

1 – Elementos da Filosofia da Ciência em Aristóteles

Aristóteles, nascido em Estagira (Trácia) no ano 384 a.C., é, sem dúvida, um dos grandes filósofos gregos. Seus interesses eram muito amplos, abrangendo temas tão diversos quanto biologia, ética e arte poética. Seu pai, Nicômaco, era médico do rei da Macedônia, o que talvez explique, ao menos em parte, seu interesse por determinadas linhas de estudo. No limiar da idade adulta, junta-se à Academia de Platão, em Atenas. Ali permanece até a morte do mestre, em 348 / 347 a. C. Posteriormente, casa-se e é convidado por Filipe II para ser o tutor de seu filho, que viria a ser conhecido como Alexandre, o Grande. Em 335 a. C., Aristóteles retorna a Atenas e funda sua escola, o Liceu. Os membros dessa escola vieram a ser conhecidos como *peripatéticos* (*caminhantes, itinerantes*). Seu período em Atenas, até 323 a. C., deu origem à maioria de seus trabalhos. Foi um pesquisador que percorreu o conhecimento humano, tendo sempre deixado sua marca. Com a morte de Alexandre, acaba deixando Atenas, que, dessa forma, pecou pela segunda vez contra a filosofia (a primeira vez foi por meio da morte de Sócrates). Morre em 322 a. C.

A investigação científica em Aristóteles é vista segundo um “movimento duplo” – das observações aos princípios gerais e dos princípios gerais de volta às observações [Losee, 2000]. Dever-se-ia *induzir* princípios explanatórios dos fenômenos e, em seguida, deduzir afirmações a partir desses princípios. Esse processo “indutivo-dedutivo” é ilustrado pela Fig. 1 [Losee, 2000].

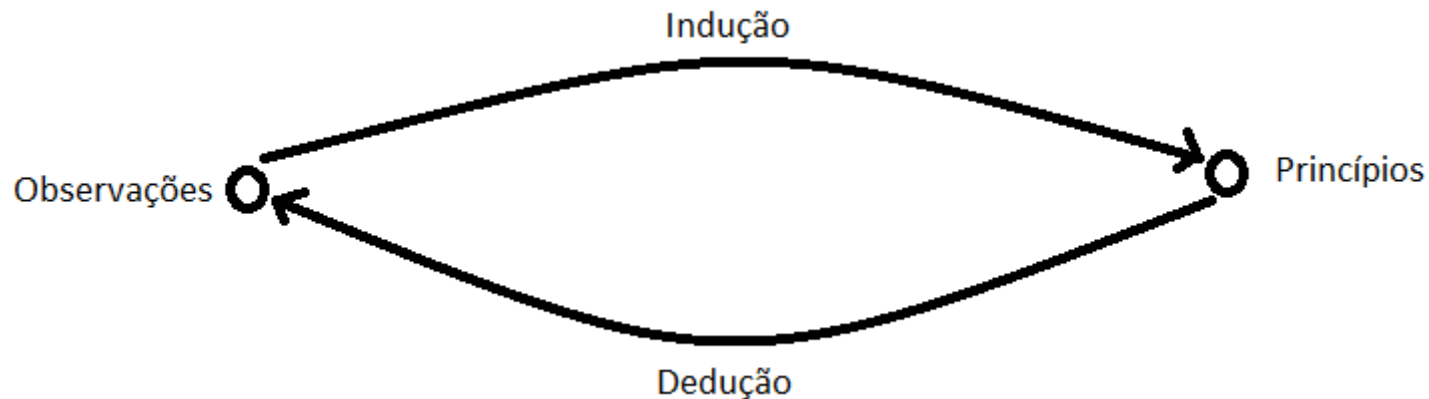


Figura 1 – Processo Indutivo – Dedutivo

Assim, o ponto de partida é ocorrência de certos fatos ou a coexistência de certas propriedades. A explicação é uma jornada que se inicia no primeiro polo da Fig. 1 e nele termina. Um exemplo dado em [Losee, 2000] ilustra o *modus operandi*. Consideremos um eclipse lunar. Parte-se da observação do escurecimento crescente da superfície lunar. Em seguida, partindo dessa e de outras observações, são induzidos princípios como:

- A luz percorre o espaço em linha reta.
- Corpos opacos projetam sombras.
- Certa configuração de corpos opacos diante de uma fonte luminosa coloca um deles à sombra do outro.

Daí, assumindo que Lua e Terra são corpos opacos, chega-se a uma explicação para o eclipse. Parte-se de conhecimento factual e se chega a uma *explicação dos fenômenos*.

