

Esta é uma versão preliminar, ainda não publicada (pre-print), de um capítulo de livro. Ela pode ser citada, conforme a descrição abaixo, informando o link correspondente e também a data em que você acessou o trabalho.

MARTINS, Roberto de Andrade. História da Astronomia e ensino: os perigos da Internet. Pre-print, junho de 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6614954>

Porém, se quiser citar esse trabalho, é conveniente verificar se a versão final já está disponível. Para verificar se o trabalho já foi impresso e para poder utilizar a versão final, com a formatação e a paginação com que foi publicado, basta clicar no link acima.

HISTÓRIA DA ASTRONOMIA E ENSINO: OS PERIGOS DA INTERNET

Roberto de Andrade Martins

Resumo: Este trabalho tem o objetivo de discutir alguns aspectos do uso da história da astronomia no ensino, indicando não apenas certas vantagens no uso dessa abordagem, mas também apontando aspectos problemáticos do uso costumeiro da história da astronomia no ensino e o perigo de utilizar fontes de informação mal fundamentadas, como muitas páginas da Internet. Para exemplificar os problemas relacionados com informações equivocadas, este artigo utiliza uma página sobre Copérnico do *site* do Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT).

Palavras-chave: história da astronomia; história da ciência; Copérnico, Nicolau; revolução Copernicana; ensino de astronomia

1. INTRODUÇÃO

O papel da história da astronomia no ensino nem sempre é claro ou adequado. Algumas vezes os professores fazem uso de informações históricas que não auxiliam a compreensão dos temas estudados, como apresentar simplesmente os nomes de autores e datas de seus trabalhos – algo que somente serve para sobrecarregar a memória dos estudantes. Outras vezes, utilizam afirmações históricas como um elemento de autoridade, para eliminar qualquer possível discussão sobre certos resultados – por exemplo: “Kepler provou que...”. Em muitos casos, apresentam uma versão da história da astronomia que é uma simplificação e distorção da história, transmitindo aos estudantes uma concepção inadequada da própria natureza do trabalho científico.

Este trabalho tem o objetivo de discutir alguns aspectos do uso da história da astronomia no ensino, indicando não apenas certas vantagens no uso dessa abordagem, mas também apontando aspectos problemáticos do uso costumeiro da história da astronomia no ensino e o perigo de utilizar fontes de informação mal fundamentadas, como muitas páginas da Internet.

Em vez de analisar tal tipo de aplicação de forma abstrata, serão utilizados alguns exemplos concretos para discutir a questão. Os exemplos estão relacionados à chamada “revolução copernicana”. Esse tópico foi escolhido por ser um tema central no ensino da astronomia, pois

o sistema heliocêntrico é ensinado em todos os níveis, em disciplinas variadas como geografia, física, ciências e astronomia.¹

2. O EXEMPLO A SER ESTUDADO

Quando se ensina o sistema heliocêntrico e se procura justificar sua aceitação, costuma-se falar sobre as contribuições de Copérnico, Galileo e outros pensadores dos séculos XVI e XVII. É natural, de fato, introduzir informações históricas ao tratar sobre o assunto. Mas que tipo de informação deve ser apresentada? Deve-se falar sobre a vida de Copérnico, ou só sobre suas ideias? Como se deve falar sobre isso? Por qual motivo? Que tipo de fontes de informação deve ser utilizado?



Fig. 1. Captura de tela, realizada em novembro de 2004, da página a respeito de Copérnico do site “C & T Jovem”, do MCT.

Em vez de discutir essas questões de forma genérica, vamos analisar como exemplo um texto que procura falar sobre Copérnico e que foi divulgado na Internet, no portal “C & T Jovem”, do Ministério da Ciência e Tecnologia, certamente muito consultado por estudantes (Fig. 1).² Transcrevemos a seguir todo o conteúdo da referida página, para facilitar a discussão.

COPÉRNICO

No ano de 1502, um jovem professor de Astronomia da Universidade de Roma fez uma breve pausa em sua aula sobre o plano do Universo. De todos os países civilizados do mundo vinham alunos para ouvir as aulas daquele professor, conhecido por explicar de forma entusiasmada a posição das estrelas e dos planetas:

“A Terra é o centro do Universo; o Sol, a Lua e os cinco planetas são satélites que giram diariamente em torno de nossa majestosa Terra em um círculo perfeito. Mais adiante se

¹ Este artigo foi elaborado por ocasião da conferência “História da astronomia e ensino” apresentada durante o VIII Encontro Brasileiro para o Ensino da Astronomia (EBEA), realizado na PUC/SP, São Paulo, 10-12 de dezembro de 2004. As páginas da Internet que são indicadas no decorrer do trabalho não estão mais disponíveis, mas seu desaparecimento não as invalida como exemplos relevantes.

² Quando a presente palestra foi apresentada, a referida página do site “C&T Jovem”, <http://ctjovem.mct.gov.br/> era esta: http://ctjovem.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=10768. Porém, depois da palestra, os responsáveis pelo referido site foram alertados sobre os problemas existentes e a página sobre Copérnico foi retirada.

concentram as estrelas fixas, que rodeiam todos. Estas são as verdades fundamentais que escreveu o grande Claudio Tolomeu, há mais de 500 anos e que são evidentes para os sentidos”, ensinava.

