mais é do que a dedução das proposições fundamentais da mecânica. Estamos prevenidos de que Galileu julga ter feito mais do que simplesmente dizer-se um adepto e partidário da epistemologia platônica. Além disso, aplicando essa epistemologia, descobrindo as verdadeiras leis da física, fazendo com que sejam deduzidos por Sagredo e Simplicio, isto é, *pelo próprio leitor, por nós mesmos*, ele acredita ter demonstrado a verdade do platonismo “na realidade”. O *Diálogo* e os *Discursos* nos fornecem a história de uma experiência intelectual, de uma experiência concludente, pois ela termina pela confissão cheia de pesar do aristotélico Simplicio, que reconhece a necessidade de estudar as matemáticas e lamenta não as ter estudado desde a sua juventude.

O *Diálogo* e os *Discursos* nos contam a história da descoberta, ou ainda melhor, da redescoberta da linguagem que fala a Natureza. Eles nos explicam a maneira de interrogá-la, isto é, a teoria dessa experimentação científica na qual a formulação dos postulados e a dedução de suas consequências precedem e guiam o recurso à observação. Isso, pelo menos para Galileu, é uma prova “real”. A nova ciência é, para ele, uma prova experimental do platonismo.

## GALILEU E A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA DO SÉCULO XVII<sup>1</sup>

A ciência moderna não saiu, perfeita e completa, como Atena da cabeça de Zeus, dos cérebros de Galileu e de Descartes. Pelo contrário, a revolução galileiana e cartesiana – que, apesar de tudo, permanece como uma revolução –, fora preparada por um longo esforço de pensamento. E não há nada mais interessante, mais instrutivo, nem mais empolgante, do que a história desse esforço, a história do pensamento humano, lidando obstinadamente com os mesmos eternos problemas, encontrando as mesmas dificuldades, lutando sem trégua contra os mesmos obstáculos e forjando, lenta e progressivamente, seus instrumentos e ferramentas, isto é, os novos conceitos, os novos métodos de pensamento que, enfim, permitirão vencê-los.

Trata-se de uma longa e apaixonante história, longa demais para ser contada aqui. Entretanto, para compreender a origem, o alcance e a significação da revolução galileiana e cartesiana, não nos podemos dispensar de, pelo menos, lançar um olhar para trás, sobre determinados contemporâneos e predecessores de Galileu.

A física moderna estuda, em primeiro lugar, o movimento dos corpos pesados, isto é, o movimento dos corpos que nos rodeiam. Assim, é do esforço no sentido de explicar os fatos e os fenômenos da experiência diária – a queda, o arremesso – que decorre o movimento de ideias que conduz ao estabelecimento de suas leis fun-

1 Texto de uma conferência feita no Palais de la Découverte, em 7 de maio de 1955 (Les Conférences du Palais de la Découverte. Paris, Palais de la Découverte, série D, n. 37, 1955. 19p.). Uma versão em língua inglesa deste texto fora publicada anteriormente (Galileo and the Scientific Revolution of the XVIIth Century. *Philosophical Review*. p. 333-348, 1943).

### ANEXO 3

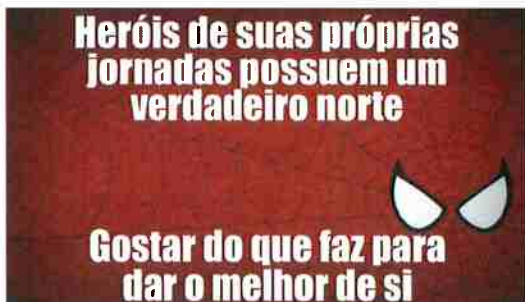
HUANCA, Ronaldo. Slides da apresentação de reforço em Matemática do projeto OBMEP na escola, em 2015. Outras informações em [http://obmepnaescola.obmep.org.br] Acesso: 19.05.2017.

HUANCA, Ronaldo. Slides apresentados no Curso de Aperfeiçoamento Profissional e Acadêmico oferecido pela Fundação Instituto de Administração (CAP FIA) em 2014. Outras informações [http://www3.fia.com.br/ConhecaFIA/ProjetosSociais/CapExecutivo/Paginas/CapExecutivo.aspx] Acesso 19.05.2017.

**MATEMÁTICA = do grego MÁTHEMA = decodificar**



**Decodificar a verdadeira necessidade**  
**Decodificar a natureza e seus caprichos**



## ANEXO 4

MALUF, Marco. Teste 1. Disponível:

[<http://filoatividades.blogspot.com.br>] Acesso: 19.05.2017

O objetivo dos testes abaixo é suscitar um debate inicial com temas encontrados na mídia em geral, para depois chegarmos à formulação de conceitos como CIENTÍFICO, SENSO-COMUM, VERDADEIRO, FATO, CRENÇA, OBJETIVO, SUBJETIVO. Separar o *joio do trigo* no turbilhão de informação que recebemos diariamente são os primeiros passos para imergir na filosofia da ciência.

1) Desde 1947, segundo dizem, OVNIS tem sido avistados sobre a Terra, inclusive com relatos de sequestros, ou seja, abdução. Você acredita que seres extraterrestres estejam nos visitando?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei.

Justifique \_\_\_\_\_

2) Cientistas afirmam que o petróleo extraído do pré-sal tem origem de animais que viveram a milhões de anos atrás na Terra. Outros dizem que o petróleo tem origem fora do planeta Terra. Você acredita nas teorias acima?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

3) Em julho de 1969, os norte-americanos finalmente realizaram o sonho da humanidade. O astronauta Neil Armstrong foi o primeiro ser humano a pisar na Lua. Você acredita que isso realmente aconteceu?

- A.  não
- B.  sim
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

4) Há cerca de 250 bilhões de anos atrás os seres vivos que dominavam o nosso planeta eram os dinossauros. Eles foram extintos pela queda de um enorme asteroide na península do Yucatán no México. Você acredita que os dinossauros existiram?

- A.  não
- B.  sim
- C.  mais ou menos
- D.  não sei.

