

## O conhecimento do que vejo, o conhecimento para além do que vejo e o conhecimento do que não posso ver

*The Knowledge of what I See, the Knowledge beyond what I See and the Knowledge of what I Cannot See*

FLAVIA BRUNO\*

**Resumo:** O presente artigo tem como objetivo mostrar três distintos momentos da história do conhecimento, tomando a física como referência: o período clássico, caracterizado pela física do que se vê, o período moderno, caracterizado pela física que descobre o que está além do que se vê e a física contemporânea, caracterizada pela física do que não pode ser visto. Este último período trará, portanto, uma alteração nas práticas habituais da ciência e uma nova exigência no modo de fazer conhecimento, onde se aponta para a superação das ilusões da forma homem.

**Palavras-chave:** Epistemologia. Aristóteles. Galileu. Física contemporânea. Nova forma de pensar.

**Abstract:** This article aims to show three distinct moments in the history of knowledge, taking physics as reference: the classical period, characterized by the physics of what is seen; the modern period, when physics discovers what is beyond what you see; and contemporary physics, characterized by the physics of what cannot be seen. The latter period will bring, therefore, a change in the usual practice of science and a new requirement in order to acquire knowledge, which indicates overcoming the illusions of the man form.

---

\* Flavia Bruno é doutora em Filosofia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e professora da Faculdade de São Bento do Rio de Janeiro (FSB-RJ). Contato: [profabruno@gmail.com](mailto:profabruno@gmail.com)

**Keywords:** Epistemology. Aristotle. Galileo. Contemporary Physics. New way of thinking.

## 1 Introdução

A prática filosófica é uma prática de livre exercício do pensamento. Ela não é comprometida com a verdade ou com a comprovação científica. Como puro exercício de pensar, experimenta ideias, sínteses, especulações que não esperam adesão, muito menos o status de caminho definitivo da racionalidade humana. Assim, é preciso deixar claro que este é um trabalho de filosofia e, embora tenha a física como norte, ele não visa à proposição de enunciados científicos. Ele não propõe um novo caminho para o conhecimento, mas investiga um novo modo de se produzir o conhecimento, a partir das novas descobertas que a física trouxe para o pensamento ocidental.

## 2 A física do que vejo: o nascimento do conhecimento

### 2.1 O conhecimento do Cosmos em Aristóteles

O nascimento da Filosofia é, ao mesmo tempo, o nascimento do conhecimento. Na *Metafísica*, Aristóteles afirma que além do homem ser capaz de produzir imagens sensíveis (*fantasíai*) e recordações dessas imagens (pela memória), também é capaz de produzir arte (*techné*) e raciocínios (*logismói*) (2002, I, A 1, 980a-981a). O processo de produção da arte<sup>1</sup> ou da ciência suporia, inicialmente, a recepção, pelos sentidos, das imagens sensíveis que chegam ao homem através da experiência e da sua habilidade intelectual em formar um juízo geral capaz de se referir a todos os casos semelhantes ao caso observado.

Ainda que o intelecto humano possua a faculdade da abstração que leva o homem à construção dos conceitos, a sensibilidade é a porta de entrada do

---

<sup>1</sup> Reale em seu comentário à *Metafísica* esclarece que a palavra arte não deve ser aqui apreendida em seu sentido contemporâneo, mas, para que não tenhamos o risco de nos equivocarmos, deve ser compreendida como “toda profissão prática baseada em determinados conhecimentos especializados... que baseiam-se em regras gerais e conhecimento sólido” (*Metafísica*, III, A 1, nota 7).

processo de conhecimento. O homem, para construí-lo, se serve dos seus cinco sentidos acreditando que aquilo que ele vê, ouve, toca ou experimenta produz, inequivocamente, uma apreensão plena da realidade, sendo o domínio do sensível o domínio próprio do conhecimento humano. Aqui não há a mínima discordância entre o filósofo e o homem do senso comum, uma vez que ambos partem da premissa de que toda percepção é real.

No que diz respeito ao conhecimento do Cosmos, não é diferente. Não são poucas as vezes que Aristóteles, para sustentar, neste campo do saber, suas ideias e suas conclusões, se apoia na observação da natureza pelo homem. No tratado *Do Céu* ele reforça seus argumentos a partir de tal pressuposto, chegando a dizer: “a razão parece corroborar os fenômenos e os fenômenos, a razão” (2014, 270b 5), ou seja, o que parece lógico ou razoável ao intelecto humano se torna meio de comprovação ou de corroboração das ideias que pretendem oferecer a descrição da natureza e ensinar o seu funcionamento.

A razão e os sentidos constituem o caminho do assentimento às ideias verdadeiras, como o filósofo peripatético mesmo afirma: “também os sentidos o evidenciam, ao menos a ponto de obter a aprovação da crença humana” (Idem, 270b 10). Por exemplo, ao demonstrar que o movimento irregular (*anomalos*) é impossível, ele argumenta que se não fosse assim, deveria haver variação nos intervalos no movimento dos astros e o seu consequente distanciamento no infinito do tempo, dado que um astro se moveria mais celeremente e o outro se moveria mais lentamente, o que, a rigor, não foi revelado pela observação (Idem, 288b 10), acrescentando que o movimento irregular é “inteiramente irracional e igualmente artificioso” e que seria “bastante improvável que esse tipo de coisa escapasse à percepção sensorial” (ARISTÓTELES, 2014, 289a 5).

O céu, na sua perfeição, realiza o movimento circular que não tem ponto de partida, de chegada ou ponto intermediário (Idem, 288 a 20). De acordo com a racionalidade própria da natureza e seu movimento regular, não haveria como conceber que o movimento dos céus sofreria retardamento e aceleração, isto é, a irregularidade, por si mesma, seria inconcebível (Idem, 288a 30).

E ainda sobre a ausência de movimento de revolução e rotação próprios dos astros, ele diz que “nem um nem outro são revelados pela observação” e que a distinta compreensão se oporia ao revelado pela observação e pelo consenso geral (Idem, 290a 10); ou, ao evidenciar que ocorrem mudanças

tanto nas posições dos astros como no céu inteiro, Aristóteles conclui que as esferas estão em movimento, mas os astros estão em repouso, sendo movidos pelas esferas em que estão fixamente instalados e afirma: “é a única forma de não acarretar o irracional” (Idem, 289b 30). Aristóteles crê no princípio da racionalidade do universo, já que “a natureza nada produz nem irracional nem inútil (sic)” (Idem, 291b 10).

Da mesma forma, ao refutar a teoria segundo a qual o movimento dos astros produziria harmonia, Aristóteles diz que não é concebível que estes, sendo tão numerosos e tão expressivos, ao se moverem a grande velocidade, deixassem de produzir um som igualmente elevado (Idem, 290b 30). Caso se movessem, o sol, a lua, os astros, necessariamente produziriam um ruído colossal e insuportável (Idem 291a 1) – tal hipótese é igualmente irracional, dado que nenhuma pessoa ouve tal som (Idem, 290b 10-25), não sendo “possível que essa teoria faça jus aos fatos. Não só pelo absurdo de nada ouvirmos que procuram explicar, ocorre igualmente a ausência de outros efeitos que nos afetariam, que são distintos da percepção sensível” (sic) (Idem, 290b 30). Sua conclusão de que o que está fixo ou contido no que se move não é capaz de emitir qualquer som é demonstrado a partir do fato de que o homem não houve qualquer ruído nem percebe qualquer violência sobre os corpos (Idem, 291a 5).

Tal princípio de racionalidade tem como parâmetro a sensibilidade humana, o que ela percebe ou atesta em suas observações e a razão humana, com suas faculdades, princípios e limitações. Assim, as ideias que fundamentam a física ou a cosmologia aristotélica parecem perfeitamente claras, plausíveis e, porque não dizer, evidentes. A adesão a tais ideias é quase uma espontaneidade, pois parecem ao homem inteiramente naturais. E, por outro lado, estará apta a se apresentar como ideia adequada ao espírito científico tudo o que não parecer contrário ao bom senso.

Isso não significa dizer que a Física aristotélica se desqualifique como ciência. Embora partindo dos dados do senso comum, ela consiste numa elaboração teórica sistemática que servirá de referência para todo o pensamento clássico, tornando-se o modelo oficial adotado tanto na antiguidade quanto no período medieval.

## 2.2 Hierarquia, regularidade, perfeição

O modelo astronômico de Aristóteles considerava que o universo consistia em esferas concêntricas que infinitamente reproduziam o movimento natural

perfeito, isto é, o movimento simples em torno do centro. Haveria 55 ou 47 esferas (se forem subtraídas as esferas dos 6 planetas, do sol e da lua) (ARISTÓTELES, 2002, 12, 1074a), sendo que a mais externa delas seria a esfera das estrelas fixas e o primeiro céu eterno (Idem, 12, 1072a 23-24), tendo a Terra lugar imóvel no centro do universo (ARISTÓTELES, 2014, 296b 15-20; 297a 5; 297a 30).