O professor se chamava Nicolau Copérnico e ficou intrigado com a pergunta de um dos alunos: “Distinto professor, não disputa Tolomeu com o antigo filósofo grego Pitágoras, que dizia que não é a Terra que se encontra no centro do Universo e sim o Sol?”. Copérnico estava a ponto de responder, como o fez muitas vezes, que o grande Aristóteles refutou categoricamente Pitágoras e que, sendo o homem a obra mestra de Deus, a Terra que este habita deveria estar no centro do Universo. Desta vez, no entanto, Copérnico tinha tão pouca fé em sua resposta que deu por terminada a aula e saiu bruscamente da sala. Depois de três anos de dedicação ao ensino, resolveu renunciar.

Como não desenhava e não queria mais ensinar o que ele mesmo duvidava, decidiu voltar para sua casa, em Frauenburg (que na época fazia parte da Polônia), para dedicar-se a investigar, para sua própria satisfação, se Tolomeu e os distintos professores do século XVI tinham mesmo razão ou estavam equivocados.

Dentre os seus principais estudos, constam algumas reformas práticas para tornar o calendário mais preciso, pois foi o primeiro a descobrir a duração quase exata do ano (tempos depois das suas descobertas, outros estudiosos constataram que seus cálculos sobre a longitude do ano tinham uma margem de erro de apenas 20 segundos!).

Na obra de Copérnico basearam-se Kepler, Newton, Einstein e vários cientistas que elaboraram a Astronomia moderna. Nicolau Copérnico viveu no período entre 1473 e 1543.

Esse é o texto que utilizaremos como exemplo para nossa análise.

3. ANÁLISE DO TEXTO

Antes de mais nada, é relevante comentar que a imagem apresentada no referido *site* para representar Copérnico é, na verdade, um desenho bem conhecido que mostra Galileo Galilei (Fig. 2). Atualmente é muito fácil, utilizando-se máquinas de busca (como *Google* ou *Altavista*) localizar imagens de Copérnico e de Galileo, e elas são bem distintas.

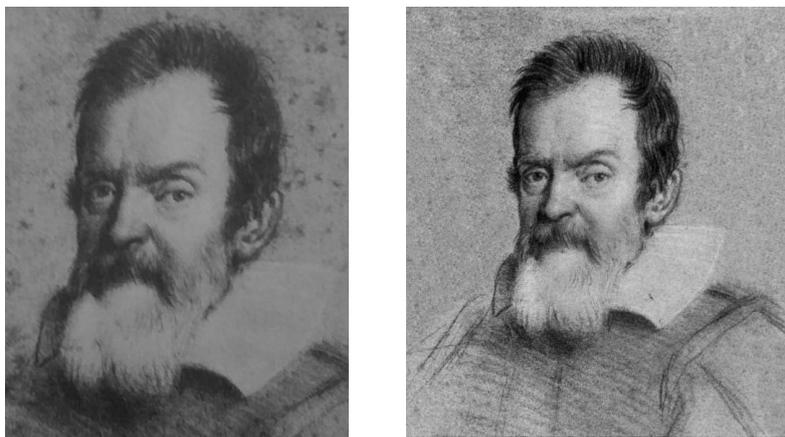


Fig. 2. Esquerda: Imagem apresentada no *site* “C & T Jovem” como se fosse Copérnico. Direita: Detalhe de um retrato de Galileo Galilei executado em 1624 pelo artista Ottavio Leoni (1578-1630).

Devemos comentar que, na verdade, ninguém sabe como Copérnico se parecia (as figuras mais antigas que mostram esse personagem foram desenhadas várias décadas depois de sua morte – ver Gingerich, 1975, p. 230), porém sabemos como era Galileo, a partir de figuras de sua própria época. Mas passemos aos detalhes do próprio texto.

No ano de 1502, um jovem professor de Astronomia da Universidade de Roma fez uma breve pausa em sua aula sobre o plano do Universo. De todos os países civilizados do mundo vinham

alunos para ouvir as aulas daquele professor, conhecido por explicar de forma entusiasmada a posição das estrelas e dos planetas [...]

Ao contrário do que afirma o texto, sabe-se que Copérnico nunca foi professor de astronomia na Universidade de Roma. Na verdade, nunca foi professor de qualquer assunto, em nenhum lugar (não teve carreira acadêmica). Há notícia de que ele esteve uma única vez em Roma, por pouco tempo, em 1500; e em 1502 ele era um mero estudante de Medicina, em Pádua (ver Bilinski, 1983). Evidentemente, o resto da citação acima também está equivocado: como ele não era professor, não podiam acorrer alunos “de todos os países civilizados” para ouvir suas aulas...

O leitor deste trabalho pode se perguntar: “Mas afinal, como podemos saber quem está correto – o texto da Internet, que afirma que Copérnico foi professor em Roma, ou este crítico, que afirma que ele nunca foi professor em Roma?”