Justifique \_\_\_\_\_

5) A partir dos anos 80, no século passado, animais começaram a ser atacados e mortos. Os ataques começaram em Porto Rico, depois se espalharam por toda a América Latina. O fenômeno ficou conhecido como o ataque do chupa-cabras. Você

acredita que exista o chupa-cabras?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

6) São inúmeros os relatos sobre pessoas que conversam com espíritos ou veem fantasmas. Você acredita que eles existam?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

7) Durante a Idade Média e Idade Moderna, o mundo parecia estar infestado por bruxas e dizem que elas existem até hoje. Você acredita que é possível que uma pessoa possa ser enfeitiçada ou tomada por algum espírito maligno?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

8) Você acredita que Deus existe?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

9) Você acredita que existem demônios que podem nos influenciar e nos levar para o mau caminho?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

10) Você acredita que existem duendes, fadas ou sacis-pererês?

- A.  sim
- B.  não
- C.  mais ou menos
- D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

11) Você acredita que as catástrofes que existem no mundo como tsunamis, furacões ou doenças como o câncer ou a AIDS são um castigo de Deus?

- A.  sim
- B.  não

C.  mais ou menos

D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

12) Em 1865 o naturalista inglês Charles Darwin publicou o livro a *Origem das Espécies* onde ele desenvolve a Teoria da Evolução. Você acredita que o ser humano descende dos primatas?

A.  não

B.  sim

C.  mais ou menos

D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

13) Em 1929 o cientista norte-americano Edwin Hubble detectou o afastamento das galáxias obtendo enfim a prova de que o Universo no qual nós vivemos hoje começou numa grande explosão, ou seja, o Big Bang. Você acredita nisso?

A.  não

B.  sim

C.  mais ou menos

D.  não sei

Justifique \_\_\_\_\_

14) Com o uso de aparelhos é possível transportar a imagem das pessoas ou de lugares para o outro lado do mundo em questão de segundos. Você acredita nisso?

A.  não

B.  sim

C.  mais ou menos

D.  não sei

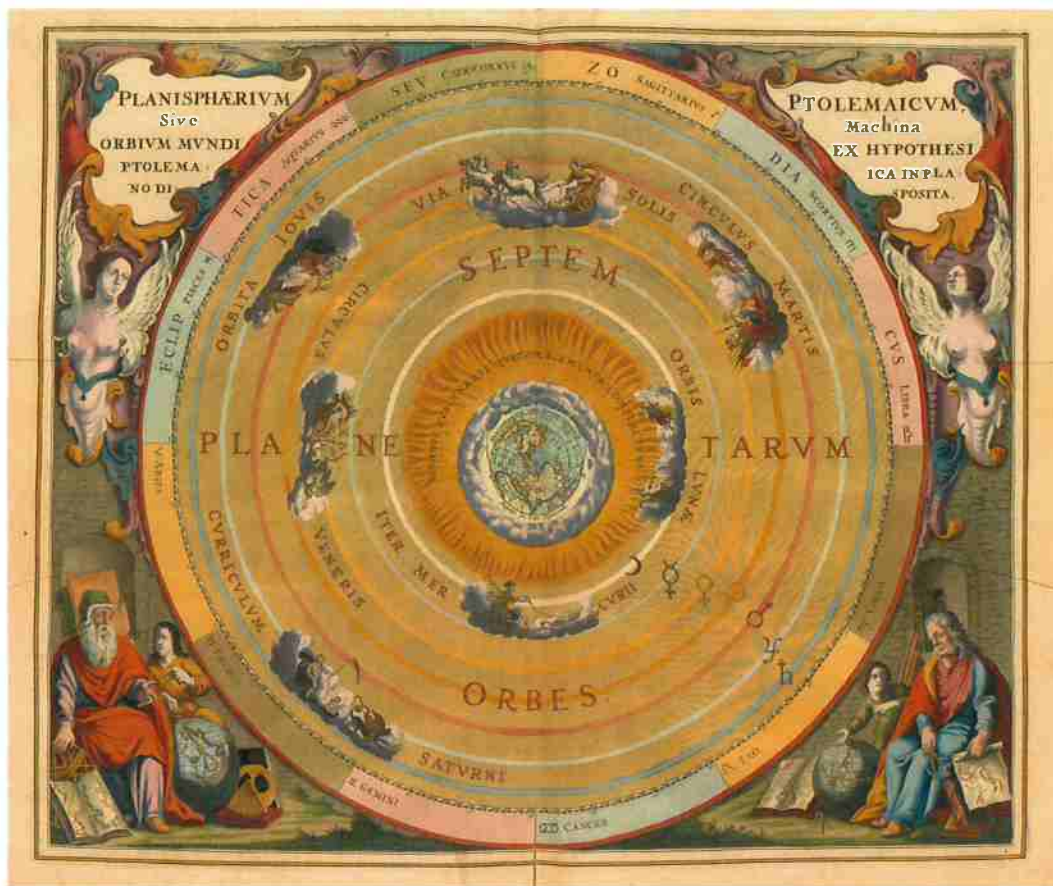
Justifique \_\_\_\_\_

15) Você segue alguma religião? Qual?