Neste modelo seria possível distinguir a realidade sensível em dois mundos, tendo a lua como limite: o mundo sublunar e o mundo supralunar (ARISTOTE, 2014, I, 4, fin; 3, 340b, 6). O mundo sublunar, composto pelos quatro elementos (ar, água, terra e fogo) que compõem as coisas corruptíveis, experimentaria todas as formas de mudanças, como a alteração, as estações do ano, o aumento ou diminuição das coisas, a geração e a corrupção dos seres vivos, a partir das transformações destes elementos; mas o mundo supralunar, composto de éter ou quintessência, elemento ingênito e incorruptível, conheceria apenas o movimento circular perfeito, não estando sujeito a nenhuma afecção que produziria a mudança e por isso os céus constituídos deste último elemento seriam incorruptíveis (REALE, 1994, p. 385).

Deste sistema depende-se a perfeição eterna que reinava nos céus, perfeição essa ligada às suas naturezas sempre em ato. Diz Aristóteles: “o sol, os astros e todo o céu estão sempre em ato” (2002, 9, 8, 1050b 20-30), isto é, não estão sujeitos aos movimentos próprios dos seres corruptíveis, cuja substância é matéria e potência e não ato (Idem, 9, 8, 1050b 25-30). “Logo, pode-se afirmar que, para Aristóteles, no universo dos corpos celestes, a natureza se encontra perfeitamente realizada, desenvolvida segundo todas as suas perfeições, sem oposições nem lutas, na simplicidade absoluta” (PHILIPPE, 2002, p. 127).

O universo, para Aristóteles, é finito, sendo o que se nomeia céu (*uranos*) o último e o que está acima, e constitui a morada de toda a divindade (2014, 278b 10-20). Há apenas um mundo (Idem, 276b 20; 277a 10), eterno, indestrutível e não gerado (Idem, 277b 25; 283b 20), encerrando nele mesmo a totalidade da matéria existente (Idem, 278a 25), não sendo possível vir a ser qualquer corpo fora do céu (ARISTÓTELES, 2014, 278b 20). Em suas próprias palavras, “não existe um outro mundo e sequer a possibilidade de seu vir a ser, porque este contém toda a matéria” (Idem, 278b 5); “é singular, uno, completo” (Idem, 279a 10).

Sendo o céu um corpo divino, ele possui um corpo circular e naturalmente move-se sempre em círculo (Idem, 286a 10), isto é, no movimento

perfeito, regular, não admitindo aceleração, clímax ou retardamento, isto é, não admitindo nenhuma irregularidade (Idem, 288a 10-30).

Entretanto, “há a exigência de haver no centro do corpo que gira algo estacionário” (Idem, 286a 10-15). Este algo é a Terra que permanece parada no centro. A física aristotélica, bem como a metafísica são notadamente marcadas pela exigência de estabilidade e permanência. Aliás, não fosse assim, o homem nem mesmo poderia conhecer (ARISTÓTELES, 2002, I, B, 4, 999a 25). Assim, embora não possa negar o movimento, o próprio fundamento deste é dado pelo repouso: “a existência da Terra foi determinada pela necessidade de algo em perpétuo repouso para existir algo em perpétuo movimento” (ARISTÓTELES, 2014, 286b 5).

Assim, o Cosmos grego, a ordem bela e harmoniosa na visão de Aristóteles, é um mundo finito que continua eternamente sem alteração num movimento circular natural, em que a Terra permanece imóvel, dado que sua movimentação contraditória a própria experiência cotidiana, o que resultaria, por conseguinte, numa impossibilidade física. Diz Koyré:

a concepção da finitude necessária do Universo estelar, do Universo visível, é muito natural: vemos uma abóboda celeste; podemos imaginá-la estando muito longe, mas é extremamente difícil admitir que não haja abóboda e que as estrelas estejam distribuídas no espaço sem ordem, aleatoriamente, a distâncias extraordinárias e diferentes umas das outras (1991, p. 89).

Em resumo: toda a ciência clássica e em particular a cosmologia são pensadas a partir das próprias referências humanas, daquilo que para o homem é perceptível, razoável, pensável. Logo, sua leitura do cosmos acaba por se tornar uma expansão de seus próprios afetos. Ao pretender discorrer sobre o mundo, o homem não faz mais do que discorrer sobre si próprio, e estabelece que o comportamento da natureza é o que a sua capacidade sensorial percebe e sua capacidade intelectual consegue conceber.

### **3 Galileu Galilei: Para além do que vejo – o conhecimento moderno e seus instrumentos de ampliação da percepção**

Os preceitos da física aristotélica, bem como a dependência estrita dos sentidos na produção do conhecimento, serão modificados na modernidade. Nicolau Copérnico, embora pacífico homem do clero, com doutorado em

lei canônica, percebeu que a visão aristotélico-ptolomaica do mundo não se coadunava com as mais precisas (para a época) das observações astronômicas. Em sua obra *De revolutionibus orbium coelestium* propunha que, ao invés do sol, planetas e lua circundarem a Terra, a Terra e os demais planetas que giravam em torno do sol, ao mesmo tempo em que giravam sobre os seus próprios eixos – o chamado heliocentrismo<sup>2</sup>. A seu tempo, Copérnico foi duramente combatido, sobretudo porque o seu sistema era incompatível com o senso comum: qualquer homem médio podia levantar objeções contra as suas ideias a partir do que cada homem vê e percebe, isto é, tomando como base suas sensações e a forma de compreender o mundo. Qualquer homem seria capaz de lhe perguntar: “por que não notamos que a Terra está girando, muito menos deslocando-se pelo espaço a uma velocidade enorme?” (NAESS, 2015, p. 38). Ou seja, as ideias de Copérnico encontravam um combate espontâneo, dado que o homem se utiliza de si mesmo e de suas faculdades para aceitar ou refutar uma teoria, o que equivale a dizer que o domínio do senso comum na esfera humana ultrapassa a vida orgânica do cotidiano e se impõe nas próprias considerações científicas.

### 3.1 A revolução de Galileu Galilei

Mas Copérnico também encontrou aliados e o mais notável deles foi Galileu Galilei. Galileu é considerado o fundador da mecânica, a partir de sua descoberta e demonstração das leis da queda dos corpos<sup>3</sup> e do princípio da inércia. Seu conceito de movimento constitui a base da dinâmica clássica e, por tais méritos, seu nome está indissolivelmente ligado à renovação da física e da astronomia de sua época.

Galileu inventou uma série de instrumentos científicos: o relógio de pêndulo (a primeira forma precisa de se medir o tempo), o compasso geométrico militar (notável na observação e cálculo, usado para transferir dimensões de uma escala a outra), o fio de prumo, o esquadro (usados para calcular elevações), o relógio d'água (também utilizado para a medição do tempo),

---

<sup>2</sup> Ainda que na filosofia grega tenha havido quem defendesse tal ideia, foi Copérnico o primeiro a tentar desenvolvê-la.

<sup>3</sup> As quatro leis da queda dos corpos consideram que a velocidade da queda de um corpo independe de sua massa e de sua natureza, e que a velocidade e o espaço percorrido por um corpo em queda livre é proporcional ao tempo da queda.

o termoscópio (que permitia com precisão a medição da temperatura), sem contar o mais notável de todos: o telescópio, que lhe exigiu o aprendizado da arte de polir vidros e que recebeu de sua parte o nome de *cannocchiale* (NAESS, 2015, p. 65) e, por sugestão de Frederico Cesi, recebeu o nome que o consagrou (MONDOLFO, 1967, p. 106).

Na primeira demonstração do uso de sua mais recente invenção, aproveitando-se do dia claro e do alto campanário da Piazza San Marco, em Veneza, os convidados de Galileu puderam experimentar a ampliação dos seus campos de visão. Todo o arredor da cidade de Veneza se tornava visível, sendo possível, inclusive, distinguir pessoas que entravam em uma igreja na cidade de Murano (NAESS, 2015, p. 65).

O primeiro modelo de telescópio ampliava nove vezes o campo de visão, mas com o estudo aperfeiçoado da lapidação das lentes, Galileu chegou a um modelo que tornava os objetos sessenta vezes maiores. Por fim, trabalhando sem fadiga em seu melhoramento, ele chegou a um instrumento que tornava as coisas quase mil vezes maiores e mais de trinta vezes mais próximos do que quando observados a olho nu (GALILEI, 1987, p. 37) e o apontou para o céu, tornando possível a observação de fenômenos celestes que ninguém mais observara até então<sup>4</sup>.