A resposta é simples: quando se trata de história da ciência, o critério para se discutir se uma afirmação está correta ou errada é a consulta a documentos. Os biógrafos de Copérnico (entre os quais não podemos incluir nem o autor do texto da Internet nem o presente crítico) procuraram localizar a documentação da própria época que permitisse reconstituir a vida daquele personagem, e estabeleceram uma cronologia bastante confiável, na qual outros autores se basearam, posteriormente.³ Quem não quer fazer uma pesquisa baseada em fontes primárias mas quer simplesmente saber qual a versão mais aceita para a biografia de algum cientista pode consultar, atualmente, o *Dictionary of Scientific Biography*, que é uma obra de referência escrita por especialistas e utilizada por todos os historiadores.⁴

É claro que a descoberta de novos documentos poderia alterar nossa concepção sobre a vida de Copérnico; mas tal descoberta, quando for feita, será divulgada em obras especializadas (artigos ou livros bem documentados) e não em um site anônimo da Internet.

Continuando com o texto que estamos analisando:

“A Terra é o centro do Universo; o Sol, a Lua e os cinco planetas são satélites que giram diariamente em torno de nossa majestosa Terra em um círculo perfeito. Mais adiante se concentram as estrelas fixas, que rodeiam todos. Estas são as verdades fundamentais que escreveu o grande Claudio Tolomeu, há mais de 500 anos e que são evidentes para os sentidos”, ensinava.

Quando, em algum texto, colocam-se entre aspas as frases atribuídas a uma pessoa, supõe-se que se trata de uma citação literal, fiel àquilo que a pessoa realmente disse ou escreveu. No caso, não se trata de uma citação de um texto e sim daquilo que Copérnico teria dito em uma aula que ministrou em Roma. Mas quem teria anotado as palavras exatas de Copérnico? Algum estudante? Em princípio, isso teria sido possível, se de fato Copérnico tivesse ministrado essa aula. Porém, como não existiram esses cursos ministrados por Copérnico, a citação entre aspas é uma mera ficção, algo inventado pelo autor do texto. Colocar a citação entre aspas pode ser considerado, aqui, um recurso inadequado e até desonesto, por transmitir uma ideia falsa a respeito do *status* da citação.

³ Uma das biografias fundamentais de Copérnico é a de Prowe (1967). Pode-se encontrar um levantamento da documentação original (manuscritos) a respeito de Copérnico em Biskup (1973). Surgem constantemente novas informações e análises e pode-se encontrar uma revisão feita há 30 anos em Biskup (1974). Muitos estudos importantes sobre Copérnico foram publicados em polonês (Rosen, 1974). Há uma coleção de cartas de Copérnico e outros documentos de difícil acesso traduzidos em Copernicus (1985).

⁴ Ver a biografia de Copérnico no *Dictionary of scientific biography* (Rosen, 1970).

Além de ser impossível que a citação fosse uma reprodução literal daquilo que Copérnico disse, seu próprio conteúdo é inadequado. Na época em questão (1502) ninguém se referia ao Sol, à Lua e aos planetas como “satélites”. A palavra “satélite” foi introduzida por Kepler em 1610, mais de um século depois, para designar os corpos celestes que giravam em torno de Júpiter.⁵ Além disso, no sistema de Ptolomeu, os planetas não descreviam “círculos perfeitos” e sim trajetórias muito complicadas. Essas trajetórias podiam ser descritas, na teoria de Ptolomeu, como uma composição de movimentos circulares (os movimentos do deferente, do epiciclo e, eventualmente, do centro do círculo e de outros pontos relevantes).⁶

O texto indica que tais ideias teriam sido escritas por Ptolomeu “há mais de 500 anos”. Ora, como a suposta aula de Copérnico teria sido em 1502, isso significa que Ptolomeu teria escrito tais ideias antes de $1502 - 500 = 1002$. Seria Ptolomeu um autor medieval? Não. Na verdade, ele viveu no século II d.C. É verdade que o século II é anterior a 1002, mas a frase passa a impressão errônea de que ele teria vivido um pouco antes daquela data.

Devemos escrever Ptolomeu ou Tolomeu? O nome do astrônomo em questão, em grego, era Κλαυδιος Πτολεμαιοσ, ou seja, Klaudios Ptolemaios se utilizarmos o alfabeto romano. Em inglês costuma-se utilizar a grafia Ptolemy e em francês utiliza-se Ptolémée, que só diferem do original grego pela terminação. Em português, seria possível escrever Ptolemeu (com a letra “e” na sílaba central), que estaria mais próximo do nome grego original, mas popularizou-se a grafia Ptolomeu. Em espanhol, utiliza-se geralmente a grafia Tolomeo, na qual o “p” é omitido porque não é pronunciado.

Voltando ao texto da Internet: “Estas são as verdades fundamentais que escreveu o grande Claudio Tolomeu [...] e que são evidentes para os sentidos”. Ou seja: o texto passa ao leitor a impressão de que a teoria de Ptolomeu é extremamente simples (com movimentos circulares dos planetas em torno da Terra) e que ela se baseava na simples observação sensorial dos céus (“evidente para os sentidos”). No entanto, o sistema de Ptolomeu não era simples – era extremamente complexo e sofisticado, sob o ponto de vista matemático – e não era nem um pouco “evidente”. Prossigamos:

O professor se chamava Nicolau Copérnico e ficou intrigado com a pergunta de um dos alunos: “Distinto professor, não disputa Tolomeu com o antigo filósofo grego Pitágoras, que dizia que não é a Terra que se encontra no centro do Universo e sim o Sol?”.

Diante das aspas na citação acima, podemos novamente perguntar: quem será que anotou as palavras exatas do aluno?