ANEXO 5

PTOLOMEU, C. *Ptolomaica in Plano di sposita.*

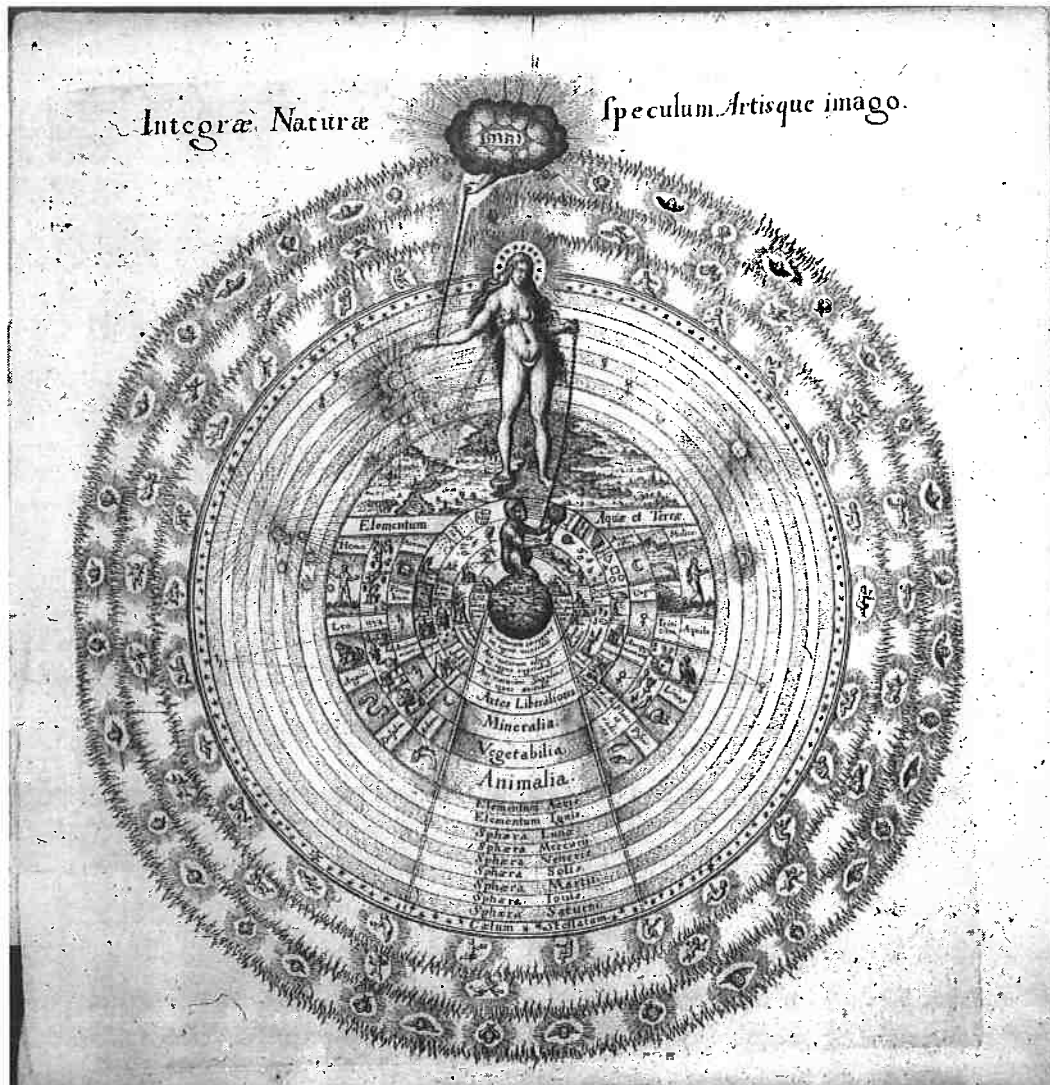




ANEXO 6

FLUDD, Robert

O Universo Ptolomaico. *History of the macrocosm and microcosm* (1617)



**ANEXO 7**

**GLEISER, Marcelo.** Criação Imperfeita, cosmo, vida e o código oculto da natureza.  
Rio de Janeiro: Record, 2013. pp. 47 a 50.

Marcelo Gleiser

# CRIAÇÃO IMPERFEITA

Cosmo, Vida e o Código Oculto da Natureza

3ª EDIÇÃO

  
EDITORA RECORD  
RIO DE JANEIRO • SÃO PAULO

2010

69902

filósofo e historiador das ideias Isaiah Berlin referiu-se à busca por uma descrição unificada do mundo material como a “falácia iônica”, argumentando que “Uma afirmação do tipo ‘Tudo consiste em...’ ou ‘Tudo é...’, a menos que seja empírica, não significa nada, pois uma proposição que não pode ser contrariada ou questionada não contém informação”.<sup>6</sup> Um dos objetivos deste livro é expor a relação entre a falácia iônica e o encantamento com a unificação, oferecendo uma visão alternativa.

Algumas décadas após Tales, Pitágoras, outro filósofo pré-socrático, combinou uma forma de misticismo matemático com a noção iônica de unidade para criar uma visão de mundo que viria a influenciar profundamente o pensamento ocidental. É no legado pitagórico que encontramos a noção de que o mundo natural pode ser descrito através de relações matemáticas que traduzem, de forma racional, a sua perfeição e simetria. Segundo Pitágoras, a Natureza é construída a partir de princípios simétricos que traduzem a ordem fundamental que existe por trás de todas as coisas. Essencialmente, a mesma crença, de que a Natureza, em sua essência, é simétrica e perfeita, forma o arcabouço das teorias de unificação da física moderna. Os pitagóricos acreditavam que, sob o aparente caos do mundo, existiam simetrias matemáticas que revelavam a simplicidade e beleza da Natureza: o código oculto da Natureza. Para encontrar esse código, era necessário ir além das aparências e buscar por essas relações numéricas e geométricas, as leis matemáticas que descrevem a realidade. Como argumentou Platão — profundamente influenciado pelo pensamento pitagórico — o mundo que vemos e ouvimos é uma distorção: nossos sentidos podem nos iludir. Apenas através da razão é que podemos encontrar a verdadeira essência da realidade. Essa essência, por sua vez, está fundamentada na matemática, nas formas geométricas e nas suas relações e proporções. Por exemplo, para Platão, o único círculo perfeito é a ideia de círculo que existe na nossa imaginação. Qualquer representação concreta de um círculo será necessariamente imperfeita. Em outras palavras, o mundo real é o mundo pensado e não o mundo olhado. Como escreveu o filósofo e matemático britânico Bertrand Russell em seu livro *História da filosofia ocidental* (1946), “Pitágoras... foi intelectualmente um dos homens mais importantes da história, mesmo quando era sábio ou quando não o era”.

Parece que Pitágoras nunca provou o famoso teorema que leva o seu nome, ou, como se acreditava até recentemente, tenha desenvolvido a estrutura da prova dos teoremas matemáticos.<sup>7</sup> Muito do que se atribui a ele foi obra de seus discípulos, ou consequência de uma elaborada invenção de Espeusipo e Xenócrates, discípulos de Platão que usaram o nome legendário de Pitágoras para apoiar os aspectos mais matemáticos da filosofia de seu mestre. Inicialmente devido ao pensamento de Plotino e, mais tarde, ao de outros neoplatonistas, o mito de Pitágoras avançou ainda mais durante a Idade Média e, mais tarde, na Renascença. Todos desejavam essencialmente o mesmo: construir um vínculo entre a matemática e a experiência mística de Deus.