O astro mais próximo e, portanto, mais fácil de ser observado era a Lua, e Galileu afirmava o quão gratificante era poder contemplá-lo tão próximo quanto se ele estivesse apenas a dois diâmetros terrestres e não os sessenta diâmetros que a simples visão proporciona (GALILEI, 1987, p. 35). Esta observação revelou que a superfície lunar era irregular, desigual, composta de enormes proeminências, profundos vales, cavidades e sinuosidades, maculada de protuberâncias e buracos, nada parecida com o modo como Aristóteles a descrevera, qual seja, como uma superfície lisa e polida (GALILEI, 1987, p. 36, 39, 47).

Ao apontar seu telescópio para a Via Láctea, Galileu pode ver uma infinidade de estrelas desconhecidas, jamais catalogadas por nenhum astrônomo ou presentes em um mapa celeste. Galileu já tinha feito muito até aqui, mas a sua mais revolucionária descoberta ainda estava por vir (NAESS, 2015, p. 68).

<sup>4</sup> Por triste ironia, quatro anos antes de sua morte, Galilei fica completamente cego e em uma carta a seu amigo Elia Diodato de 2/01/1638 afirma: “aquele céu, aquele mundo, aquele universo que eu, por meio de minhas maravilhosas observações e claras demonstrações havia ampliado por cem e mil vezes mais do que o comumente crido, diminuiu-se agora e restringiu-se para mim até o ponto de não alcançar nada mais que a minha pessoa” (apud MONDOLFO, 1967, p. 105).

Na noite de 7 de janeiro de 1610, ele identificou no céu os quatro satélites de Júpiter e notou que o comportamento desse planeta era diverso do que se esperava. Esta descoberta Galileu anunciou em sua obra *Mensagem das estrelas*:

...o que principalmente nos moveu a chamar a atenção de astrônomos e filósofos é precisamente ter descoberto quatro estrelas errantes que ninguém antes de nós conheceu nem observou, as quais, à semelhança de Vênus e Mercúrio em torno do Sol, apresentam seus próprios períodos em torno de uma estrela ilustre, que se conta entre as conhecidas, ora precedendo-a ora seguindo-a, não se afastando jamais dela fora de certos limites (1987, p. 36).

Algo inteiramente novo se revelava à ciência moderna, fazendo cair por terra uma das premissas básicas do antigo modelo astronômico. Uma vez que as luas orbitavam Júpiter, isso significava que um “astro móvel também podia ser ao mesmo tempo o centro de outros movimentos, e assim também a Terra, centro da revolução da lua, podia ter o seu movimento de rotação em torno do sol, como afirmava Copérnico, em vez da imobilidade que lhe atribuía o sistema aristotélico-ptolomaico” (MONDOLFO, 1967, p. 107).

As controversas descobertas de Galileu e de outros físicos dele contemporâneos contrariavam a física da hierarquia, uma vez que ele reconhecia que os mundos sublunar e supralunar estariam submetidos aos mesmos princípios. Tais descobertas também põem fim à ideia de perfeição e regularidade do cosmos, pois elas trazem a compreensão que havia mudança na esfera celeste e, conseqüentemente, que o céu não era perfeito e imutável.

Além disso<sup>5</sup>, por meio de sua notável invenção, Galileu iniciou um grande estudo sobre as “Manchas solares” que lhe revelaram possuir o Sol não uma superfície lisa e perfeita, mas irregular e movente, além do fato de revelar que o astro girava em torno do seu próprio eixo. Agora era possível olhar para o céu e ver que Marte e Vênus ora estavam muito próximos da Terra, ora muito afastados, fazendo a Terra parecer ser, por vezes, 40 vezes maior e Marte, 60 vezes maior. Além disso, a superfície de Vênus ora podia ter a forma redonda, ora a forma de foice com pontas finíssimas (GALILEI, 2009, p. 76).

Foram significativas as conquistas de Galileu: descoberta das montanhas na superfície lunar, os satélites de Júpiter, o número impressionante de estrelas

---

<sup>5</sup> Galileu também descobriu o planeta Saturno e anteviu o que 50 anos depois seriam definidos como seus anéis.

em constelações jamais vistas (mais de dez vezes o número até então conhecido), os movimentos de Vênus e Mercúrio, a compreensão da Via Láctea como uma nebulosa constituída de inumeráveis estrelas reunidas. Estas descobertas tinham permanecido invisíveis até o seu tempo, e traziam não apenas novos fatos astronômicos, mas abriam “um novo universo de proporções incomensuráveis, na imensidade do espaço povoado de um sem-número de sistemas astronômicos, em cuja infinidade se desvanecia como fantasma toda a hierarquia de esferas e corpos celestes” (MONDOLFO, 1967, p. 107).

### 3.2 A natureza escrita em caracteres geométricos

Entretanto, a importância de Galileu na história das ciências não se limita apenas às suas “experiências manifestas”, mas na vinculação destas com as “demonstrações necessárias” de acordo com suas próprias e repetidas palavras (2009, p. 20, 55). Ou seja, são dois traços que caracterizam a novidade do pensamento de Galileu: ele torna visível à ciência do seu tempo elementos astronômicos que antes não eram vistos e apresenta suas observações a partir de uma descrição matemática rigorosa.

Para Galileu, a demonstração de sua doutrina a torna mais digna de respeito do que as doutrinas apenas fundamentadas no argumento de autoridade, sejam estas provenientes das Sagradas Escrituras, sejam provenientes dos autores clássicos. Diz ele: que é preciso “considerar com toda diligência a diferença que há entre as doutrinas opináveis e as demonstrativas” (2009, p. 56, 73, 78, 80, 94, 120). Aquele que se serve das demonstrações legítimas não fica ao sabor das trocas de opiniões, pois a conclusão deduzida goza do rigor da necessidade. Aliás, o filósofo italiano cita em Carta à Senhora Cristina de Lorena outros matemáticos que, a partir das demonstrações necessárias, concordaram que era preciso “mudar a já concebida organização do mundo, não podendo esta de maneira nenhuma subsistir mais” (idem, p. 75).

A dimensão que a física moderna toma a partir de Galileu implica numa elaboração teórica que ultrapassa a simples observação, substituindo a experiência cotidiana por um mundo geométrico<sup>6</sup>. A partir dele a compreensão

<sup>6</sup>De acordo com Alexandre Koyrè, Niccolo Tartaglia teria sido o primeiro a dar um tratamento geométrico à ciência da balística, opondo-se ao tratamento puramente empírico que caracterizava essa arte (Cf. A dinâmica de Niccolo Tartaglia. In: KOYRÉ, 1991, p. 107).

da natureza implicará a união entre “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias”<sup>7</sup> ou ainda entre “experiências sensíveis e acuradíssimas observações” (GALILEI, 2009, p. 56, 59). Assim, a produção do conhecimento científico, a compreensão dos fenômenos da natureza terá como princípio o cálculo matemático<sup>8</sup>. Nas suas palavras, o livro da natureza é escrito em caracteres geométricos, em língua matemática (GALILEI, 1979, p. 119). Vale dizer que não apenas os movimentos regulares (os quais, em verdade, não existiam na natureza) estão submetidos a tais leis, mas também os movimentos irregulares, de modo que “a ausência, na natureza, de retas e círculos perfeitos não constitui uma objeção ao papel preponderante das matemáticas na física” (KOYRÈ, 1991, p. 54). Doravante, a ciência moderna tenderá a explicar tudo pelo número, pela figura e pelo movimento” (Idem, p. 182).

Como diz Crombie (apud KOYRÈ, 1991, p. 74), Galileu está se libertando da tendência de um excessivo empirismo que constituía a tradição aristotélica. “A maneira pela qual Galileu concebe um método científico correto implica uma predominância da razão sobre a simples experiência, a substituição de uma realidade empiricamente conhecida por modelos ideais” (KOYRÈ, 1991, p. 74).

É preciso esclarecer que, embora a ciência galilaica tenha escolhido a precisão matemática como princípio e afirme que a realidade estaria submetida à média rigorosa, embora Galileu descubra e formule leis que lhe permitem calcular a velocidade e a posição de um corpo ao longo de sua trajetória, na verdade, o seu tempo não dispunha de um meio preciso para determinar uma duração ou medir uma velocidade (KOYRÈ, 1991, p. 276). É, em conformidade a esta necessidade que Galileu constrói seus instrumentos científicos.

Em oposição à experiência comum, à simples observação, Galileu emprega a experimentação (KOYRÈ, 1991, p. 54), que consiste em uma pergunta feita à natureza em linguagem geométrica e matemática. Ele sabe que para conhecer não basta a observação passiva, mas a interrogação da natureza na forma de uma hipótese e a compreensão da resposta que ela oferece em fórmulas precisas.

Campanella, em sua *Apologia de Galileu*, se serve do caráter matemático do trabalho deste como um elemento diferenciador e, portanto, como

<sup>7</sup> Tais expressões são as que Galileu utiliza em Carta à Grã-Duquesa Mãe, Madama Cristina de Lorena in Galilei, Galileu. Le Opere. V. p. 309-348 (apud MONDOLFO, 1967, p. 107).

