

A importância dos instrumentos astronômicos de Tycho Brahe para a astronomia e a cosmologia dos séculos XVI e XVII

Claudemir Roque Tossato

Unifesp

INTRODUÇÃO

A maioria das interpretações históricas sobre a revolução astronômica e cosmológica realizada nos séculos XVI e XVII privilegia substancialmente, por um lado, o caráter do método e, por outro, as mudanças epistemológicas. Quanto ao primeiro, é inegável a força na crença de que o sujeito bem aparelhado com regras que conduzam o seu entendimento poderá conhecer ou aproximar-se do conhecimento do objeto partindo ou de idéias inatas que nada se misturam com o sensível, como defendem os cartesianos, para o qual o sujeito bem aparelhado com um método pode descortinar as verdades do mundo a partir de idéias inatas; ou será uma tradução próxima da do mundo sensível, como os baconianos, que consideram a catalogação de dados como o início do conhecimento. O segundo visa a reformulação do papel da experiência bruta, pois, como é o caso de Galileu, as experiências devem ser aprimoradas ou refinadas pela razão: não poderemos compreender uma Terra, nosso centro de observações, em movimento se não “traduzirmos” as nossas experiências sensíveis para o âmbito do conceito. Porém, o que fica em segundo plano para uma grande parte dos comentadores da revolução científica é o papel da técnica. Não que esta não seja importante, todos eles destacam que ela o é, mas ela perde o brilho quando comparada à elaboração teórica.

A supremacia da teoria, ou seja, da *episteme* sobre a *techne*, encanta os filósofos, porque, penso, representa o papel do intelecto como superior ao conhecimento técnico que tem como tarefa a construção manual; o fazer sempre é visto como subalterno ao pensar. Como donos do mundo, devemos ter uma marca que nos distancie dos outros seres habitantes da nossa casa. Nós, seres dotados de razão, conseguimos pensar e elaborar leis que expressem as regularidades que observamos no mundo e, além deste digno e magnânimo feito, acreditamos que podemos fazer teorias que representem a

verdade sobre algo; mas temos um adendo a tal pretensão: a de que não sabemos se o que conhecemos é de fato um conhecimento divino ou pelo menos, verdadeiro. Mas de qualquer maneira, o fato de pensarmos as coisas nos persuade de que o fazer as coisas é menos digno do que o pensar as coisas.

Contudo, acredito que as mudanças que ocorreram no âmbito da astronomia e da cosmologia dos séculos apontados são frutos fundamentalmente da técnica – defendo que ela é uma condição necessária para a elaboração teórica, apesar de não ser uma condição suficiente; no caso, técnica de observação astronômica. Sem o desenvolvimento das técnicas de observação astronômica dificilmente teríamos, por exemplo, as leis de Kepler, das quais remeterei neste texto. O trabalho deste astrônomo foi principalmente o de organização dos dados observacionais de Tycho Brahe em uma teoria dos movimentos planetários, isto é, ele foi um astrônomo teórico e não, observacional; e a obtenção dos dados que ele utilizou foi dada pela melhoria dos instrumentos de observação astronômica, algo feito pelo próprio Brahe. Tendo isto em vista, o objetivo da comunicação é a apresentação da relevância que os instrumentos de observação astronômica, tanto os criados como os utilizados e aprimorados por Brahe, tiveram no processo de constituição do copernicanismo, especificamente com a utilização dos dados de Brahe para a elaboração das leis dos movimentos planetários realizada por Kepler.

1 APRESENTAÇÃO DOS PRINCIPAIS INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR TYCHO BRAHE E COMO TAIS ARTEFATOS POSSIBILITARAM UMA MELHORA NA OBTENÇÃO DOS DADOS ASTRONÔMICOS ANTES DO USO DO TELESCÓPIO

Tycho Brahe foi o melhor astrônomo observacional antes do advento do telescópio¹. O grau de precisão que suas observações astronômicas chegaram foi devido principalmente à utilização de instrumentos de observação astronômica. Antes de Brahe, a astronomia de observação era “rudimentar”, pois tanto a fabricação como a utilização restringiram-se, quando comparadas às inovações de Tycho Brahe, a determinar dados com uma margem grosseira de erros. Os instrumentos de Brahe representam uma parte importante da história da astronomia dos séculos XVI e XVII. O principal ponto é sobre o

¹ Existem várias obras que tratam da contribuição de Brahe para a astronomia; entre elas, destacamos Chatel, 1990; Mourão, 1990, 1997, Thoren, 1979.

grau de certeza que as observações de Brahe chegaram. Se antes dele obtinha-se uma margem de erro em torno de 10' de grau, após ele chega-se a 1,5' ou 2' de grau.