De qualquer forma, a questão é que, desde a Antiguidade, as ideias atribuídas a Pitágoras vêm nutrindo os sonhos daqueles que buscam o código oculto da Natureza. Ao contrário dos iônicos, para os pitagóricos a essência da Natureza estava nos números e nas suas relações, e não na unificação da matéria. Como veremos, na física moderna as duas noções serão combinadas: a unificação da matéria será descrita por números e por simetrias expressas através de relações matemáticas.

Se nossa premissa é que a Criação é obra de um Deus racional, a matemática passa a ser a ferramenta que nos permite desvendar os seus segredos e, assim, estabelecer uma união com o Criador. O Pitágoras mítico era justamente aquele que conseguiu atingir essa união, um semideus capaz de feitos sobre-humanos, o filósofo-santo que servia de inspiração a todos que sonhassem em se aproximar da mente de Deus. As descobertas atribuídas a ele, como o seu teorema e a relação entre os sons harmônicos e os números inteiros, eram os primeiros vislumbres de uma sabedoria que, supostamente, transcendia a realidade dos homens. Apenas o mestre grego podia ouvir a harmonia das esferas, o coro polifônico entoado pelos planetas ao girarem em suas órbitas circulares em torno da Terra. Pitágoras e seus seguidores acreditavam que as mesmas proporções numéricas que definiam os sons harmônicos da escala musical definiam, também, as distâncias entre os planetas. Por exemplo, duas cordas de violão, uma o dobro da outra e, portanto, numa proporção de 2:1, ressoam harmonicamente ao serem tocadas juntas; do mesmo modo, Saturno está aproximadamente duas vezes mais longe do que

## **ANEXO 8**

**ABRANTES, Paulo César Coelho. Imagens de natureza, imagens de ciência.  
Campinas: Papirus, 1998. pp. 31 a 43.**

nais e me forneceram a valiosa perspectiva do leitor não-especializado, ao qual também espero que este livro ofereça material para reflexão e deleite.

Contei com o apoio do CNPq para realizar grande parte das pesquisas que resultaram neste trabalho. O capítulo 4 foi concluído durante o meu pós-doutorado no Centro de Filosofia da Ciência da Universidade de Pittsburgh. Agradeço a essas instituições pelas privilegiadas condições de trabalho que me foram oferecidas.

*Paulo Abrantes*  
Departamento de Filosofia  
Universidade de Brasília

1  
IMAGENS DE NATUREZA E  
DE CIÊNCIA NA ANTIGUIDADE

A chamada revolução científica do século XVII pode ser interpretada, num primeiro momento, como uma substituição de imagens de natureza e de ciência da Antiguidade – que foram assimiladas, transformadas e transmitidas pelo período medieval – por novas imagens. A situação, contudo, é de grande complexidade, pelas seguintes razões:

1. Várias imagens de natureza (e de ciência) competiam na Antiguidade, embora algumas delas tenham se tornado quase hegemônicas em determinados períodos. Há, portanto, que se especificar quais imagens foram visadas pelas críticas dos cientistas e filósofos “modernos”;
2. As novas imagens de natureza – não podemos falar, tampouco, de uma única – emergiram tendo diversas imagens da Antiguidade como pano de fundo, assimilando seletivamente aspectos destas últimas.

É preciso fazer justiça a essa diversidade se quisermos ter um quadro minimamente fiel dos episódios e desenvolvimentos que estão na origem da ciência moderna.

Neste capítulo apresento em linhas gerais algumas imagens de natureza e de ciência na Antiguidade, que serviram como pano de fundo dos desenvolvimentos que inauguraram a modernidade científica.

Platão e Aristóteles

Aristóteles reconheceu sua dívida para com os filósofos que o antecederam – os jônicos, Heráclito, Empédocles, os atomistas e outros pré-socráticos. Mas é fundamental, sobretudo, inquirirmos em que medida sua imagem de natureza é tributária do pensamento de seu mestre Platão.

Timeu – personagem que deu nome a um dos últimos diálogos de Platão – afirma que o *kósmos*, ou seja, o mundo material ordenado, foi gerado, teve um princípio. Um artesão divino – o Demiurgo – moldou o mundo material com base na desordem originária (*ataxia*), tendo diante de si um modelo: o mundo das formas ou das idéias. O substrato caótico originário e as formas não foram criados ou gerados, constituíam os princípios básicos com base nos quais o Demiurgo compôs o cosmo.

Não temos, portanto, nada semelhante à criação *ex nihilo* da tradição judaico-cristã, que se afirmará no período medieval. Timeu (Platão) apresenta-nos o cosmo como uma cópia imperfeita do mundo perfeito, imaterial, imutável e eterno das idéias. Imperfeita porque material: o substrato originário deixa-se moldar, mas só parcialmente. O Demiurgo não é todo-poderoso e trabalha com “materiais” preexistentes.

A matéria traz consigo, portanto, o elemento de desordem, de mutabilidade “cega”, do substrato originário. Poderíamos dizer que, antes da intervenção demiúrgica, esse substrato possui analogia com o mundo como era concebido pelos atomistas: matéria em movimento, choques, contingência e caos. Um mundo destituído de razão, de inteligência, de ordem, e dominado exclusivamente pelo acaso e pela “necessidade”.