<sup>8</sup> Há que se registrar que Galileu Galileu foi filho do eminente músico Vicente Galileu que lhe ensinou, desde cedo que a música e a harmonia são regidas por leis matemáticas.

um relevante argumento a ser usado em sua defesa. Ele afirma que a doutrina sobre o movimento da terra<sup>9</sup> encontrou ao longo da história e, em particular em Aristóteles, contraditação “com razões inconsistentes, sem demonstração matemática” (2007, p. 45-46). As refutações dessas ideias seriam “produto da falta de matemática e cosmografia” (Idem, p. 51). Por outro lado, a astronomia de Galileu deveria ser reconhecida, uma vez que os fenômenos celestes são comprovados “pelo sentido e por instrumentos exatíssimos” (Idem, p. 62). Na *Resposta ao segundo argumento* Campanella chega a indagar: “não entendo por quê hoje os nossos teólogos, *sem prévias demonstrações matemáticas ou experimentos* e sem revelações, sustentam saber com certeza que a Terra está no centro e que é imóvel...” (2007, p. 97, grifo nosso).

Mais uma vez, valorizando o uso de instrumentos próprios, ele diz: “Galileu ... mediante os seus extraordinários instrumentos, torna visíveis as estrelas, até agora ocultas, ensina que os planetas são semelhantes à lua, que recebem luz do sol, que giram uns em torno dos outros, que no céu há mutações dos elementos, que em torno das estrelas há vapores e nuvens, que se encontram muitos mundos...” (CAMPANELLA, 2007, p. 124).

Galileu, ao trazer para as ciências naturais uma descrição científica em linguagem matemática, tornava suas ideias ainda mais distantes do senso comum e das observações cotidianas da vida ordinária. Por exemplo, torna-se possível calcular a rotação da Terra, ainda que pela percepção humana a Terra não pareça girar. Já aqui se percebe um estranhamento entre o cosmos e o homem, estranhamento esse que irá se acentuar na contemporaneidade.

### 3.3 A ampliação do Cosmos e o afastamento do senso comum

A ciência tradicional expressava-se em linguagem natural, cotidiana, mas o mundo moderno se caracteriza pelo uso da linguagem matemática, o que já evidencia um afastamento do senso comum, pois, por ser uma ciência da abstração, a matemática supõe um afastamento da vida oferecida aos sentidos. No mundo aristotélico o cosmos era o que se apresentava naturalmente à faculdade perceptiva e conhecê-lo era descrevê-lo em linguagem natural. Galileu impõe uma revolução na ciência por esta dupla novidade: o cosmos se

<sup>9</sup>De acordo com Campanella, tal doutrina não é exclusiva de Galileu, mas também comum a Pitágoras e mesmo a Moisés, tendo sido ensinada por inúmeros outros matemáticos e teólogos.

expande para além do que eu vejo e cada dado sensível pode ser geometrizado. O mundo deixa de ser descrito para ser explicado e demonstrado com rigor.

A filosofia surge tendo a doxa como rival. A opinião, própria do senso comum, é o primeiro inimigo da filosofia e será um oponente perigoso e combatido que não lhe dará trégua ao longo de toda a história do pensamento humano. Se Galileu encontrou enorme dificuldade foi porque mais do que encontrar resistência na autoridade religiosa da época ou na tradição do pensamento, teve que vencer o senso comum. Como o próprio Galileu afirma a respeito da doutrina copernicana, “tal doutrina não é, portanto, ridícula, visto ser sustentada por grandíssimos homens e, embora o número destes seja pequeno, em comparação com os seguidores da opinião comum, isto é prova, antes, da dificuldade de ser compreendida do que de sua futilidade” (2009, p. 105).

Entretanto, nos adverte Mondolfo (1967, p. 131), a objetividade do conhecimento científico não levaria o homem à compreensão da essência das coisas, mas sempre se limitaria ao campo dos fenômenos, uma vez que tal conhecimento não poderia ter suas hipóteses verificadas experimentalmente. Ou seja, a apreensão das essências das coisas estaria negada ao homem porque o meio que ele dispõe para conhecer é a experimentação, é o que os seus sentidos podem comprovar através da observação (observação esta estendida para além das capacidades naturais do homem por meios dos instrumentos óticos criados) e as equações matemáticas demonstrar. Assim, o que não se pode verificar, não pode se tornar ciência. Galileu não escapa desta vinculação, mas ao contrário, a afirma como absolutamente necessária.

Em síntese: a nova astronomia removeu a Terra do centro do mundo e a colocou entre os planetas, destruindo os alicerces da ordem cósmica clássica, trazendo para os homens coisas que nunca antes viram, o que o levou a reformular a própria ideia de natureza. Entretanto, ainda que a revolução das ciências naturais, no século XVII, tenha significado uma importante transformação para a ordem do conhecimento, o homem da ciência aqui ainda está preso no que vê. “O telescópio não modifica a situação. Ele nos permite ver mais estrelas do que antes de sua invenção; permite-nos transcender a limitação factual de nosso sentido de visão; mas deixa intacta a estrutura essencial da astronomia e do universo de que ela se ocupa” (KOYRÈ, 1979, p. 86). Ou seja, de certo modo o homem ultrapassa suas limitações visuais, por auxílio instrumental amplia sua capacidade de visão, tornando visível o que antes não

o era, e se apoiando nas matemáticas justifica racionalmente o assentimento a essas verdades, mas o princípio epistemológico não se altera, uma vez que ele ainda faz do processo do conhecimento aquilo que ele vê.

O homem necessitava de extensão de si mesmo – o telescópio era uma extensão do seu olhar, permitindo-lhe revelar coisas invisíveis ao olho nu. Mesmo que Galileu estivesse ultrapassando os limites do observável, os limites do que é dado à percepção sensível, ainda era o olho do homem que ditava o conhecimento.

#### **4 A Cosmologia contemporânea – o conhecimento se tornando aquilo que não vejo; o conhecimento para além do sujeito**

##### **4.1 O homem como senhor e possuidor da natureza**

O abandono das ideias clássicas exigiu do homem uma reforma do intelecto e a elaboração de uma nova ideia de natureza e mesmo de ciência, substituindo o ponto de vista do senso comum, da observação imediata dos fatos pelo modelo da abstração e rigor das matemáticas. Eis a revolução científica do século XVII que dissolve o antigo cosmos grego (uma ordem finita, harmoniosa e hierarquicamente ordenada) por um universo aberto, indefinido ou mesmo infinito (KOYRÉ, 1991, p. 155). O grande desenvolvimento da matemática nesse período acaba por constituir esta ciência como um corpo global. Com suas regras e linguagem próprias, ela oferece ao pensador deste período uma racionalidade integral e transparente (CHÂTELET, 1994, p. 59). Será papel do homem de ciência descobrir o segredo das estabilidades do mundo, revelar a verdade da natureza. O homem moderno acredita, diante dos instrumentos que dispõe e da confiança em sua própria razão, poder manejar a natureza, dominá-la. Os progressos da ciência criam no homem o sentimento de um poder sempre crescente sobre o mundo, pois o conhecimento das leis que regulam os seus movimentos permite produzir, impedir ou, no mínimo, prever seus efeitos. Enfim, o homem moderno pode se apresentar como senhor e possuidor da natureza como revela a ambição de Descartes em seu *Discurso do Método* (1979, 6 parte, p. 63).

Ser senhor e possuidor da natureza constitui a origem do pensamento das Luzes e de todo o desenvolvimento da ciência e da técnica nos séculos seguintes. Tal empreitada encontrará na faculdade da razão o seu único

caminho confiável. Assim, o paradigma moderno estará dominado pela perspectiva antropocêntrica: o homem vai pretender controlar o mundo, estabelecendo leis gerais do universo, como as leis de Newton na física e de Lavoisier na química, regularidades que também serão expressas em linguagem matemática. As leis constituem a verdade última do universo e descrevem o mundo em termos de trajetórias determinadas e reversíveis.

Diz Prigogine:

Galileu e seus sucessores pensam a ciência como capaz de descobrir a verdade global da natureza. Não somente a natureza é escrita numa linguagem matemática decifrável pela experimentação, como esta linguagem é única; o mundo é homogêneo: a experimentação local descobre uma verdade geral. Os fenômenos simples que a ciência estuda podem desde logo entregar a chave do conjunto da natureza, cuja complexidade não é mais que aparente: o diverso reduz-se à verdade única das leis matemáticas do movimento (1984, p. 32).

Ou seja, para a ciência moderna o universo é cognoscível, regulado por um pequeno número de leis simples, imutáveis, matemáticas e acessíveis aos homens por meio da mecânica racional. A ciência newtoniana, por exemplo, descobriu uma lei universal à qual obedecem os corpos celestes e o mundo sublunar. Ou seja, nas palavras de Prigogine e Stengers, a natureza seria um autômato submisso (1984, p. 5).