Infelizmente, os instrumentos construídos ou aperfeiçoados por Brahe não existem mais. Eles tornaram-se ferro-velho após serem vendidos, pelo genro de Brahe após a morte deste, ao Imperador Rudolfo II de Praga; sem saber o que fazer com eles, o Imperador deixou-os em um galpão aos cuidados do tempo.

Mas para nossa sorte, temos um documento que mostra desenhos dos instrumentos e detalhamentos tanto da suas construções como das suas utilizações. Em 1598, Brahe publica a obra *Astronomiae instaurate mechanica (Renovação da astronomia mecânica)*. Nesse trabalho, Brahe apresenta com detalhes os seus instrumentos de observação e como ele os construiu. Os mais importantes são o quadrante, que é um instrumento de visada já conhecido na antiguidade. Seu objetivo é determinar a altura de um astro celeste. Constitui-se de um quarto de círculo, dividido em graus. Colocando uma das bordas do quadrante na linha do horizonte, obtém-se o grau de altura do astro. Um fio de prumo indica o ângulo igual à altura do astro sobre o horizonte. Brahe inovou ao fixar o quadrante, dando-lhe o nome de “quadrante de mural”; isto permitiu melhorar a qualidades das observações, pois ao fixar o instrumento, diminuía-se certas interferências que ocorrem quando do uso do instrumento pelas mãos, tais como o próprio movimento que o observado faz inconscientemente ou a ação do vento etc. Outro instrumento é o sextante – instrumento criado pelo próprio Tycho Brahe, que determina as posições dos astros no céu. Contém um arco de 60° com uma alidade (dispositivo mecânico para obter ângulos – afastamentos angulares – através de alinhamentos ópticos), com duas pínulas que apontam o astro, montado sobre uma coluna. Foi utilizado por Brahe principalmente para obter as distâncias dos astros. Também é relevante a utilização da esfera armilar. Tal instrumento já era bem conhecido. Ele é uma esfera do mundo, contendo a projeção do equador terrestre (lembrando que na época de Brahe o que prevalecia era a concepção de Terra fixa no centro) e dos planetas e a esfera fixa, de maneira a representar as coordenadas de um determinado astro. Mas Brahe inovou, e construiu a esfera equatorial, de maneira a visualizar com mais precisão os aspectos da projeção do equador da Terra.

Mas o importante é quanto à construção desses instrumentos, principalmente ao tamanho e a fixação dos mesmos. Brahe inovou com Uraniburgo, o observatório que ele construiu com a intenção de obter melhores dados astronômicos. Para tanto, o

observatório foi projetado com a intenção de resolver várias dificuldades para a observação. Por exemplo, Tycho construiu os seus instrumentos com um tamanho maior que o habitual (deve-se ressaltar que Brahe não tinha problemas para financiar a construção do seu observatório e dos seus instrumentos, realizando todos os planos que elaborou), o que lhe permitiu obter dados com mais precisão; fora isto, Brahe preocupou-se em fixar os seus instrumentos para diminuir interferências nas informações obtidas, diminuir possíveis tremores da mão do observador na hora da realização da sua observação.

2 RELAÇÃO ENTRE OS DADOS DE BRAHE COM A POSSIBILIDADE DE DEFESA DO COPERNICANISMO POR PARTE DE KEPLER; ISTO É, OS DADOS DE BRAHE COMO FUNDAMENTO PARA A ELABORAÇÃO DAS LEIS KEPLERIANAS

O papel de Tycho Brahe para a astronomia dos séculos XVI e XVII é comumente visto como o do astrônomo que forneceu dados mais precisos para que Johannes Kepler, subsequentemente, elaborasse as leis dos movimentos dos planetas.² As observações astronômicas feitas por Brahe e a elaboração de Tabelas baseadas nestes dados obtiveram uma melhoria significativa em relação às Tabelas astronômicas anteriores: estas obtinham uma margem de erros em torno de 10' de grau, tanto as elaboradas pelos modelos de Ptolomeu como as baseadas nas hipóteses de Copérnico; com, porém, Brahe, a margem diminuiu para 1,5' de grau e isto, lembrando, realizado antes da invenção do telescópio. Como vimos, a obtenção desses dados mais precisos foi fruto de um aperfeiçoamento substancial dos instrumentos de observação astronômica utilizados e ou criados por Brahe, tanto no que se refere à construção como à aplicação desses instrumentos. O uso de quadrantes, sextantes, esfera armilar etc. após os aperfeiçoamentos de Brahe foi significativamente promissor na melhoria das informações sobre o mundo supra-lunar.