ex nihilo  
x  
PLATÃO

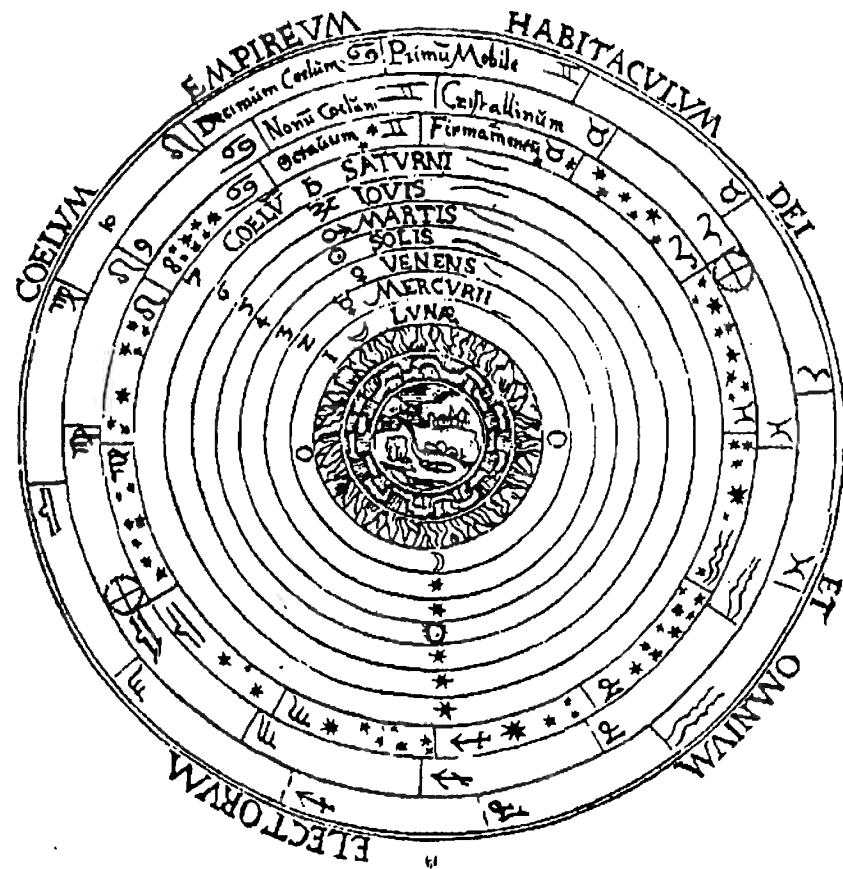


Figura 1 – Sistema de Eudoxo com esferas centradas na terra, adotado por Aristóteles em sua cosmologia. No mundo sublunar estão representados os lugares naturais dos quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Após a esfera da lua estão as esferas dos planetas, incluindo o sol. O mundo é limitado pela esfera das estrelas fixas. Desenho de Petrus Apianus. *Cosmographia per Gemma Phrysius restituta*, Antuérpia, 1539 (Ronan Picture Library). Apud *The conflict thesis and cosmology*. Walton Hall, Milton Keynes: The Open University Press, 1974, p. 94.

Os atomistas acreditavam que os choques dos átomos poderiam produzir espontaneamente uma ordem, sem qualquer elemento de inteligência que lhes impusesse um fim (*télos*). Platão e Aristóteles consideravam essa cosmogonia um completo absurdo. Portanto, defenderam que no cosmo concorrem, lado a lado, o fator de desordem do mundo dos atomistas e o fator de ordem. Platão é claro a esse respeito: "[...] a criação é mista, sendo constituída de necessidade e de inteligência. A inteligência, o poder ordenador, persuadiu a necessidade a trazer à perfeição a maior parte das coisas criadas [...]" (Platão 1952, p. 455).

Por "necessidade" entenda-se, nesse contexto, a causalidade, irracional, mecânica, "cega", que prevalece no substrato originário; e por "inteligência", o papel ordenador do Demiurgo, que toma como modelo o mundo das idéias. De modo mais específico, podemos ver a *anima mundi* – composta pelo Demiurgo com base em elementos heterogêneos e segundo proporções definidas – presidindo essa ordenação cosmológica. A alma do mundo tem como função regular os dois movimentos básicos do cosmo: o das estrelas e o do Sol. Movimentos que, por sua regularidade, instituem o tempo (que surge com o cosmo).

O cosmo em Platão é um produto da arte. É com base na metáfora de um artesão que modela seus objetos de barro, que Timeu relata o seu mito da criação do mundo. Convém, porém, evitar uma leitura por demais literal desse mito. Platão serve-se de uma metáfora para ilustrar a sua tese central de que no mundo material atuam duas causas: a necessidade e a inteligência. No cosmo há ordem, mas também há desordem, o que é inevitável num mundo que não pode ser perfeito por ser material. Só há perfeição na imutabilidade do mundo das formas, que constitui para Platão o único objeto de ciência (*epistême*).

Essa apresentação sumária da imagem platônica de natureza é suficiente para apreciarmos em que aspectos Aristóteles acompanha seu mestre e em que aspectos ele o critica.

Em primeiro lugar é importante termos presente que não há em Aristóteles uma geração ou criação do cosmo, que é considerado eterno. Não há lugar para um Demiurgo criador, nem tampouco para um mundo das formas que exista independentemente do mundo material, sensível.

Um segundo ponto fundamental de divergência é que, embora Aristóteles herde de seu mestre o dualismo matéria/forma, tais princípios deixam de ter uma existência separada, encontram-se unidos em qualquer ente particular. Só podemos separá-los por abstração, e o investigador da natureza (o físico) deve estudá-los conjuntamente se não quiser perder de vista o seu objeto. O movimento – entendido de forma bem geral como "mudança", não somente de lugar, mas também com respeito às categorias de quantidade, qualidade etc. – é o que, para Aristóteles, caracteriza fundamentalmente o mundo físico. Portanto, o objeto de investigação do físico é fundamentalmente o movimento. E os movimentos naturais não podem ser explicados, na física de Aristóteles, se separarmos matéria e forma. Todo movimento natural é entendido como um processo de "modelagem" da matéria pela forma. Modelagem que já não exige um agente externo, como o Demiurgo, que é imanente, ou seja, é causada pela própria "forma", "natureza" ou "essência" do móvel.

#### Natureza/naturezas<sup>1</sup>

A tese de que há três causas da existência dos seres – a natureza, a arte e o acaso – é de origem platônica. Aristóteles a adota distinguindo as coisas que existem "por natureza" das que são produto da arte. Vimos, contudo, que Aristóteles não inclui as coisas naturais no domínio da arte (*téchne*) como resultantes da intervenção de um Demiurgo.