A natureza, homogênea por toda parte, quantitativamente invariável, e em todos os pontos do espaço dominado pelas mesmas leis é acessível ao cálculo e à medição, apresenta-se como um dócil objeto do conhecimento para um homem cuja ambição é desmesurada. Pierre Laplace, físico do século XIX, é o símbolo do universo clássico. Laplace imaginou que haveria um demônio, o famoso demônio de Laplace, que seria capaz de observar num momento determinado, a posição e a velocidade de cada massa constitutiva do universo e daí deduzir a evolução universal, tanto na direção do passado quanto na direção do futuro. Ele representa a possibilidade de previsão determinista do curso das coisas. Diz Laplace:

devemos, portanto, considerar o estado presente do universo como efeito de seu estado anterior, e como a causa daquele que se seguirá. Uma inteligência que, num instante dado, conhecesse todas as forças de que a natureza está animada e a situação respectiva dos seres que a compõem, se por outro lado ela fosse

suficientemente vasta para submeter todos esses dados à análise, englobaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e aqueles do mais leve átomo: nada seria incerto para tal inteligência, e o futuro, tanto quanto o passado, estaria presente a seus olhos (1814 apud MERLEAU-PONTY, 2000, p. 142).

Confiante no poder de sua razão, resguardado pela ciência matemática, seguro de sua capacidade dedutiva, o homem moderno acredita tudo conhecer. Por meio de sua engenhosidade e habilidade de cálculo, ele deixou o pequeno mundo da observação natural e imediata. O cosmos expandiu-se, mas o homem expandiu-se junto com ele. Ou melhor, expandiu-se mais do que ele, porque passou a acreditar que podia, triunfantemente, dominá-lo.

#### 4.2 A metamorfose da ciência

As ambições desmesuradas do homem moderno cederão lugar a vertigens e perplexidades no século XX, quando o homem se verá obrigado a abandonar sua visão antropocêntrica sob pena de nada entender do cosmos e do funcionamento da natureza. Até então, era-lhe natural e mesmo adequado descrever a realidade tendo como referência suas próprias medidas, mas a contemporaneidade traz uma imagem do universo que não pode mais ser ancorada nessa visão. As convenções humanas, na realidade, começam a se revelar um entrave para a física e para a cosmologia dos últimos oitenta anos.

O cosmos se alargou para o homem do XVII, mas ele tratou essa expansão como um aumento quantitativo da natureza, isto é, como se as propriedades aplicadas à Terra ou à sua pequena vizinhança também pudessem ser aplicadas para além do nosso sistema solar, para além da nossa galáxia e mesmo para as dimensões infinitas do cosmos. Já o homem do XX começa a pensar a expansão do cosmos, sobretudo, como uma variação qualitativa. Isso significa dizer que a natureza ganha uma complexidade que exigirá a criação de novos e surpreendentes conceitos.

O século XX marca um novo momento na história das ciências, em que as certezas próprias da modernidade cederão lugar à imprevisibilidade, ao indeterminismo, à instabilidade, ao devir, isto é, preceitos que levarão o pensamento necessariamente para além das referências do homem. Agora, “trata-se de adivinhar o comportamento duma (sic) realidade distinta de nós, insub-

missa tanto a nossas crenças e ambições quanto a nossas esperanças” (PRIGOGINE e STENGERS, 1994, p. 3).

O caminho para essa metamorfose da ciência não foi exatamente fácil. Abrir-se para a dinamismo, para os movimentos irregulares, para a ideia de um universo em evolução foi um processo que encontrou enorme resistência. Até o início do século XX a ideia newtoniana de um universo estático ainda vigorava. O mundo newtoniano pressupunha um substrato eterno, estável, imutável, identificado com o tempo e o espaço absolutos, sem qualquer evolução (NOVELLO, 2006, p. 13) e toda descrição do universo era subordinada a essa visão apriorística, o que, claramente, limitava a sua descrição.

Este modelo começa a desaparecer frente à teoria da Relatividade de Einstein, que, em 1917, apresenta o primeiro modelo cosmológico do século XX. Entretanto, Einstein, ele mesmo, embora tenha contribuído decisivamente para a história da física, modificando as equações que governavam, desde o século XVII, a dinâmica dos fenômenos gravitacionais, optou por não se aventurar num domínio tão radicalmente novo.

De acordo com Novello (2006), Einstein verificou que as equações da relatividade geral não eram compatíveis com as propriedades que ele atribuía, a priori, ao Universo. Ao invés de rejeitar suas ideias pré-concebidas e passar a examinar novas propriedades do universo, estas sim, adequadas às equações da relatividade, Einstein “*achou conveniente, necessário e, mais que isso, indispensável, alterar as equações originais que havia estabelecido em sua teoria da relatividade geral para torná-las compatíveis com a sua visão apriorística do universo*” (2006, p. 47, grifo nosso).

Ou seja, a modificação das equações da relatividade que Einstein realizou, alterando sua então recém-criada teoria da gravitação ao introduzir a constante cosmológica (grande lambda), demonstra o quão apegado ele estava a uma visão clássica do mundo. Mesmo Einstein, que revolucionou a física, não se sentiu preparado para superar por completo o legado dos séculos que o precederam e ao mesmo tempo que destruiu alguns absolutismos, se apressou em garantir outros. Diz Novello:

[Einstein] pretendia eliminar os apriorismos herdados da linhagem newtoniana ao longo dos séculos e ir até mesmo além, abandonando a herança da geometria de Euclides; mas, a um só tempo, não deixava esse lugar especial vazio: ocupava-o com outras ideias absolutas sobre a descrição racional do Universo.

Desse modo, tal constante cosmológica seria um resquício dos absolutismos cósmicos da ciência newtoniana (NOVELLO, 2010, p. 34) dos quais Einstein ainda não estava totalmente livre. O físico alemão preferiu reformular suas próprias descobertas adaptando-as ao modelo clássico da física a alterar profundamente o arcabouço teórico desta ciência. Haveria processos ainda não observados que exigiriam uma completa reestruturação dessa forma de pensar, o que vai acontecer a partir do desenvolvimento e sustentação da ideia de expansão do universo.

#### 4.2.1 O Universo em expansão

Ainda que o modelo newtoniano dominasse a física dos últimos séculos, sua própria teoria da gravitação trazia uma questão importante e que se colocava desde o século XVII: se a matéria atrai matéria por causa da gravidade e se o universo está cheio de matéria, porque ele não entra em colapso? Para Newton a resposta era: o universo não colapsa porque as posições das partículas seriam divinas e precisamente calculadas, o que resultaria em um equilíbrio perfeito. Ao criar o mundo, Deus teria colocado os sistemas de estrelas a distâncias imensas uns dos outros, de modo a não caírem sobre si. Ou seja, a explicação de Newton considerava uma ausência de interação gravitacional entre os corpos do cosmos (PANEK, 2014, 75-76), excluindo a ideia do universo em movimento perpétuo.

A essa pergunta, Hubble deu uma resposta diferente: o universo não colapsaria porque estaria em expansão e a expansão seria mais forte que os efeitos gravitacionais (pelo menos nesse momento do universo; se futuramente o colapso viria, era uma outra questão ainda a ser respondida) (PANEK, 2014, p. 77).

De acordo com Hawking (1988, p. 67), o comportamento dinâmico do universo poderia ser previsto, desde o século XVII, pela teoria da gravidade de Newton ou em qualquer outro momento dos séculos seguintes. Entretanto, a crença no universo estático era tão arraigada que só no século XX pode-se conceber um universo dinâmico. Assim, só no final da década de 20 os astrônomos compreenderam que as galáxias não se deslocavam ao acaso, mas que seu movimento levava à constatação de que, não sendo estático, o universo estaria em expansão, fazendo com que a distância entre as galáxias aumentasse constantemente.

Na realidade, Alexander Friedmann, desde 1919, já oferecia um novo modelo teórico que pressupunha um universo em expansão, isto é, uma compreensão do universo como processo dinâmico (NOVELLO, 2010, p. 53), mas nessa época esta teoria não podia se sustentar em observações experimentais, o que só será possível em 1929, com Hubble, quando este evidencia que as galáxias se afastavam à grande velocidade e, posteriormente, com Penzias e Wilson em 1963, que detectaram sinais estranhos, porém regulares, de resquícios de uma fase extremamente quente do universo, a chamada detecção de radiação cósmica de fundo<sup>10</sup>. Essa detecção lhes permitiu concluir que a temperatura do universo teria sido maior no passado e, por conseguinte, o volume do espaço teria sido menor (NOVELLO, 2010, p. 21-22; 39).

Amparada pelas observações e por essas novas descobertas, a teoria de Friedman ganha espaço, se torna “formalmente o cenário-padrão da cosmologia nas últimas décadas do século XX” (NOVELLO, 2010, p. 39) e passa a influenciar as novas ideias: “ao longo do século XX os cientistas desenvolveram um cenário-padrão baseado na ideia de que o universo é um processo em evolução e seu volume total aumenta com o passar do tempo” (NOVELLO, 2010, p. 30).