Aristóteles menciona dois métodos indutivos para se realizar generalizações. No primeiro caso, tem-se uma *generalização simples*. Ocorrências individuais levam a uma conclusão geral. Alguns exemplos:

- Todas as ovelhas que já observei em minha vida são brancas, logo, todas as ovelhas são brancas.
- Todas as espécies de animais que já estudei possuem algum tipo de processo respiratório, logo, todos os animais respiram de alguma forma.

No primeiro caso, observações de indivíduos levam, por generalização, a uma afirmação sobre uma espécie. No segundo caso, afirmações sobre diferentes espécies levam a uma conclusão acerca de uma classe de hierarquia superior. Em termos formais, um exemplo típico é o que se segue [Losee, 2000].

A_1 tem a propriedade P
 A_2 tem a propriedade P
 A_3 tem a propriedade P
 A_4 tem a propriedade P

$\therefore \forall A_i$ tem a propriedade P

No segundo caso, fala-se de uma indução intuitiva, que permite ver o essencial nos dados da experiência.

Chega-se então a um ponto em que os frutos da indução são premissas que, agora, podem levar a *deduções*. Aristóteles permitia deduções de quatro tipos [Losee, 2000].

Tipo	Declaração	Relação
A	Todos os S são P.	S completamente incluída em P.
E	Nenhum S é P.	S completamente excluída de P.
I	Alguns S são P.	S parcialmente incluída em P.
O	Alguns S não são P.	S parcialmente excluída de P.

Aristóteles considerava o primeiro tipo como sendo o mais importante. Ele deu como paradigma da dedução científica o silogismo que viria a ser conhecido como Barbara (bArbArA - AAA):

Todos os M são P
 Todos os S são M

 ∴ Todos os S são P

Aristóteles mostrou a validade desse raciocínio, independentemente do que sejam as variáveis. Um exemplo de como se ampliaria o conhecimento científico é dado em [Losee, 2000].

Todos os corpos próximos à Terra são corpos que brilham continuamente
 Todos os planetas são corpos próximos à Terra

 ∴ Todos os planetas são corpos que brilham continuamente

Parte-se de um fato e se chega a uma explicação.

Aristóteles sabia que certos silogismos são menos adequados. Seguindo no exemplo, considere o seguinte silogismo.

Todas as estrelas são corpos que brilham continuamente
 Todos os planetas são estrelas

∴ Todos os planetas são corpos que brilham continuamente

Nesse caso, embora se atinja a mesma conclusão, faz-se uso de uma premissa falsa. Aristóteles dizia que as premissas de uma explicação satisfatória devem ser verdadeiras. Isso exclui silogismos formalmente corretos mas sabidamente falsos.

O requisito de que as premissas sejam verdadeiras é um dos quatro exigidos por Aristóteles [Losee, 2000]. Os outros três são:

- As premissas devem ser indemonstráveis
- As premissas devem ser mais bem conhecidas que as conclusões
- Elas devem ser causas da atribuição feita na conclusão

No primeiro caso da lista acima, tem-se uma exigência parcial: deve haver princípios indemonstráveis a fim de que não ocorra uma “regressão sem fim”. Aristóteles considerava que as leis mais gerais de uma ciência e as definições que estipulam o significado dos atributos próprios da ciência não são demonstráveis [Losee, 2000]. No segundo caso da lista, tem-se a materialização de que a conclusão não pode conter mais informação que a presente nas premissas. O terceiro caso exige particular atenção, pois podem ser construídos silogismos verdadeiros cujas premissas não expliquem a conclusão (correlações acidentais em vez de correlações causais).

Para Aristóteles, cada ciência tem um conjunto de predicados próprio e um gênero distintivo de sujeitos [Losee, 2000]. O gênero, no caso da Física, é a classe dos casos em que os corpos mudam de posição no espaço. Alguns predicados próprios dessa ciência: “posição”, “velocidade”, “resistência”. A explicação satisfatória de um fenômeno deve usar o aparato da ciência correspondente. A análise do movimento de um corpo em queda livre não deve recorrer ao arcabouço da biologia, por exemplo.

A visão de ciência de Aristóteles é a de um grupo dedutivamente organizado de proposições. No nível mais alto de generalidade estão os princípios da identidade ($A = A$), não-contradição (uma proposição não pode ser simultaneamente falsa e verdadeira) e méio excluído (ou uma proposição é verdadeira ou é falsa). A seguir estão os primeiros princípios (não dedutíveis de proposições mais gerais) e as definições da ciência enfocada.

Aristóteles insistiu que uma explicação científica de uma correlação ou processo deve incluir um relato de sua causa final (telos) [Losee, 2000]. Isso valia não só para o crescimento e desenvolvimento dos organismos vivos – afirmava que o fogo subia para alcançar seu lugar natural.

Embora criticasse os pitagóricos por terem explicado um processo encontrando uma relação matemática aplicável, Aristóteles reconhecia a importância de relações numéricas na Física, por exemplo.