As coisas que existem por natureza "possuem em si mesmas um princípio de movimento e de repouso (*stasis*)", afirma Aristóteles no início do livro II da sua *Física*. Esse princípio é a forma, a essência ou a natureza (*physis*) de cada ente. Com base na divisão aristotélica dos quatro tipos de causas (material, eficiente, formal e final), podemos dizer que, nos movimentos naturais, as causas eficiente, formal e final se identificam. Nas coisas que são produto da arte, a causa eficiente (ou

1. Nesta seção, estarei usando "Natureza" com "n" maiúsculo para designar o conjunto de entes e processos naturais, como sinônimo de "mundo material" ou "cosmo". Com "n" minúsculo, "natureza" é a tradução para *physis*, no sentido de essência de um ente. No restante do livro, escreverei o termo "natureza" sempre em minúsculo, esperando que o contexto resolva qualquer ambigüidade.



causa do movimento) é externa e não imanente (interna) ao móvel. Assim, na construção de uma casa, o pedreiro é a causa do movimento, já que não se concebe que os materiais (pedra, areia etc.) espontaneamente se movam tomando a forma acabada de uma casa.

O movimento natural é aquele que se processa conforme a natureza do ente, determinado inteira e autonomamente pela sua essência. O movimento violento distingue-se do natural justamente por resultar de uma causação externa, e não interna.

A natureza de um ente, exibida no seu movimento, não é, portanto, função de condições externas. Estas últimas são obstáculos à ação da natureza ou, no máximo, condições necessárias para que essa ação se exerça. Em ambas as hipóteses, tais condições externas não são responsáveis pelo movimento natural. Nessa distinção entre o “interno” e o “externo” talvez resida a diferença crucial entre as concepções aristotélica e moderna de natureza, como veremos adiante.

Para Aristóteles, há uma pluralidade de naturezas no cosmo, cada qual determina univocamente, especificamente, processos, movimentos naturais: movimentos tendentes à realização de determinados fins, constituídos pelas naturezas distintivas das coisas. Uma natureza é, portanto, ao mesmo tempo, causa eficiente (motor interno) e causa final de um movimento natural específico. Poderíamos então dizer, jogando um pouco com as palavras, que o investigador da Natureza (entendida como o conjunto de entes e processos no cosmo) tem por objeto de conhecimento as naturezas (no plural), entendidas como causas específicas de movimento.

Nesse sentido, é esclarecedor distinguir entre os processos que ocorrem na Natureza aqueles que, para Aristóteles, são “naturais” e os que são “violentos”. Nestes últimos, ocorre a ação determinante de condicionantes externos (causas eficientes externas). No caso dos processos naturais, quando há interferência externa, ou equivalentemente quando há violência, a natureza substancial não é exibida no processo, que deixa então de ser natural, ou conforme à “natureza” (Waterlow 1982, p. 29).

Aristóteles admite, portanto, que nem tudo o que ocorre se deve à atuação das naturezas, ou seja, possui e atualiza um fim (*télos*). Há eventos que resultam de causas externas, “violentas”, ou da necessidade

(*anánke*) bruta da matéria. Além daqueles que resultam do acaso (*tyche*) ou da espontaneidade (*autómaton*).

#### Acaso e teleologia

O acaso resulta, segundo o Estagirita, do cruzamento de várias cadeias causais individualmente submetidas a um fim, ou seja, do cruzamento de processos naturais independentes. O cruzamento dessas cadeias causais é fortuito, no sentido de que nenhum fim é realizado por tal cruzamento.

Se um evento *E* resulta do acaso, não podemos determinar univocamente as suas causas. Com respeito a suas causas imediatas, tal evento seguramente pode ser visto como “determinado”. Porém, essas causas são acidentais, ou melhor, sua conjunção é acidental. Do mesmo modo como um pedreiro pode ser, ao mesmo tempo, um flautista “por acidente”, é acidental que fatos que se inscrevem em dois processos naturais independentes estejam em conjunção espaço-temporal e produzam um efeito ou evento imprevisível *E* (Mansion 1945, p. 297).

A relação de causa e efeito nos processos naturais é, ao contrário, unívoca: um efeito particular tem sempre uma única causa determinável. E isso porque tais processos são teleológicos.

As causas de eventos fortuitos são indeterminadas e, portanto, incognoscíveis. A possibilidade de apontar uma natureza, um *télos*, que causa o movimento, e a cognoscibilidade do mesmo movimento estão estreitamente relacionadas em Aristóteles. Para ele, não pode haver, portanto, uma ciência do acaso, do que é indeterminado.

Nos eventos fortuitos, casuais, a ação das causas não é determinada pela natureza dessas causas. Ou melhor, o que resulta – o efeito – não está vinculado a suas causas num mesmo processo orientado para um fim. Poderíamos também dizer que o evento fortuito, sendo produto de causas acidentais, constitui um efeito “não pretendido”.<sup>2</sup>

2. Essa linguagem, a rigor, só é adequada para o que Aristóteles chama de fortuna, que supõe a intencionalidade da ação humana.

## Contingência

O cosmo aristotélico é dividido em duas regiões: a celeste, onde se movem as estrelas e os planetas – incluindo o Sol – e o mundo sublunar, isto é, abaixo da órbita da Lua.<sup>3</sup>

No mundo celeste ou supralunar, os fenômenos são determinados, não havendo lugar para a contingência. As estrelas e os planetas são movidos por suas “inteligências”, não havendo qualquer possibilidade de interferência externa que impeça a atualização dos seus respectivos fins ou de suas naturezas.

No mundo sublunar, Aristóteles tenta conciliar a contingência e a teleologia. Embora em muitos processos no mundo sublunar atuem naturezas específicas, um processo particular natural – portanto teleológico – pode não se desenvolver de acordo com a sua natureza (*physis*), seja como resultado do acaso, seja da necessidade bruta da matéria. Contrariamente aos fenômenos celestes, não podemos ter certeza absoluta de que um determinado movimento se realizará naturalmente, isto é, de acordo com a natureza que o causa.

No mundo sublunar é preciso distinguir o geral – o que é relativo à espécie, como, por exemplo, a espécie dos “graves” – do particular (*este grave*). A finalidade no mundo sublunar é específica, e não de processos particulares. Os graves, considerados como espécie de corpo, tendem necessariamente a mover-se para o centro do cosmo, o seu lugar natural. Porém, um corpo particular, composto de elemento terra (um grave, portanto), pode, como resultado da violência de causas eficientes externas ou, ainda, do acaso, afastar-se do seu lugar natural. Por isso, Aristóteles afirma que os fenômenos que são naturais ocorrem “sempre da mesma maneira”, ou “a maior parte das vezes da mesma maneira”, deixando margem, no mundo sublunar, a exceções ao desenrolar normal e previsível desses mesmos fenômenos.