A partir daí, a ideia de evolução passa a ser predominante. Uma das mudanças mais significativas veio com a constatação, na década de 40, do afastamento das galáxias e da conclusão de que o universo estaria se expandindo, isto é, a compreensão de que o universo, de modo global, possuiria uma natureza dinâmica, que deveria ser pensado como um processo, como um movimento (NOVELLO, 2005b, p. 55-56), tendo uma configuração variada de modo não uniforme com o passar do tempo. Ele outrora teria sido muito diferente do que é hoje: teria sido muito menor, muito mais quente, de diferente opacidade e com forças unificadas. Ou seja, um universo com características muito diferentes do que até então fora pensado pelo paradigma clássico. No século XX, a física passa a oferecer uma visão exuberante do cosmos, uma sequência maravilhosa de processos em permanente movimento; uma sequência ininterrupta e infatigável de criação.

Vera Rubin teve importante contribuição para o entendimento de que o universo estava em movimento, que todas as galáxias estavam em movi-

---

<sup>10</sup> Novello esclarece que essa radiação já havia sido detectada em 1941, mas que passou despercebida pelos físicos.

mento. Ela estudou centenas de galáxias para escrever sua dissertação sobre o universo em rotação e, em 1973, observou que as galáxias não apresentavam apenas o movimento resultante da expansão, mas também possuíam movimento próprio (PANEK, 2014, p. 67).

O dinamismo no universo levou a cosmologia a criar as teorias de formação do mundo e do seu posterior desdobrar, incluindo a própria evolução dos corpos celestes. Foi estudando a vida das estrelas desde a sua formação até o seu colapso final que os cientistas chegaram a novos conceitos como, por exemplo, o de buraco negro. Desde a década de 80 se popularizou esta curiosa característica que envolve o colapso de estrelas. O buraco negro seria o estágio final de uma estrela, quando a força exercida pela estrela colapsada é tão forte que toda e qualquer forma que estivesse perto dela seria fatalmente atraída pelo buraco negro e lá permaneceria enquanto ele existir (NOVELLO, 2005b, p. 144).

Diz Prigogine e Stengers:

onde a ciência clássica tinha sublinhado a permanência, vemos agora mudança e evolução, vemos partículas elementares que se transformam umas nas outras, que entram em colisão, se decompõem e nascem; já não vemos mais nos céus as trajetórias periódicas que enchiam de admiração o coração de Kant...; vemos objetos estranhos, quasares, pulsares, explodem as galáxias e se despedaçam, as estrelas – dizem-nos – afundam-se em black holes que devoram tudo o que podem apanhar” (1994, p. 164).

#### 4.3 O universo se torna aquilo que está para além do que eu possa ver

De todo modo, ainda que a ideia de evolução e dinamismo tenham trazido novas compreensões da física e do cosmos, a grande novidade que esta ciência traz ao pensamento nas últimas décadas reside numa questão muito mais complexa e atordoante: o universo se torna aquilo que está para além do que o homem pode ver. Esta astronomia do invisível, como chamou Mario Livio, se torna o novo desafio do conhecimento, pois sua compreensão requer um novo caminho que ultrapasse a percepção humana, sua capacidade de ver ou de ampliar sua visão.

Este novo passo da história da epistemologia, dado de forma primeira pela cosmologia, encontra nos conceitos de matéria escura e energia escura o caminho de uma realidade que está para além do que é permitido ao homem observar. Eis a nova perplexidade do homem da ciência: como posso conhecer

o que não vejo? Como definir uma natureza que não se apresenta à sua representação sensível?

#### 4.3.1 A matéria escura

De acordo com a lei da gravidade de Newton, é possível calcular a velocidade média de uma galáxia considerando sua massa total. Isto é, é possível calcular a que velocidade as galáxias devem se mover para evitar cair no centro do aglomerado ou a que velocidade escapariam de sua órbita (a chamada velocidade de escape) (TYSON, 2015, p. 65).

Ao estudar os aglomerados de galáxias em 1933, o suíço Fritz Zwicky estudou 8 delas no aglomerado de Coma<sup>11</sup> e “descobriu que sua velocidade média é chocantemente elevada. Como forças gravitacionais maiores induzem velocidades mais elevadas nos objetos que atraem, Zwicky deduziu uma enorme massa para o Aglomerado de Coma” (TYSON, 2015, p. 64). Dito de outro modo, ele observou que as galáxias deste aglomerado se moviam mais rapidamente que a velocidade de escape, o que fatalmente levaria à dispersão do aglomerado após algum tempo. Mas, considerando que a idade do aglomerado é de 10 bilhões de anos, deveria haver algum problema com a massa do aglomerado (TYSON, 2015, p. 66).

Ao comparar a massa e a velocidade das estrelas visíveis, ele concluiu que “a densidade do grupo deveria ser 400 vezes maior do que sugerido pela abordagem apenas visual” (PANEK, 2014, p. 64). Tal resultado, refinado posteriormente, caiu para 50 vezes. De todo modo, era uma discrepância tão grande que acarretava a seguinte ideia: a densidade da matéria luminosa em Coma seria minúscula se comparada à densidade de alguma matéria escura – *dunkle materie*, na expressão que utilizou (PANEK, 2014, p. 64). Em conclusão, ao observar as velocidades locais das galáxias, ele inferiu que há muito mais matéria no universo do que a que emite luz visível (NOVELLO, 2010, p. 118).

Em 1936, Sinclair Smith publicou um artigo em que tratava de um padrão similar no aglomerado de Virgem, sugerindo que houvesse “uma grande massa de material internebuloso dentro do aglomerado” (SMITH apud PANEK, 2014, p. 64).

---

<sup>11</sup> O aglomerado de Coma é o mais próximo aglomerado de galáxias da Terra, acerca de 300 milhões de anos-luz de distância.

Dado que a matéria visível seria insuficiente para justificar as velocidades observadas, concluiu-se que estaria faltando matéria no universo e este problema ficou conhecido como o problema da “massa faltante”. Tal problema ganha corpo nos anos 60 e 70, até que novos estudos demonstram que o halo invisível de uma galáxia tinha tanta massa quanto as suas partes visíveis (PANEK, 2014, p. 65). Assim, os astrônomos começaram a se dar conta de que seus objetos de estudo, até então compreendido como todo o universo, revelava-se apenas uma pequena porção deste; e foram eles se encaminhando para a ideia de que haveria uma massa invisível no universo. A partir daí, o termo “massa faltante” deixa de ser usado, uma vez que o problema não era a dificuldade de sua localização, mas a própria impossibilidade de ser vista, mesmo com o mais sofisticado dos instrumentos óticos. E então o termo de Zwicky mostrou-se apropriado: tratava-se de uma matéria escura.

Esta massa ausente ou matéria escura parecia efetivamente existir, embora de modo invisível, desconhecido. Os cientistas tinham dela apenas um conhecimento teórico; havia evidências de sua existência pelo modo como afetava o que estava à sua volta, mas em razão de sua distância e escuridão, era uma matéria que não podia ser vista.

Na década de 70, Vera Rubin, ao estudar a galáxia de Andrômeda e ao observar a velocidade das estrelas que orbitavam os centros das galáxias, pode verificar que as estrelas da parte externa da galáxia giravam ao redor do centro com a mesma velocidade que as estrelas da parte interna (PANEK, 2014, p. 53-54). Seguindo ainda a lei da gravitação de Newton, as velocidades orbitais deviam cair com a distância crescente em relação ao afastamento do centro da galáxia, mas não era o que acontecia, uma vez que as velocidades continuavam altas. Novamente, havia muito pouca matéria visível para explicar as velocidades orbitais observadas (TYSON, 2015, p. 67).

Em outras palavras, até onde se podia ver, a galáxia havia terminado, mas a velocidade continuava constante. Que conclusão Vera Rubin inferiu? Que embora não se conseguisse ver a matéria ali, se poderia compreender que para além do visível das estrelas, do gás dos braços espirais ainda havia a galáxia de Andrômeda (PANEK, 2014, p. 55). Isto é, a galáxia não era vista apenas por sua materialidade, mas a velocidade constante demonstrava que o universo se expandia para além do que podemos ver e, conseqüentemente, para além do que acreditamos ser.

Ao se observar outras galáxias e outros aglomerados, os cientistas verificaram que a discrepância entre a massa em objetos visíveis e a massa total do sistema possui média 6 aproximada, isto é, a matéria escura teria seis vezes mais massa que toda a matéria visível (TYSON, 2015, p. 67).