De acordo com o texto da Internet, o aluno imaginário estaria comparando as ideias de Ptolomeu com as de Pitágoras. No entanto, ninguém sabe o que Pitágoras dizia (não restou nenhuma obra nem fragmento dele).⁷ Conhecemos apenas aquilo que alguns “pitagóricos” ensinaram – mas a doutrina não era homogênea e ela não pode ser atribuída ao próprio Pitágoras. Sabe-se, por exemplo que alguns pitagóricos (como Philolaos de Kroton) ensinavam

⁵ Em 1610, logo após a divulgação da descoberta das quatro “estrelas” que giravam em torno de Júpiter por Galileo, Kepler publicou dois trabalhos comentando sobre isso. No primeiro (*Dissertatio cum nuncio sidereo*), chamou as “estrelas” de planetas. No segundo (*Narratio de observatis Jovis satellitibus*) introduziu o termo “satélites” (ver Kepler, 1993).

⁶ Pode-se encontrar uma descrição bastante boa do trabalho de Ptolomeu e da maior parte das informações aqui apresentadas em inúmeras obras sobre história da astronomia. Ver, por exemplo, Dreyer, 1953; Kuhn, 1985 (traduzido em Kuhn, 1990); Hoskin, 1997; Pedersen, 1993; e Toulmin & Goodfield, 1999.

⁷ Os fragmentos considerados autênticos e as informações indiretas antigas do pensamento dos pré-socráticos foi coletada por Hermann Diels no século XIX. Uma boa tradução comentada, para o inglês, dos principais fragmentos, pode ser encontrada no livro de Kirk, Raven & Schofield (1983).

que a Terra se movia em torno do “fogo central”, que *não* era o Sol.⁸ Esse fogo central seria invisível para nós, porque estaria sempre oculto pela “anti-terra”. O Sol não teria luz própria, mas apenas refletiria a luz do fogo central. Esse não era um sistema heliocêntrico, evidentemente.

Copérnico estava a ponto de responder, como o fez muitas vezes, que o grande Aristóteles refutou categoricamente Pitágoras e que, sendo o homem a obra mestra de Deus, a Terra que este habita deveria estar no centro do Universo. Desta vez, no entanto, Copérnico tinha tão pouca fé em sua resposta que deu por terminada a aula e saiu bruscamente da sala. Depois de três anos de dedicação ao ensino, resolveu renunciar.

Ao contrário do que a primeira frase da citação acima insinua, Aristóteles nunca argumentou que a Terra deveria estar no centro do universo porque o homem é a obra mestra de Deus. Para Aristóteles, Deus não criou o homem (nem o universo, diga-se de passagem). O Deus aristotélico não interfere no funcionamento do mundo, não realiza milagres, não cria nem destrói nada. Sua única atividade é o puro pensamento; ele transcende o universo, não tendo qualquer semelhança com o Deus judaico-cristão.

A citação transmite a impressão de que as pessoas que aceitavam o sistema geocêntrico eram movidas pela fé, por suas crenças religiosas. Não é verdade. Nenhum dos filósofos antigos que defendeu a posição central da Terra utilizou uma justificativa religiosa. Nem Aristóteles nem Ptolomeu falam sobre Deus, ao discutir a posição da Terra no universo. O texto também insinua que Copérnico, tendo perdido sua fé (irracional) no sistema geocêntrico, mudou de atitude. Isso é falso.

No final da citação, o texto indica que Copérnico encerrou bruscamente sua carreira de três anos como professor de astronomia em Roma. Como já foi dito, essa carreira não existiu.

Como não desenhava e não queria mais ensinar o que ele mesmo duvidava, decidiu voltar para sua casa, em Frauenburg (que na época fazia parte da Polônia), para dedicar-se a investigar, para sua própria satisfação, se Tolomeu e os distintos professores do século XVI tinham mesmo razão ou estavam equivocados.

O início dessa citação é muito curioso: “Como não desenhava...”. Se Copérnico desenhasse ele não voltaria para Frauenburg? O que tem a capacidade de desenhar a ver com o ensino de astronomia? Essa afirmação, muito curiosa, será esclarecida mais adiante.

A minúscula cidade onde Copérnico desenvolveu a maior parte de sua teoria e, depois, morreu, era chamada de Frauenburg, realmente. Porém, ao contrário do que o texto afirma, ela não fazia parte da Polônia, na época, e sim da Prússia oriental. Inversamente, hoje em dia ela faz parte da Polônia, com o nome polonês de Frombork (Frauenburg é o nome em alemão). O autor do texto nem se deu ao trabalho de verificar essas informações, que podem ser encontradas facilmente.

Devemos assinalar que não existe nenhuma evidência documental de que Copérnico tenha abandonado suas atividades de ensino (ou qualquer outra) para investigar se Ptolomeu e os demais defensores do geocentrismo estavam corretos ou não.

De qualquer forma, a contribuição mais importante de Copérnico foi certamente a elaboração de uma proposta heliocêntrica para o sistema solar. O que o texto vai falar sobre isso? Curiosamente, não diz nada! Em vez disso, vai apresentar como uma importante contribuição desse pensador a reforma do calendário:

⁸ Philolaos foi um dos principais pitagóricos, e foi nominalmente citado por Copérnico no *De revolutionibus* (ver mais informações em Casini, 1994). Copérnico também se referiu a Ecphantos. A respeito dos pitagóricos, veja-se o capítulo 12 do livro de Heath (1981).