Um aspecto enigmático da física aristotélica é a predominância e o privilégio concedidos à teleologia na Natureza, concomitantemente à

3. O Sol era considerado, nas cosmologias antigas, um planeta, pelo fato de mover-se no céu relativamente às estrelas fixas.

ausência de um Deus criador, como em Platão. No *Timeu*, como vimos, a “inteligência”, a ordem, a teleologia são claramente tributárias de um Demiurgo que é bom e que, em consequência, gerou um mundo que é o mais perfeito possível. A função cosmológica do Deus de Aristóteles é meramente a de um primeiro motor (imóvel). A esfera das estrelas se move, diz o Estagirita, tendo Deus como causa final. Não há, contudo, evidência textual que permita vincular a esse Deus os diversos fins, as diversas naturezas que atuam no cosmo. Não há, tampouco, lugar para um “plano” ou para a “providência” divina. Ross ressalta os problemas colocados por essa “teleologia inconsciente”, que pressupõe a “noção de um propósito inconsciente na própria natureza” (1987, p. 192).

## Empirismo e racionalismo em Aristóteles

A distinção platônica entre *epistème* (conhecimento) e *doxa* (opinião) reflete a dualidade entre alma e corpo, entre razão e sentidos, sendo que os sentidos não podem ser fonte de conhecimento. O racionalismo de Platão, seu antiempirismo, é portanto inequívoco.

Aristóteles segue seu mestre ao continuar defendendo padrões bastante elevados e estritos para o conhecimento, distinguindo-o da mera opinião. O conhecimento deve ser demonstrativo, explicativo, universal, verdadeiro, permanente. Além disso, Aristóteles era, como Platão, um realista: o conhecimento tem por objeto o real, o ser objetivamente existente, e não as aparências, o material bruto que nos fornecem os sentidos.

A dificuldade, para Aristóteles, é manter tal ideal elevado de conhecimento e, simultaneamente, adotar uma postura empirista, defendendo que os sentidos são a fonte do conhecimento. Esse empirismo de Aristóteles teve seguramente uma grande influência da prática médica do seu tempo (seu pai era médico), prática essa que envolve a observação sistemática da evolução dos sintomas do paciente. Essa abordagem empirista da prática médica, em inúmeras ocasiões, entrou em conflito com a abordagem racionalista e *a priori* dos filósofos naturais, que partiam de princípios gerais a respeito dos “elementos” que compõem o organismo (por exemplo, fluidos de diversos tipos) e suas funções.

Mas a ciência, para Aristóteles, embora tenha o sensível como ponto de partida, como material básico, não se limita ao que se dá singularmente, deve ir além, investigando racionalmente o *porquê* do que acontece, do fato. A ciência distingue-se da mera experiência e da arte (que já pressupõe, segundo ele, um certo grau de generalização com base na experiência), por visar a um conhecimento das causas, dos princípios. Tais princípios são descobertos indutivamente, por abstração, com base na experiência, ou por intuição racional “direta” (Aristóteles continua admitindo essa possibilidade não-indutiva, que era considerada por Platão a única via para o conhecimento).

Aristóteles admitia, ao contrário de Platão, a possibilidade de tomarmos os processos naturais no mundo material como objetos de conhecimento (no sentido forte de *epistémé*). Uma ciência da *physis* visa conhecer os processos teleologicamente determinados. O que é contingente, ou seja, o que é produto do acaso ou da necessidade bruta da matéria não pode ser objeto de conhecimento e de previsão, já que suas causas são indeterminadas.

Portanto, Aristóteles está de acordo com Platão neste ponto: o objeto do conhecimento é, primordialmente, a forma, a essência. A divergência entre eles, como já tive oportunidade de assinalar, é que, para Aristóteles, as formas não existem separadamente da matéria,<sup>4</sup> mas estão unidas a ela.

Aristóteles distingue, além disso, o mundo celeste – em que os fenômenos particulares são absolutamente previsíveis, logo cognoscíveis – do mundo sublunar, onde atuam o acaso e a necessidade. Neste último, o que é previsível – logo, objeto de conhecimento – é o específico (como a queda dos graves) e não o particular (a queda deste grave em particular), como já enfatizei.

Há, portanto, uma relação íntima entre a ontologia aristotélica e a sua epistemologia, entre as suas imagens de natureza e de ciência, que eu gostaria de explicitar.

4. As únicas formas que existem separadas da matéria são objetos da metafísica, como o primeiro motor imóvel, as inteligências dos planetas etc.

A noção de “natureza específica” em Aristóteles baseia-se numa teoria da “substância” como categoria fundamental do ser e hierarquicamente superior às demais categorias. Cabe aqui ressaltar que, para Aristóteles, as categorias de “massa”, “velocidade”, “posição”, “duração” etc. – as categorias mecânicas – são distintas da de substância, não determinando o que, na sua essência, existe “por natureza”. Tais categorias mecânicas descrevem somente o que é acidental.<sup>5</sup>

Essa fundamentação metafísica da noção de natureza possui implicações epistemológicas. As condições antecedentes do movimento natural (o que se refere à “natureza” como princípio de movimento) não são empiricamente determináveis, já que não podem ser objeto de percepção sensível. O movimento é, obviamente, perceptível, mas não o princípio do movimento, que é a natureza (*physis*). A natureza só se revela ao final do processo ou movimento natural, ou seja, como forma “atualizada”, e não como forma “em potência”. A natureza, a causa final, é conhecida pela razão, que é capaz de distinguir o essencial do acidental.

Waterlow observa, pertinentemente, que as naturezas em Aristóteles são objetos de pensamento e não de experiência sensível, caso contrário, não funcionariam como princípios explicativos (1982, p. 31). Não são as condições antecedentes, detectáveis pelos sentidos, que constituem o objeto do conhecimento, mas o *télos* que existe em potencial durante o movimento, só se revelando aos sentidos quando cessa o movimento, após a plena atualização da natureza ativa.