Esta matéria escura não é a mesma de que são feitos os átomos – matéria esta familiar ao homem. Não se trata da matéria que conhecemos, só que escura. A Matéria comum ou matéria bariônica exerce gravidade e pode absorver, emitir e interagir com a luz de outras maneiras. Mas a matéria escura, embora também exerça gravidade como a matéria comum, é uma substância de natureza distinta e desconhecida, pois não interage com a luz de nenhum modo conhecido, não formando nada, não interagindo consigo mesma nem com nenhum outro tipo de matéria. Sua natureza ainda não encontra precisão, mas tudo o que se sabe é que acrescenta massa ao universo (PANEK, 2014, p. 216-217).

Nas palavras de Tyson, a matéria escura “parece não interagir por meio da força forte, por isso não é capaz de formar núcleos. Não se descobriu que interage por meio da força nuclear fraca, algo que até os elusivos neutrinos fazem. Não parece interagir com a força eletromagnética, portanto, não cria moléculas, nem absorve, emite, reflete ou espalha luz. Exerce gravidade, entretanto, à qual a matéria comum reage. Só isso” (2015, p. 70).

A matéria familiar ao homem é a matéria que se apresenta à sua representação sensível: a matéria que ele vê, toca, experimenta. Até então, o homem acreditou que tudo o que existia fosse composto dessa substância. Agora ele descobre que o cosmos seria não só muito mais vasto, mas de natureza diferente daquilo que se apresenta à sua representação sensível e que, portanto, seu conhecimento sobre o cosmos, outrora tão cheio de certezas e pretensões definitivas, se vê reduzido a bem pouca coisa. “Os astrofísicos às vezes argumentam que toda a matéria que viemos a conhecer e amar no universo – a matéria de estrelas, planetas e vida – são meras boias flutuando num vasto oceano cósmico de algo que parece nada” (TYSON, 2015, p. 70).

Ainda em relação à natureza da matéria escura, sabe-se que ela permeia todo o volume ocupado pelas galáxias em órbita. “Na realidade, as localizações da matéria comum e da matéria escura coincidem de maneira muito indefinida” (TYSON, 2015, p. 69).

A partir da última década de 80, o mistério da matéria escura começa ser investigado em um centro de estudos, inclusive com tentativa de sua detecção

em laboratório. Em 1986 Bohdan Paczynski sugeriu que sua presença pudesse ser reconhecida através de uma técnica chamada lentramento gravitacional, algo já sugerido por Einstein em 1936 e que se tornaria possível graças ao advento da tecnologia dos supercomputadores. Em realidade, a questão não era a observação da matéria propriamente dita, mas sim o seu efeito – a gravidade (PANEK, 2014, p. 219-220).

A gravidade quer fazer as coisas condensarem; a expansão faz as coisas se diluírem. A gravidade não poderia ganhar essa batalha sem o auxílio da matéria escura. Isto é, pode-se não saber o que ela é, mas se sabe que seus efeitos são reais, sendo responsáveis por manter a matéria comum unida.

Mas como ver algo que é impossível ser visto? Em meados do século XX os astrônomos “ampliaram sua compreensão sobre a ‘luz’ olhando através de telescópio que ‘enxergavam’ além das partes óticas do espectro eletromagnético – ondas de rádio, radiação infravermelha, raios X, etc. Depois de aceitar a evidência da matéria escura, os astrônomos compreenderam que teriam que expandir sua definição de ‘olhar’. Agora, se quisessem compreender o funcionamento do universo, teriam que aprender a olhar no sentido mais amplo da palavra” (PANEK, 2014, p. 218).

#### 4.3.2 A energia escura

Desde 1975, os físicos consideram a presença da matéria escura no universo; depois de 1999, passou-se a considerar a presença de uma substância de natureza ainda mais misteriosa: a energia escura.

A partir de Hubble, passou-se a admitir a ideia do universo em expansão. A pergunta que imediatamente se pôs foi: até quando essa expansão iria? Nas décadas de 80 e 90 os astrônomos dedicaram-se a encontrar supernovas<sup>12</sup> que lhe trariam dados suficientes para entender o quanto se desacelerava a expansão do universo. Duas equipes de astrônomos, trabalhando de modo independente, buscavam e estudavam as chamadas supernovas de tipo Ia (as que produzem as explosões mais luminosas do cosmos, visíveis através de bilhões de anos luz) para conseguir dar conta desse problema. A conclusão que ambas equipes chegaram era que a densidade da matéria não afetaria a

---

<sup>12</sup> Supernovas são um tipo de estrela explosiva suficientemente brilhantes para serem vistas dos mais distantes confins do espaço, embora rápidas, raras e aleatórias.

taxa de expansão, posto que esta não estava desacelerando, mas ao contrário, a expansão do universo estaria se acelerando. As supernovas encontradas se mostravam menos brilhantes e mais distantes, diferentemente do que propunha para um universo repleto de matéria atuando sob o efeito gravitacional (PANEK, 2014, p. 194).

A ideia de que o universo estava em expansão acarretou a descrição do conteúdo material do universo como errada ou incompleta (NOVELLO, 2010, p. 74). Haveria, pois uma nova configuração material de propriedade ainda desconhecida. Assim, estimou-se que a matéria (escura ou não) seria de 20 a 40% do total e os outros 60 ou 80% era outra coisa – uma nova força que eles não podiam imaginar (PANEK, 2014, p. 140). Ou seja, as evidências indicavam que o universo não poderia ser feito apenas de matéria e deveria haver outra coisa que sobrepujava a força da gravidade e alimentava a expansão.

As supernovas mais distantes se revelaram mais tênues do que o esperado, estando mais distantes do que deveriam estar, evidenciando que algo obrigou o universo a se expandir mais rápido do que deveria. Essa expansão adicional seria provocada pela energia escura, contida no espaço vazio. (TYSON, 2015, p. 92-93). Em outras palavras, a possibilidade de que a expansão do universo esteja acelerada criou dificuldades para a física, levando à hipótese de que deveria haver um tipo especial de energia (denominada energia escura), a principal responsável pela evolução do universo (NOVELLO, 2010, p. 90) e, aparentemente, a sua substância dominante.

A partir daí os cientistas começaram a associar a aceleração do universo com um novo tipo de matéria ou energia, que recebeu o nome de energia escura, que não se identificaria com nenhuma forma de matéria-energia já conhecida e, só poderia ser observada indiretamente, isto é, pelo comportamento de aceleração da expansão do universo (NOVELLO, 2010, p. 74-75).

A matéria tenderia a retardar a expansão do universo, pois a gravidade atrai tudo na direção de tudo. Quanto maior a densidade da matéria, mais essa atração vai desacelerar as coisas. Mas a energia escura faz algo diferente. Ela “tem uma estranha propriedade: ela tende a forçar o espaço a se expandir, e assim acelera a expansão. Quando o espaço se expande, mais energia escura é gerada.... a nova energia escura tende a fazer o cosmos se expandir ainda mais rápido” (TYSON, 2015, p. 94).

Em 2001, Riess mostrou que a expansão do universo havia passado de decrescente para crescente e, em lugar de diminuir a velocidade (por causa da

atração gravitacional da massa), acelerava-a, sob a força antigravitacional da energia escura. Em 2003, ele e sua equipe entenderam que o universo tinha dado essa “meia trava” há 5 bilhões de anos e nos anos seguintes demonstraram que, mesmo há 9 bilhões de anos, quando a matéria tinha mais força para se impor, a energia escura também estava presente no universo (PANEK, 2014, p. 245).

Em resumo, o final do século XX e o início do século XXI fez nascer uma nova exigência na ordem da compreensão do universo: “o movimento das galáxias não fazia sentido a não ser que especulássemos sobre a existência da matéria escura. A luminosidade das supernovas não fazia sentido, a não ser que inferíssemos a existência da energia escura” (PANEK, 2014, p. 203). Matéria escura e energia escura são estruturas desconhecidas porque exigem uma forma de ver diferente da forma habitual de ver, o que implica necessariamente uma forma de pensar diferente da forma habitual de pensar.

Esses novos conceitos e essa nova compreensão da natureza marcam um terceiro momento na história do conhecimento, em que conhecer não é mais retratar o que é visto, seja pela visão natural, seja por uma visão artificialmente alargada por instrumentos óticos. Toda questão agora é a insuficiência humana: encerrada em suas representações, a natureza sempre estará negada ao homem, mas uma vez disposto a ultrapassar sua própria condição, será possível a ele descobrir os encantamentos da vida.

Pensar uma realidade que não se oferece à representação humana talvez pareça um pesadelo; talvez seja demais para suportar. Entretanto, é esse precisamente o caminho da filosofia.

O próprio pesadelo talvez seja um desses movimentos que nem o homem acordado e nem mesmo o sonhador podem suportar, mas somente o adormecido sem sonho, o adormecido em sono profundo. E o pensamento, considerado como dinamismo próprio ao sistema filosófico, talvez seja, por sua vez, um desses movimentos terríveis inconciliáveis com um sujeito formado, qualificado e composto como o do *cogito* na representação (DELEUZE, 2006, p. 133).