Em sua demarcação, a ciência empírica deveria lidar com o que sofre variação e a matemática pura, com o que é invariável.

2 - Perspectiva Pitagórica

“*Shall I compare thee to a summer’s day?*”. Nesse verso existe o anseio de descrever alguma coisa (alguém) por meio do recurso à linguagem poética. Tal linguagem pode servir também ao estudo da natureza – talvez o poema de Lucrecio seja um exemplo disso. Outra forma de encarar a natureza é por meio de uma perspectiva linguística matemática. De fato, o ponto de vista *pitagórico* associa a realidade na natureza à harmonia matemática. O conhecimento dessa harmonia, para o pitagórico, se vincula ao conhecimento da essência do universo. Em [Losee, 2000], encontra-se uma representativa afirmação de Galileu:

“A filosofia acha-se escrita neste grande livro – quero dizer o universo – continuamente aberto ao nosso olhar; mas não pode ser compreendido a não ser que se aprenda primeiro a compreender a linguagem e a interpretar os caracteres em que está escrito. Está escrito na linguagem da Matemática (...)”

Essa convicção tinha, para os pitagóricos, bases concretas. Por exemplo, as relações entre notas musicais podem seguir proporções relativamente simples. A oitava é uma relação do tipo 2:1, a quinta do tipo 3:2, a quarta do tipo 4:3 etc. Posteriormente, essa escola levaria a ideia de harmonia musical ao universo como um todo. No caso dos corpos celestes, chegou-se à noção de *harmonia das esferas*.

O pitagorismo foi uma influência importante para um dos maiores filósofos da história da humanidade, Platão. Platão não se contentava com um conhecimento meramente empírico da sucessão e coexistência dos fenômenos [Losee, 2000]. Deve-se transcendê-lo para que a ordem racional subjacente seja explicitada. Os filósofos platônicos criam na racionalidade inerente ao universo.

Um ponto ilustrativo é que, no diálogo *Timeu*, Platão chega a associar os cinco elementos (quatro terrestres e um celeste) aos cinco sólidos regulares (tetraedro/fogo, cubo/terra, octaedro/ar, icosaedro/água e dodecaedro/matéria celeste).

É crucial perceber que o pesquisador pitagórico acredita que as relações matemáticas adequadas aos fenômenos fazem o papel de explicação dos mesmos. Um ponto de vista contrário é que as hipóteses matemáticas devem diferir das teorias que explicam o universo [Losee, 2000]. Daí surge o procedimento de “*salvar as aparências*” encontrando relações matemáticas válidas, mas de explicá-los de outra forma. Essa distinção remonta ao século I a. C. no contexto do estudo dos corpos celestes. Ter-se-ia o físico deduzindo o movimento dos corpos celestes de sua natureza essencial e o astrônomo representando matematicamente esse movimento. Isso pode aproximar a astronomia da tarefa de salvar as aparências como discutido anteriormente.

3 – Sistematização Dedutiva

Conforme vimos anteriormente, o ideal de ciência para Aristóteles é o de um sistema dedutivo. Para muitos, esse ideal foi atingido na geometria de Euclides e na estática de Arquimedes [Losee, 2000]. Esses dois pensadores elaboraram sistemas com axiomas, definições e teoremas, de tal forma que a verdade dos teoremas é consequência direta da verdade (assumida) dos axiomas. Há três aspectos fundamentais dessa sistematização [Losee, 2000]:

- Os axiomas e teoremas acham-se relacionados dedutivamente;
- Os axiomas são verdades auto-evidentes;
- Os teoremas concordam com as observações.

Duas técnicas importantes para demonstrar teoremas a partir de axiomas são a *reductio ad absurdum* (RAA) e o método da exaustão.

Na RAA, prova-se um teorema T da seguinte forma. Assume-se que não T seja uma proposição verdadeira. Deduz-se então de não T e dos axiomas uma afirmativa e a negação dela. Se essa contradição é possível e os axiomas são verdadeiros, segue que T é verdadeiro. O método da exaustão estende esse processo no sentido de mostrar que todo contrário possível de um teorema tem consequências conflitantes com os axiomas.

A questão da auto-evidência dos axiomas é importante, e se harmoniza bem com a perspectiva pitagórica – há relações matemáticas na natureza que podem ser apreendidas pela razão. Por outro lado, caso se trate apenas de salvar as aparências, o importante é que as consequências dedutivas concordem com o que é observado. A plausibilidade dos axiomas é irrelevante.

A concordância com as observações parece ter sido uma preocupação no trabalho de Euclides e Arquimedes [Losee, 2000]. Eles parecem julgar que termos-chave como “ponto”, “linha”, “peso” e “barra” teriam correlatos empíricos. Interessantemente, parece haver uma idealização de entes como a alavanca. Talvez essa tensão entre teoria e realidade reflita a tensão entre os fenômenos e as formas ideais.