Dentre os seus principais estudos, constam algumas reformas práticas para tornar o calendário mais preciso, pois foi o primeiro a descobrir a duração quase exata do ano (tempos depois das suas descobertas, outros estudiosos constataram que seus cálculos sobre a longitude do ano tinham uma margem de erro de apenas 20 segundos!).

Então, a reforma do calendário foi a grande contribuição científica de Copérnico? Não, não foi. O calendário foi reformado *quatro décadas* depois da morte de Copérnico (1582), e não por ele. Além disso, o texto indica que Copérnico calculou a “longitude do ano”. Mas o ano tem “longitude”? Não, essa é uma terminologia inadequada. O ano tem *duração*, a palavra “longitude” representa uma das coordenadas geográficas de um ponto.

De acordo com o texto, Copérnico foi capaz de contribuir para a reforma do calendário por causa de seus cálculos muito precisos sobre a duração do ano. Se examinarmos a obra principal de Copérnico, *De revolutionibus orbium coelestium* (ou *Sobre as revoluções dos orbes celestes*)⁹ poderemos ver que ele de fato se preocupou bastante com a duração do ano. Ele avaliou que o *ano sideral* teria uma duração de 365 dias, 6 horas, 9 minutos e 40 segundos (*De revolutionibus*, livro III, seção 14). O valor atualmente aceito é de 365 dias, 6 horas, 9 minutos e 9 segundos. A diferença é de apenas 31 segundos. Não é de 20 segundos, como o texto afirma, porém é pequena. Será que, enfim, o texto que estamos criticando afirmou algo de correto e relevante?

Não vamos nos animar tão depressa. Vamos verificar as informações com um pouco mais de cuidado. Algumas páginas antes de apresentar sua própria avaliação da duração do ano, Copérnico citou em seu livro a estimativa da duração do ano sideral feita pelo astrônomo islâmico Thābit ibn Qurrah: 365 dias, 6 horas, 9 minutos, 12 segundos (*De revolutionibus*, livro III, seção 13).¹⁰ Como já foi dito acima, o valor atualmente aceito é de 365 dias, 6 horas, 9 minutos e 9 segundos. Assim, a diferença entre a estimativa de Thābit ibn Qurrah e o valor atual era de apenas 3 segundos. No caso de Copérnico, a diferença é de 31 segundos (ou seja, 10 vezes maior). É interessante também indicar que Al-Ṣābi’ Thābit ibn Qurrah al-Ḥarrānī (este é seu nome completo) viveu entre os anos 826 ou 836 e 901 da era cristã (ou seja, um pouco mais de 6 séculos antes de Copérnico). Assim sendo, vemos que Copérnico não foi capaz de melhorar a estimativa feita mais de 600 anos antes por ibn-Qurrah. Não podemos, portanto, aceitar a afirmativa da citação acima, de que Copérnico “foi o primeiro a descobrir a duração quase exata do ano”.

Há um outro problema técnico que precisamos indicar. Em sua obra, Copérnico indicou uma boa avaliação do *ano sideral* (o tempo que o Sol demora para retornar à mesma posição em relação às estrelas, quando visto da Terra). Existem outros modos de se definir o ano. O *ano trópico* é o tempo entre dois equinócios de primavera (ou de outono) sucessivos. A duração do ano trópico é diferente da duração do ano sideral, por causa da precessão dos equinócios.

Copérnico não dava importância ao ano trópico, porque acreditava que este seria muito variável. Ele acreditava (como diversos árabes, alguns séculos antes) que, além da precessão dos equinócios, havia uma “trepidação” (movimento oscilatório, de ida-e-volta) dos equinócios (ver Goldstein, 1994). Se existisse de fato essa trepidação, a duração do ano trópico sofreria oscilações e não seria uma medida útil.

⁹ Há muitas traduções para o inglês da obra fundamental de Copérnico (Copernicus, 1952; Copernicus, 1976; Copernicus, 1978). Há uma tradução completa publicada em Portugal (Copérnico, 1984).

¹⁰ Não sabemos de qual obra de ibn-Qurrah Copérnico teria obtido esse valor. Consultando uma tradução recente de seus trabalhos, encontramos 365 dias, 6 horas, 9 minutos e 26 segundos (em vez de 12 segundos). Ver Ibn-Qurrah, 1987, p. 56. Para analisar os dados de ibn-Qurrah (ou de qualquer autor antigo) é necessário fazer uma conversão de unidades, pois os tempos eram representados de outra forma.

Porém, o nosso calendário se baseia no *ano trópico* e não no *ano sideral*. O cálculo de Copérnico para o ano sideral é irrelevante para o estabelecimento do calendário. Além disso, não existe a trepidação em que Copérnico acreditava. Ou seja: se alguém tentasse se basear nos estudos de Copérnico para estabelecer um novo calendário, tudo teria dado errado.

O último parágrafo do texto que estamos discutindo é este:

Na obra de Copérnico basearam-se Kepler, Newton, Einstein e vários cientistas que elaboraram a Astronomia moderna. Nicolau Copérnico viveu no período entre 1473 e 1543.

Os anos de nascimento e morte de Copérnico aqui apresentados são corretos.