A nova ideia que esses conceitos trazem é que tudo o que existe não é tudo o que é observado ou todo o real. As faculdades humanas são preparadas para lidar com o mundo mental e com o mundo empírico, mas “conhecer a natureza somente pela observação é uma limitação muito grande” (NOVELLO, 2005a, p. 15).

A natureza pode ser maior que o nosso universo.... o que chamamos de nosso universo pode se referir somente a uma parte de uma Totalidade maior. A grande questão para os cientistas consiste em procurar algum modo de observar estas extensões para além da imagem mental que fazemos do universo, para além destas quatro dimensões em que pensamos a realidade (NOVELLO, 2005a, p. 49).

#### 4.4 Um chamamento a uma nova forma de pensar

A física contemporânea, a partir das suas mais recentes descobertas, está tornando visível um imperceptível. Imperceptível para as práticas epistemológicas comuns. Ela está, pois, fazendo um chamamento a um novo horizonte conceitual em que as reproduções habituais da ciência precisarão ser substituídas por um novo modo de fazer ciência.

Não se trata de uma perturbação na esfera do conhecimento. Trata-se antes de um grito da física em direção a uma revolução nas práticas epistemológicas comuns, que exige uma desvinculação com a dependência sensório-motora, as práticas do bom senso e as formas bem constituídas.

Que belo é poder assistir esse momento em que a forma clássica da ciência estaria se exaurindo ao mesmo tempo em que conclama uma nova forma, forma esta distante dos processos de reconhecimento do homem, distante da projeção demasiadamente humana que perpassou toda a história do pensamento.

Algo estranho e muito aterrorizante se avizinha: um rompimento com 2500 anos de hábitos mentais plenamente adaptados ao homem comum e a entrada numa prática de pensamento que desafia o homem a vencer a sua própria natureza e conseqüente limitação. Ao invés de um pensamento apaziguado, uma incapacidade de compreender; quase que um desespero frente à falta de reconhecimento. Ilumina-se um outro caminho para o pensamento não mais ancorado na clareza e na distinção, na evidência, nos enunciados definitivos, mas aberto a uma grandeza que nos ultrapassa em todas as medidas, onde, para se compreender as forças da natureza, os eixos, as referências terão de ser desfeitas. Em resumo, um certo uso comum do conhecimento terá que ceder lugar a um uso metafísico, mais potente para se pensar o Cosmos.

Seria a física e, em especial, a cosmologia, o caminho para a liberdade das ilusões da forma homem?

De todo modo, abre-se a porta para uma divergência, instaurou-se uma outra série, liberta-se de uma antiga prática de pensar.

## Conclusão

Até o século XX, o mundo material era todo o cenário onde a física devia constituir suas experiências e elaborar suas leis, posto que era tudo o que existia. As novas descobertas da física levaram o homem para uma realidade que está além do que lhe é permitido observar.

No século XXI, o homem descobre que a questão do universo não é o seu alcance quantitativo, isto é, não se trata de ir alargando o olhar para distâncias cada vez maiores, multiplicando galáxias aos bilhões. Uma mudança de natureza qualitativa se dá: o universo deixa de ser apenas composto com a matéria que até então se acreditava compô-lo, a matéria que a percepção sensível abarca. Surge um novo adjetivo: escuro. De acordo com as proporções admitidas, o universo seria composto por 22,7% de matéria escura, 72,8% de energia escura e 4,56 % da matéria que conhecemos e de que somos feitos (PANEK, 2014, p. 280-281).

Se olharmos para o universo, nossa percepção nos faz crer que a Terra é estacionária, que o Sol gira ao redor da Terra, que as estrelas não possuem movimento. Foi preciso ao homem da ciência ir além do que sua percepção fazia crer. Mas agora, nos últimos anos, a questão da ciência não é ir mais além, porque o problema não é mais refinar a percepção, mas passar a construir o conhecimento científico sobre outras bases, em que a percepção antes de ser o caminho primeiro, é vista como armadilha de ilusões.

Assim, a física contemporânea antecipa uma reforma epistemológica. Ela desafia o homem a construir uma outra forma de pensar, sob pena de mesmo se esvaziar enquanto ciência. Ao homem comum esse desafio pode parecer absolutamente ininteligível. Porém, outras ideias também já foram assim consideradas. Newton em uma carta a Richard Bentley diz que a noção de existência de uma força de atração entre objetos distantes é um absurdo tão grande que nenhum homem poderia pensar nisso (apud PANEK, 2014, p. 271). Ou seja, a própria teoria da gravitação seria perturbadora porque fundada em uma inteligibilidade incomum. Mas passados dois séculos, ela se tornou comum. Einstein fez isso ao fazer da gravidade não uma força misteriosa entre dois objetos, mas sim uma propriedade do espaço (PANEK, 2014, p. 271).

Com facilidade o homem construiu a prática do conhecimento na antiguidade: era tudo o que ele via, tudo o que apresentava à sua percepção; a partir do renascimento a prática do conhecimento, não sem alguma estra-

nheza, também continuou familiar ao modo e às práticas humanas. Mas o que se apresenta agora, na contemporaneidade, é bastante difícil. É olhar para a natureza e buscar algo que parece estar fora dela mesma. Algo que não pode ser visto, mas também para ser pensado exige uma quebra das regras do entendimento, dos princípios norteadores da logicidade e da razão. Mais do que desbravar o Cosmos, o homem precisa mergulhar nessa aventura que desbravará o próprio ato de pensar.

Estamos diante de um avanço do pensamento, de uma experiência mais grandiosa do que significa pensar e tudo o que hoje parecer vertiginoso, incompreensível ou mesmo impossível deixará de sê-lo quando a aventura do pensamento começar.

## Referências

- ARISTÓTELES. *Metafísica*. São Paulo: Loyola, 2002.
- \_\_\_\_\_. *Do céu*. São Paulo: Edipro, 2014.
- \_\_\_\_\_. *Física I -II*. Campinas: Editora Unicamp, 2009.
- ARISTOTE. *Oeuvres Complètes*. Paris: Flammarion, 2014.
- CAMPANELLA, Tommaso. *Apologia de Galileu*. São Paulo: Hedra, 2007.
- CHÂTELET, François. *Uma história da razão: entrevistas com Émile Noël*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- DELEUZE, Gilles. *A ilha deserta: e outros textos*. São Paulo: Iluminuras, 2006.
- DESCARTES, René. *Discurso do método In: Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- GALILEI, Galileu. *O ensaiador. In: Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- \_\_\_\_\_. *Ciência e fé*. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2009.
- \_\_\_\_\_. *Diálogo sobre dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. São Paulo: Discurso editorial, 2001.
- \_\_\_\_\_. *A mensagem das estrelas*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 1987.
- HOWKING, Stephen. *Uma breve história do tempo: do big bang ao buraco negro*. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico*. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

\_\_\_\_\_. *Do mundo fechado ao universo infinito*. Rio de Janeiro: Forense universitária, 1979.

MERLEAU-PONTY, Maurice. *A natureza*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

MONDOLFO, Rodolfo. *Figuras e ideias da filosofia da renascença*. São Paulo: Mestre Jou, 1967.

NAESS, Atle. *Galileu Galilei: um revolucionário e seu tempo*. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

NOVELLO, Mario. *Do big bang ao universo eterno*. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

\_\_\_\_\_. *Os jogos da natureza: a origem do universo, os buracos negros, a evolução das estrelas e outros mistérios da natureza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

\_\_\_\_\_. *Máquina do Tempo: um olhar científico*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005.

\_\_\_\_\_. As leis da física e a criação do mundo. *Cosmos e Contexto. Revista eletrônica de Cosmologia e Cultura*, n. 25, dez. 2014. Disponível em: <http://www.cosmosecontexto.org.br/?p=3020>. Acesso em: 24 set. 2015.

NIETZSCHE, Fridrich. *Sobre verdade e mentira no sentido extramoral*. São Paulo: Hedra, 2008.

PANEK, Richard. *De que é feito o universo?* Rio de Janeiro: Zahar, 2014.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabela. *A nova aliança*. Brasília: UNB, 1984.

PHILIPPE, Marie-Dominique. *Introdução à filosofia de Aristóteles*. São Paulo: Campus, 2002.

REALE, Giovanni. *História da Filosofia antiga*. 2 v. São Paulo: Loyola, 1994.

VOLTAIRE. *Micrômegas: uma história filosófica*. Belo Horizonte: Autêntica, 2012.

Artigo recebido em 27/11/2018 e aprovado para publicação em 14/12/2018

ISSN 1677-7883

DOI: <http://dx.doi.org/10.31607/coletanea-v17i34-2018-5>

### Como citar:

BRUNO, Flavia. O conhecimento do que vejo, o conhecimento para além do que vejo e o conhecimento do que não posso ver. *Coletânea*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 34, p. 277-306, jul./dez. 2018. Disponível em [www.revistacoletanea.com.br](http://www.revistacoletanea.com.br).