Com esses elementos, coloco uma questão que discuto em detalhe no próximo capítulo: por que a experimentação sistemática esteve em geral ausente na ciência<sup>6</sup> grega, e em Aristóteles em

5. Ver Waterlow 1982, p. 35.

6. Aqueles que consideram a experimentação como o aspecto distintivo da atividade científica, não estariam dispostos a usar o termo “ciência” para designar a filosofia natural aristotélica, considerando anacrônico o emprego da expressão “ciência grega”. De nossa parte, consideramos que a demarcação ciência/não-ciência não pode se apoiar exclusivamente no uso sistemático do método experimental. Há outros aspectos, talvez mais importantes do que este, que caracterizam a “cientificidade” de uma atividade ou de um produto dessa atividade. E, nesse sentido, seria justificado o uso da expressão “ciência grega”, não restringindo, como fazem alguns, o emprego do termo “ciência” para o que se fez (*grasso modo*) do século XVII em diante. Ver, a esse respeito, a seção “Duas tradições metodológicas”, no capítulo 2. De toda forma, pode-se contestar a tese acima, lembrando que

particular? O que mudou posteriormente, abrindo caminho para a Revolução Científica do século XVII?

Aristóteles não aceitaria a idéia moderna de que a natureza de um corpo se revela numa multiplicidade de condições ou de circunstâncias que devem incluir as criadas artificialmente pela intervenção humana. Tais circunstâncias ou condições são exteriores ao corpo, em nada contribuindo para determinar sua natureza, que se caracteriza (na imagem aristotélica de natureza) justamente por ser um princípio autônomo, auto-suficiente e interno de movimento. Tais circunstâncias externas podem, no máximo, impedir que o movimento natural se dê e, portanto, impedir que a natureza atue e se manifeste empiricamente.

Em conclusão, podemos dizer que há um claro ponto de convergência entre Platão e Aristóteles: a tese de que são as formas ou essências que constituem o objeto do conhecimento e não as coisas particulares que impressionam nossos sentidos. E as naturezas das coisas refletem uma ordem cósmica, uma hierarquia que, por ser estável, imutável, pode ser objeto de um conhecimento também estável e verdadeiro.

A razão tem, nessa medida, uma clara ascendência epistemológica sobre os sentidos. O corpo teórico numa determinada área apóia-se num conjunto de princípios verdadeiros, abstraídos da experiência. Com base nesses princípios, os fatos particulares (na esfera dos processos teleológicos) podem ser dedutivamente explicados, demonstrados.

As imagens aristotélicas de natureza e de ciência tornaram-se praticamente hegemônicas no final da Idade Média, e foi basicamente contra elas que se insurgiram, no século XVII, Bacon, Descartes, Galileu, Boyle, Newton (para citar somente alguns dos nomes que associamos à ciência moderna). Entretanto, no Renascimento, ressurgiram outras concepções (que, na verdade, estiveram mais ou menos latentes desde a

---

Aristóteles, em suas investigações no domínio que hoje chamamos "biologia" (e que ele incluía na física), realizou várias dissecações de espécies animais. Isso não poderia ser visto como uma instância de "experimentação"? Uma discussão desse ponto exigiria uma análise da importância da dissecação para a classificação das espécies, que era o objetivo básico de Aristóteles, e de se ele atribuía aos esquemas classificatórios o caráter de "conhecimento" (que pressupõe, como vimos, um conhecimento das causas). É provável que Aristóteles concordasse que a dissecação não pode ser um meio para descobrir a natureza dos seres animados – que seria sua *anima* – já que o uso de tal método só é possível em corpos mortos, que já não têm tal "natureza" (*physis*).

Antiguidade), que formaram, juntamente com o aristotelismo da escolástica, o pano de fundo da Revolução Científica. Entre tais concepções, o *estoicismo* terá uma posição de destaque nas análises que farei nos próximos capítulos.

### *A imagem estoica de natureza*

O *estoicismo* é conhecido sobretudo como doutrina moral. Não se pode esquecer, entretanto, que os estóicos – particularmente os fundadores – pretendiam que a moral encontrasse seu fundamento e seu sentido numa física ou filosofia da natureza. Um comentador do estoicismo considera que essa "aproximação" entre a "teoria da sabedoria" e a física foi a intuição genial de Zenão de Cício (336-264 a.C.), considerado o fundador da *Stoa*.<sup>7</sup> A máxima estoica – "viver em harmonia com a natureza" – sintetiza essa tentativa de "passagem" da física à ética e coloca inúmeros problemas que não pretendo abordar.<sup>8</sup>

Basta assinalar que os estóicos fundamentavam essa "passagem" na concepção de um mundo penetrado de razão. Segundo eles, "a mesma razão que governa o mundo deve regular também nossas ações".<sup>9</sup> Essa razão é imanente à natureza. O mesmo *logos* une a física, a lógica e a moral: as três partes nas quais os estóicos dividiam a filosofia. Os estóicos defendiam um panteísmo e professavam uma "religião do mundo" (*ibid.*, pp. 45, 56): a virtude era buscada numa harmonia com a natureza.<sup>10</sup> Portanto, não é de se estranhar a situação central de que goza a física no pensamento dos estóicos.

Após o século I a.C., os sucessores de Zenão e Crísipo (281-208 a.C.) dedicaram-se quase que exclusivamente à ética, pouco contribuindo para a física elaborada pelos primeiros estóicos (à exceção talvez de Possidônio).<sup>11</sup>

Convém, neste ponto, assinalar que conhecemos apenas fragmentos da obra dos estóicos que, no caso de Zenão e Crísipo, teria sido considerável. Esses fragmentos chegaram até nós por meio de referências

7. Ver Bridoux 1966, pp. 43-45.

8. A esse respeito, consultar Goldschmidt (1985); ver também Rist (1969).

9. Bridoux 1966, p. 44.

10. Cf. Rist 1969, pp. 2-6.

11. Ver Jammer 1957, pp. 42-43.





**ANEXO EXTRA**

COPERNICANT, N. *Sceno Graphia Systematis.*