Mas será que todos os grandes cientistas posteriores realmente se basearam em Copérnico? Não. Kepler inicialmente aceitou Copérnico, depois mudou completamente sua teoria, eliminando os deferentes e epiciclos que este ainda aceitava, introduzindo órbitas elípticas e fazendo várias outras mudanças importantes. Newton se baseou em Kepler (e não em Copérnico), mostrando que as leis de Kepler podiam ser explicadas pela lei da gravitação universal. Einstein, por sua vez, partiu da teoria de Newton mas introduziu grandes alterações conceituais. Não se pode dizer que Kepler, Newton ou Einstein tenham adotado a teoria de Copérnico.

Em resumo: o texto sobre Copérnico existente no *site* do MCT é totalmente equivocado, sob o ponto de vista histórico. Descreve de forma incorreta a vida de Copérnico e suas contribuições. Além disso, passa uma visão inadequada sobre o próprio processo de construção da ciência. Entre outras coisas, transmite a ideia de que Copérnico foi um grande observador e que seu trabalho se baseou principalmente em observações e medidas cuidadosas.

Vemos, portanto, que esse texto estava repleto de equívocos; não constituía uma boa fonte de informação sobre Copérnico.

4. A AUTORIA DO TEXTO DISCUTIDO

Quem escreveu esse texto divulgado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia? O texto não está assinado.

Adotando a hipótese de que talvez se tratasse de uma cópia de algum outro material, fiz uma busca na Internet e foi localizado um texto muito semelhante, em um *site* de Portugal.¹¹ No entanto, o texto português é mais longo. Comparemos o início das duas descrições:

Texto do <i>site</i> brasileiro	Texto do <i>site</i> de Portugal
No ano de 1502, um jovem professor de Astronomia da Universidade de Roma fez uma breve pausa em sua aula sobre o plano do Universo. De todos os países civilizados do mundo vinham alunos para ouvir as aulas daquele professor, conhecido por explicar de forma entusiasmada a posição das estrelas e dos planetas: “A Terra é o centro do Universo; o Sol, a Lua e os cinco planetas são satélites que	Era o ano de 1502. O jovem professor de astronomia da Universidade de Roma, fez uma breve pausa na sua lição sobre o plano do Universo. De todos os países civilizados do mundo chegaram seus discípulos para ouvir as lições de Copérnico sobre as estrelas e os planetas. Continuou fazendo sua exposição do sistema tolemaico: “A Terra está no centro do Universo; o Sol, a Lua e os

¹¹ O endereço desse outro texto é:
<http://www.prof2000.pt/users/matic/copernico.html>

<p>giram diariamente em torno de nossa majestosa Terra em um círculo perfeito. Mais adiante se concentram as estrelas fixas, que rodeiam todos. Estas são as verdades fundamentais que escreveu o grande Claudio Tolomeu, há mais de 500 anos e que são evidentes para os sentidos”, ensinava.</p> <p>O professor se chamava Nicolau Copérnico e ficou intrigado com a pergunta de um dos alunos: “Distinto professor, não disputa Tolomeu com o antigo filósofo grego Pitágoras, que dizia que não é a Terra que se encontra no centro do Universo e sim o Sol?”.</p>	<p>cinco planetas são satélites que giram diariamente em torno da nossa majestosa terra num círculo perfeito. Mais além encontram-se as estrelas fixas, que tudo rodeiam. Estas são as verdades fundamentais que escreveu o grande Cláudio Tolomeo há mais de mil e quinhentos anos e que são evidentes para os sentidos”.</p> <p>Um jovem de olhos brilhantes fez uma pergunta: “Distinto professor”, “não disputou isto o antigo filósofo grego Pitágoras dizendo que não é a Terra que se encontra no centro do Universo, mas sim o Sol?”.</p>
--	---

A enorme semelhança poderia ser explicada de várias formas. Um desses dois *sites* poderia ter copiado o outro; ou então, ambos poderiam ter se baseado em uma terceira fonte utilizada por ambos; poderiam ter existido, também, outras versões intermediárias.

O *site* português é mais antigo do que o brasileiro e poderia ter sido a fonte original de tudo. No entanto, um detalhe desse *site* nos chamou a atenção: curiosamente, a página publicada em Portugal tem o seu título (que aparece na barra superior do programa de navegação) em castelhano: “Nació: 19 de Febrero de 1473 en Torun, Polonia”. Isso sugeria que esse texto teria se baseado em outro, naquele idioma.

Utilizando uma máquina de busca foi possível encontrar *diversas* páginas em castelhano com esse mesmo texto sobre Copérnico.¹² A mais antiga delas, da Universidade do Chile,¹³ tem a data de março de 1997.¹⁴

O “site” de Portugal não tem data, mas (graças a um vírus) é possível determinar que a sua página sobre Copérnico não foi produzida antes do segundo semestre de 1998. Vamos explicar como foi possível concluir isso. O ponto de partida foi examinar o código HTML da página de Portugal (o que pode ser feito salvando a página no seu computador e abrindo-a com um editor de texto simples, como o “bloco de notas” do Windows). Foi possível então ver que essa página de Portugal sobre Copérnico tinha um cabeçalho (que não aparece no navegador) bastante estranho.

```
<html>
<head>
<meta HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html; charset=windows-1252">
<meta NAME="GENERATOR" CONTENT="Microsoft FrontPage 3.0">
```

¹² Alguns dos endereços encontrados:

<http://www.mat.usach.cl/histmat/html/cope.html> ;
<http://www.ine.cl/32-ninos/copernico.htm> ;
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2003/2003seg/tecnologia/sica11-3pl.asp> ;
<http://www.mat.ucm.es/deptos/am/guzman/pagjor/coper.htm> ;
<http://www.geocities.com/mat21uy/cantor.htm>

¹³ No endereço <http://www.mat.usach.cl/histmat/html/cope.html>.