4 – Atomismo

Na doutrina platônica, o mundo seria um reflexo imperfeito da realidade [Losee, 2000]. Essa noção é belamente exposta, por exemplo, no famoso “mito da caverna”, presente em *A República*. Os atomistas, por outro lado, acreditavam numa diferença mais crucial entre o “mundo dos sentidos” e o que se poderia chamar de realidade subjacente. Para eles, havia os átomos se movendo e o vácuo. O movimento dos átomos é

responsável por nossas experiências perceptuais. Os átomos possuiriam propriedades de tamanho, forma, impenetrabilidade e movimento, bem como propensão de realizar combinações. Eles não podem ser penetrados ou divididos.

Os atomistas viam os fenômenos em termos da associação e dissociação de átomos. Atribuíam determinadas propriedades das substâncias a, por exemplo, formato e velocidade dos átomos.

Um ponto importante do programa dos atomistas foi a ideia de que o que se observa pode ser explicado em referência a processos que ocorrem num nível mais “baixo” de organização [Losee, 2000]. Perceberam, não obstante, que não podem ser explicadas certas qualidades macroscópicas apenas assumindo que os átomos possuíam propriedades idênticas. Também há uma proximidade com o programa pitagórico no sentido da importância dada a aspectos geométricos e numéricos.

Duas críticas ao atomismo merecem destaque. Primeiro, seu caráter materialista, uma vez que mesmo a cognição era efeito da interação de átomos. O segundo era a existência de explicações *ad hoc* que às vezes pouco agregavam ao aumento da visão de mundo do pesquisador. Um exemplo dado em [Losee, 2000] é ilustrativo. Consideremos o problema de dissolução do sal na água. Poder-se-ia dizer que os átomos de sal se acomodam nos espaços entre os átomos de água nesse processo. Agora, se perguntarmos: por que a areia não se dissolve em água? A resposta iria na linha de que os átomos de areia na se acomodavam em tais intervalos. Mas não seria isso simplesmente repetir que a areia não se dissolve em água?

Referências

[Losee, 2000] J. Losee, *Introdução Histórica à Filosofia da Ciência*, Itatiaia, 2000.

Wikipédia – Artigos diversos.

Bônus – O Mito da Caverna – The Republic (Platão) – Tradução de Benjamin Jowett – Project Gutenberg

BOOK VII. And now I will describe in a figure the enlightenment or unenlightenment of our nature:—Imagine human beings living in an underground den which is open towards the light; they have been there from childhood, having their necks and legs chained, and can only see into the den. At a distance there is a fire, and between the fire and the prisoners a raised way, and a

low wall is built along the way, like the screen over which marionette players show their puppets. Behind the wall appear moving figures, who hold in their hands various works of art, and among them images of men and animals, wood and stone, and some of the passers-by are talking and others silent. 'A strange parable,' he said, 'and strange captives.' They are ourselves, I replied; and they see only the shadows of the images which the fire throws on the wall of the den; to these they give names, and if we add an echo which returns from the wall, the voices of the passengers will seem to proceed from the shadows. Suppose now that you suddenly turn them round and make them look with pain and grief to themselves at the real images; will they believe them to be real? Will not their eyes be dazzled, and will they not try to get away from the light to something which they are able to behold without blinking? And suppose further, that they are dragged up a steep and rugged ascent into the presence of the sun himself, will not their sight be darkened with the excess of light? Some time will pass before they get the habit of perceiving at all; and at first they will be able to perceive only shadows and reflections in the water; then they will recognize the moon and the stars, and will at length behold the sun in his own proper place as he is. Last of all they will conclude:—This is he who gives us the year and the seasons, and is the author of all that we see. How will they rejoice in passing from darkness to light! How worthless to them will seem the honours and glories of the den! But now imagine further, that they descend into their old habitations;—in that underground dwelling they will not see as well as their fellows, and will not be able to compete with them in the measurement of the shadows on the wall; there will be many jokes about the man who went on a visit to the sun and lost his eyes, and if they find anybody trying to set free and enlighten one of their number, they will put him to death, if they can catch him. Now the cave or den is the world of sight, the fire is the sun, the way upwards is the way to knowledge, and in the world of knowledge the idea of good is last seen and with difficulty, but when seen is inferred to be the author of good and right—parent of the lord of light in this world, and of truth and understanding in the other. He who attains to the beatific vision is always going upwards; he is unwilling to descend into political assemblies and courts of law; for his eyes are apt to blink at the images or shadows of images which they behold in them—he cannot enter into the ideas of those who have never in their lives understood the relation of the shadow to the substance.