² Na verdade, a importância de Brahe para Kepler extrapola o fato de Brahe ter-lhe fornecido melhores dados astronômicos; isto foi fundamental, mas algo tão importante, e muitas vezes deixado em segundo lugar, foi a consciência metodológica que Brahe forneceu a Kepler. Não teremos condições de tratar desta questão neste texto, para maiores informações, cf. Tossato, 2004. Podemos apenas apontar, agora, que Kepler no *Mysterium cosmographicum* via a astronomia com os olhos de um racionalista, sem se preocupar com a impossibilidade de determinar os efeitos pelas causas; foi a consciência empirista de Brahe que levou Kepler a construir as órbitas elípticas a partir do que as observações astronômicas nos fornecem.

Ora, o que se pretende defender neste texto é que se Brahe não fornecesse a Kepler informações acerca do mundo celeste com mais precisão do que era dado até então, a elaboração das leis dos movimentos planetários, acredito, dificilmente poderiam ser obtidas, pois Kepler nunca sairia do apriorismo do *Mysterium cosmographicum* e do seu pitagorismo e platonismo. Isto é significativo, pois normalmente acredita-se que Kepler obteve as suas leis em função da sua crença em aspectos ligados a uma estrutura matemática subjacente ao mundo dos fenômenos, uma expressão do platonismo, fora as interpretações que o vê como um representante da filosofia ocultista; Não se nega que Kepler foi um platônico num certo sentido, mas um platônico mitigado. Um exame detido da sua principal obra, *Astronomia nova*, mostra-nos toda a importância dos dados astronômicos para a elaboração das duas primeiras leis de Kepler; nesta obra, a admissão de uma estrutura matemática subjacente aos fenômenos astronômicos existe, mas tem uma função heurística. De um modo mais direto, com a *Astronomia nova* a metafísica por si só é insuficiente para obter conhecimento sobre o mundo físico, no caso, o mundo celeste; e esta tese encontra-se naquilo que Kepler entende por conhecimento astronômico e do seu tratamento dado às hipóteses em astronomia. Muito da confusão sobre Kepler provém da leitura apenas do *Mysterium cosmographicum*, relegando a leitura da *Astronomia nova* a um segundo plano. Acredito que isto é fruto da “facilidade” e do “encanto” da leitura da primeira em relação à segunda; na primeira, Kepler expõe o que ele procura: encontrar as razões do mundo celeste ser de tal e tal maneira e porque Deus fez o mundo desta maneira; na segunda, é um trabalho de um físico, no qual temos cálculos, tabelas em meio às hipóteses para a descrição do mundo do céu etc.. Mas isto não é o assunto deste texto.

O que é importante é que a astronomia kepleriana, quando entendida pela relevância que tem Brahe na formulação da mesma através de dados e métodos mais confiáveis, mostra que o conhecimento humano, pelo menos o conhecimento, digamos, que constrói tabelas astronômicas mais confiáveis, não pode ser obtido partindo somente de especulações metafísicas. Para o plano metodológico, o fundamental é: sem informações mais seguras, não seria possível sair da esfera instrumental e defender o realismo para as teorias cosmológicas e astronômicas, como foi feito por Kepler e Galileu na primeira metade do século XVII em relação ao copernicanismo. Uma olhadela no plano metodológico da astronomia antes de Kepler mostra-nos principalmente que o copernicanismo original nada acrescentava à prática, como, por exemplo, para a navegação; a simplicidade que as hipóteses de centralidade do Sol e movimentos da

Terra apresentava era geométrica e não, observacional. Contudo, o engenho de Kepler necessitava do copernicanismo, mas sem dados confiáveis, ele não poderia desenvolvê-lo. E por que o copernicanismo tal como foi apresentado pelo cômico não era suficiente para uma defesa realista do mundo celeste?