¹⁴ Estas páginas não existem mais. [Nota adicionada em 2022]

```
<title> Nació: 19 de Febrero de 1473 en Torun, Polonia </title>  
<meta NAME="subject" CONTENT="JOÃO JARDIM x8?! ***** ! DIA 8 VOTA NÃO!">  
<meta NAME="doccomm" CONTENT="A REGIONALIZAÇÃO É UM ERRO COLOSSAL!">  
</head>
```

Nesse cabeçalho, substituímos um palavrão que aparecia depois de “João Jardim x8?!” por cinco asteriscos. Esse cabeçalho não foi uma brincadeira do autor. É um dos efeitos de um vírus de macro chamado W97M/VMPCCK1.BY, criado em 1998 em Portugal, para protestar contra a divisão daquele país em 8 regiões administrativas, que era defendida pelo político Alberto João Jardim. O plebiscito foi realizado no dia 8 de novembro de 1998. O vírus foi criado um pouco antes disso.

Portanto, o computador que criou a página portuguesa sobre Copérnico estava infectado por esse vírus, e a página não pode ter sido elaborada antes da invenção do vírus acima referido. Deve ter sido produzida no segundo semestre de 1998, ou pouco depois (porque no início do ano seguinte, os programas antivírus já protegiam contra essa macro). Como a página sobre Copérnico da Universidade do Chile tem a data de março de 1997, podemos concluir que a página de Portugal é seguramente posterior à do Chile, e deve ter se baseado nela. Isso explica o título da página em castelhano, no “site” português.

É claro que o próprio texto da Universidade do Chile poderia ter se baseado em alguma outra fonte anterior. No entanto, não encontramos na Internet um texto equivalente em outros idiomas. Se há uma fonte mais antiga, ela deve ter sido em forma impressa (livro, artigo, enciclopédia, etc.).

Podemos concluir, portanto, que o texto original (na Internet) é castelhano e foi divulgado no Chile em 1997. Uma primeira versão em português foi divulgada no segundo semestre de 1998, ou pouco depois disso. Podemos também verificar que o texto divulgado no Brasil é uma tradução parcial do texto em castelhano (não foi copiado do texto de Portugal), por alguns detalhes que serão indicados a seguir.

Já vimos que havia uma frase misteriosa no texto divulgado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia: “Como não desenhava e não queria mais ensinar o que ele mesmo duvidava, decidi voltar para sua casa, em Frauenburg [...]”. Se examinarmos o texto em castelhano, encontraremos uma afirmação um pouco diferente: “Como no deseaba ya enseñar lo que él mismo dudaba, decidí volver a su casa, en Frauenburg [...]”. Ou seja: o texto em castelhano afirmava que Copérnico “não desejava”, mas a pessoa que elaborou o texto brasileiro se equivocou na tradução, traduzindo “no deseaba” por “não desenhava” (que, em castelhano, seria “no dibujaba”).

Neste ponto, o tradutor de Portugal foi mais feliz: “Como já não desejava ensinar o que ele mesmo duvidava, decidi voltar a sua casa, em Frauenburg [...]”. Pode-se concluir, portanto, que o texto brasileiro não se baseou na tradução feita em Portugal e sim no texto em castelhano.

A versão divulgada em Portugal também não é isenta de erros de tradução. Como exemplo, podemos mostrar uma frase que não aparece no “site” brasileiro: “Em jovem, Nicolás influenciou o ponto de vista positivo e prático de seu pai mercador e de seu tio administrador da Igreja”. Sabe-se que o pai de Copérnico faleceu quando este tinha apenas 10 anos. Portanto, essa frase está afirmando que, desde criança, Copérnico era uma pessoa capaz de influenciar pessoas mais velhas, como seu pai e seu tio. Seria isso verdade? Não, é apenas um erro de tradução! O texto em castelhano diz: “De joven, en Nicolás influyó el punto de vista positivo y práctico de su padre mercader y de su tío administrador de la Iglesia”. Ou seja: quando Copérnico era jovem, *ele foi influenciado* (e não influenciou) por seu pai e seu tio. Portanto, erros de tradução do castelhano para o português não são um privilégio brasileiro. Mesmo para realizar uma tradução a partir de um idioma tão próximo do nosso, é necessário ter uma certa competência, para evitar erros que alteram completamente o sentido do original.

5. OUTROS PROBLEMAS DO TEXTO ORIGINAL

É claro que o original castelhano não era uma maravilha. Quase tudo o que foi criticado anteriormente no texto divulgado no Brasil estava presente no texto divulgado no Chile.¹⁵ E, o que é pior, lá se encontram ainda outras “pérolas” de que o tradutor brasileiro nos poupou. Por exemplo, para explicar o motivo pelo qual Copérnico tinha ideias originais, o texto afirma:

Por outro lado, estimularam sua imaginação as vitórias dos marinheiros e mercadores que passavam pelo porto de Thorn quando vinham da Ásia, Itália, Rússia e outros lugares.