A esta questão responde-se que a astronomia após o surgimento do copernicanismo original, isto é, após Copérnico apresentar as suas hipóteses distintas do geocentrismo, não tinha condições de fazer qualquer defesa sob o ponto de vista de qual postura era melhor ou pior: tanto o copernicanismo de Copérnico como os modelos de Ptolomeu eram equivalentes observacionalmente, a adequação empírica não entrava na história. A decisão foi feita no plano cosmológico e é aí que Kepler tem condições de defender o copernicanismo. Mas tal defesa não seria possível se ele não descrevesse o que ocorre lá em cima de um modo mais preciso do que feito até então. São as observações astronômicas de Brahe que conduzem toda a empreitada para a descrição dos movimentos planetários. Sem problematizar a questão se Kepler tinha ou não boas razões para defender o copernicanismo sob a postura realista, o que ele trouxe permitiu, pelo menos no plano filosófico, a seguinte indagação: se os planetas não se movem mais em círculos e estes não são mais movimentos naturais, mas movem-se em movimentos elípticos, devemos explicar como isto se dá.

Assim, pode-se afirmar que o processo de constituição de uma nova cosmologia e de uma nova astronomia nos séculos XVI e XVII, inseridas naquilo que é comum denominar de “Revolução científica” fundamenta-se não apenas no aspecto teórico, como muitas vezes passa-se essa impressão, mas também no desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas técnicas e de instrumentos de medição e controle dos objetos de pesquisa; no caso da astronomia, especificamente, instrumentos que determinem as coordenadas dos astros, como a sua posição longitudinal, latitudinal, distâncias entre os astros etc. Desta maneira, as pesquisas no âmbito da técnica tornam-se necessária para uma compreensão do processo de constituição da ciência moderna.

Em outros termos, por detrás dos dados mais precisos utilizados por Kepler para a elaboração da sua teoria acerca dos movimentos planetários, que acarretou nas suas três leis, encontra-se uma grande discussão, e os seus aperfeiçoamento, sobre os modos técnicos para determinar dados ou informações mais precisos. De maneira que, sem informações mais precisas, o trabalho teórico feito por Kepler poderia comprometer-se ou nem ser realizado.

A importância da precisão das observações de Brahe pode ser notada na célebre passagem de Kepler escrita na *Astronomia nova*, onde lemos acerca da recusa da sua hipótese vicária – que considera o centro de movimentos não o centro físico de movimentos, mas um centro com uma bissecção da excentricidade, isto é, um ponto matemático - como expressão da realidade dos movimentos dos planetas

Mas quanto a nós que pela bondade divina pudemos dispor de um observador tão exato como Brahe, convém que reconheçamos essa dádiva divina e a usemos [...] Logo irei para o alvo segundo as minhas próprias idéias, pois se tivesse acreditado poderemos ignorar os oito minutos, teria aceitado, de acordo, a minha hipótese; visto, porém, não ser possível ignorá-los, esses oito minutos apontam o caminho para uma completa reforma da astronomia; torna-se o material de construção de grande parte desta obra (Kepler, G. W., III, p. 178).³

Oito minutos não era algo indigesto para a astronomia antes de Brahe, era até muito bom, sabendo-se que os erros chegavam à margem de 10 minutos. Contudo, as observações de Brahe alcançavam a casa dos 2 minutos. Ora, se Kepler fosse apenas um platônico ou um adepto da construção das regularidades dos movimentos dos planetas independentemente das informações observacionais, ele se contentaria com a aproximação e mandaria o problema para a frente, lembrando que para um platônico linha dura tanto faz qual a margem de erros, pois os sentidos enganam de qualquer maneira. Mas não me parece que Kepler seja um platônico convicto.

Apenas para ilustrar a mudança de perspectiva entre o *Mysterium* e a *Astronomia nova*, leiamos o que escreve Kepler em 1596:

E nem duvido afirmar que tudo que Copérnico coligiu *a posteriori* e demonstrou por visão mediante os axiomas da Geometria, para tudo isso, sendo testemunha o próprio Aristóteles, se ainda vivesse (o qual freqüentemente afirmava Rético), pode ser demonstrado *a priori* e sem nenhuma ambigüidade (Kepler, G. W. 1. p. 16).

³ A reforma da astronomia foi a elaboração das leis dos movimentos planetários.

Sem dúvida, quando comparamos a passagem de 1609 com a de cima, notamos que a importância de Brahe faz-se sentir. Nada de *a priori*, a reforma da astronomia deve ser feita pelos dados das observações do mundo celeste.

3 A IMPORTÂNCIA DE MELHORES INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO PARA A ASTRONOMIA E PARA A COSMOLOGIA DOS SÉCULOS XVI E XVII

Um ponto extremamente importante para a compreensão da relevância da técnica no desenvolvimento da astronomia e da cosmologia do início do século dezessete concede à exigência de melhoria das tabelas astronômicas. Um dos principais motivos do aprimoramento dos instrumentos de observação astronômicas feito por Brahe e que teve implicações na formulação de teorias científicas está nas exigências práticas. No caso em questão, da astronomia, exigia-se, no século XVI, melhorias nos dados empíricos, isto é, nas observações astronômicas, para satisfazer as necessidades de uma sociedade que mudava os seus focos de produção e comércio; isso pode ser visto no caso da navegação, em que melhores observações celestes foram necessárias para a obtenção de rotas mais seguras e confiáveis para alcançar as novas terras recém descobertas, as Américas, e o trajeto até as regiões mais ao oriente. Em linhas gerais, a sociedade precisava de dados mais precisos para poder resolver seus problemas práticos e isso influenciou o desenvolvimento das técnicas de observação. Brahe se alinha, ao meu ver, ao espírito da sua época; a sua preocupação voltada para uma “reforma na astronomia” deve ser entendida pelos seus aspectos técnicos, uma exigência da mentalidade social e econômica dos séculos XVI e XVII (cf. Crosby, 1997).

Na verdade, a astronomia observacional sempre teve uma preocupação com a obtenção de melhores dados e isto bem antes de Brahe. Por exemplo, Hanson nos dá a situação, na época em que Ptolomeu desenvolveu os seus trabalhos em astronomia, a saber

Ensaio infrutíferos haviam multiplicado as intenções de explicar a maquinaria celeste em grande escala, enquanto que os problemas diários dos navegantes, agricultores e sacerdotes ficavam sem resolver. A grande cosmologia aristotélica poderia ter feito os homens se sentirem bem, acalentando as dúvidas sobre os mecanismos dos céus, mas não podia

satisfazer o náufrago, encalhado por falta de um mapa celeste. Não podia satisfazer o agricultor, que enfrentava a perda da colheita por ter sido plantada demasiado tarde. Também os cobradores de impostos necessitavam de um calendário para planejar o uso das rendas. Além disso, os sacerdotes não permitiam erros na determinação das épocas de suas festas e cerimônias religiosas: as celebrações do dia da páscoa deviam cair no dia da páscoa. Em todas essas questões práticas, os cosmólogos filsoóficos, os explicadores, eram de pouca serventia (Hanson, 1985, p. 113).

Ou seja, a cosmologia aristotélica não era adequada para as questões práticas, e a tentativa de Ptolomeu foi a de obter dados mais seguros. O mesmo se aplica à época de Brahe e de Kepler, com a diferença de que Brahe teve condições de melhorar observacionalmente a astronomia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAHE, T. *Sur des phénomènes plus récents du monde éthéré. Livre second [des progymnasmata]*. Paris, A. Blanchard, 1984.
- CHATEL, P. *O castelo das estrelas*. São Paulo, Edusp, 1990.
- CHRISTIANSON, J. R. & BRAHE, T. Tycho Brahe's German Treatise of the comet of 1577: a study in science and politics. *Isis*, 70, 1, p. 110-40, 1979.
- CROSBY, A. W. *A mensuração da realidade, a quantificação e a sociedade ocidental 1250-1600*. São Paulo, Unesp, 1997.
- HANSON, N. R., 1985, *Constelaciones y conjeturas*. Madrid: Alianza Universidad.
- KEPLER, J. Astronomia nova. In CASPAR, M. & von DYCK, W. (Eds.) *Gesammelte Werke*, Munich, 1937, v. 3, p. 5-424.
- _____. *Mysterium cosmographicum*, In CASPAR, M. & von DYCK, W. (Eds.) *Gesammelte Werke*, Munich, 1938, v. 1, p. 1-80.
- MOURÃO, R. R. F. Tycho Brahe e o apoio oficial dos governos à ciência. In CHATEL, P. *O castelo das estrelas*. São Paulo, Edusp, 1990, p. 7-18, (Trabalho introdutório à obra).
- _____. *Dicionário enciclopédico de astronomia e astronáutica*, Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995.

THOREN, V. E. The comet of 1577 and Tycho Brahe's system of the world. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 29, p. 53-67, 1979.

TOSSATO, C. R. Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler. *Scientiae Studia*, 2, 4, p. 537-65, 2004.