De acordo com esse texto, no final do século XV, quando Copérnico era ainda criança e vivia em sua cidade natal (Thorn ou Thorun, atualmente chamada de Thrun), ele foi influenciado pelos grandes navegantes que passavam pelo porto de sua cidade. Mas onde ficava essa cidade?



Fig. 3. Mapa da Polônia, indicando em destaque a localização de Thorn ou Thorun (Thrun).

Se examinarmos um mapa da Polônia (Fig. 3), veremos que Thorn era um minúsculo porto fluvial no meio do país. Que grandes e vitoriosos marinheiros e mercadores passavam por lá, vindo da Ásia, da Itália e da Rússia?

Mesmo supondo que tivessem existido esses grandes marinheiros que passavam por Thorn, como Copérnico os conheceu? E que influência eles tiveram sobre a origem do sistema heliocêntrico? Afinal de contas, os grandes navegadores da época (que não eram poloneses, ao que se saiba) traziam notícias sobre lugares, sobre povos, sobre animais e outras coisas semelhantes – mas nada que pudesse sugerir ao jovem Copérnico a busca de uma nova teoria astronômica.

¹⁵ Atualmente, o mesmo texto continua a aparecer na Internet, em diversos *sites*. Para localizá-lo, basta fazer uma busca utilizando este texto: Copérnico "Nació: 19 de Febrero de 1473 en Torun, Polonia" (não deixar de colocar aspas). [Nota adicionada em 2022]

Em outro ponto, o texto em castelhano e sua tradução divulgada em Portugal afirmam que Copérnico:

Também aprendeu grego a fim de ler os textos originais dos astrônomos gregos, assim como suas traduções dos antigos matemáticos árabes.

Na época, os estudantes aprendiam grego para ler textos literários e filosóficos e o mesmo pode ter acontecido com Copérnico. Sabe-se, de fato, que ele traduziu do grego para o latim uma série de cartas de Theophylaktos Simokates, que publicou em 1509 com o título “Epistolae morales, rurales et amatoriae” (ver Copernicus, 1985). Não há evidência, porém, de que ele tenha estudado qualquer texto astronômico em grego. Ele se baseou em textos astronômicos em latim, como faziam quase todos, nessa época.

Há outro aspecto interessante na citação acima. Segundo ela, devemos entender que os astrônomos gregos haviam feito traduções dos antigos matemáticos árabes. Porém, os matemáticos árabes são do período medieval, posterior à época em que os astrônomos gregos viveram. Talvez devamos então acreditar que os astrônomos gregos tinham uma máquina do tempo, obtiveram textos dos astrônomos árabes (muito posteriores a eles), aprenderam árabe e traduziram esses textos para o grego, e que foi essa tradução grega do árabe que Copérnico estudou!

Em outro ponto, o texto procura explicar os motivos científicos pelos quais Copérnico propôs sua teoria:

Logo começou a duvidar da exatidão da teoria tolemaica e fez perguntas como estas: Se o Sol gira ao redor da Terra na órbita fixa de um círculo perfeito, como explicar o mudar das estações? Como é que algumas estrelas e planetas variam de posição de um ano para outro?

O autor do texto parece pensar que era impossível explicar a mudança das estações adotando a teoria geocêntrica de Ptolomeu. Porém, desde a Antiguidade, a mudança das estações podia ser compreendida (dentro do sistema geocêntrico) por um modelo simples em que o Sol se move em relação às estrelas fixas em um círculo inclinado em relação à equinocial. Através desse modelo era possível não apenas explicar qualitativamente as estações, mas também calcular a inclinação do Sol em qualquer dia do ano e calcular a duração do dia e da noite, ao longo das estações.

O final da citação acima sugere que havia certos fenômenos (variação de posição de estrelas e planetas) que não podiam ser explicados pela teoria geocêntrica de Ptolomeu e que isso foi um dos motivos pelos quais Copérnico foi levado à teoria heliocêntrica. No entanto, não havia sido observada nenhuma variação de posição das estrelas de um ano para o outro à qual o texto se refere. Muito depois de Copérnico foi observada a paralaxe das estrelas, mas esse efeito não era conhecido em sua época – e a *ausência* de paralaxe foi um argumento utilizado, na época, contra a teoria de Copérnico.

Quanto ao movimento dos planetas, eles eram muito bem explicados na teoria de Ptolomeu.

Além de mal informado sobre astronomia e sobre a teoria de Ptolomeu, o autor do texto aqui criticado adota uma visão ingênua sobre a ciência. Ele procura transmitir aos seus leitores a impressão de que Copérnico desenvolveu sua teoria para explicar fenômenos que não eram explicados pela teoria de Ptolomeu: estações do ano, movimentos das estrelas e dos planetas. Isso é historicamente falso e é desastroso sob o ponto de vista epistemológico.

Poderíamos indicar ainda outros problemas do texto castelhano, mas essa amostra é suficiente para exemplificar a enorme quantidade de erros que se costuma encontrar em versões “populares” a respeito da história da astronomia.

6. INFORMAÇÕES BIOGRÁFICAS E CONTEXTO CIENTÍFICO

Vamos refletir um pouco, agora, sobre os tipos de informações que o texto aqui analisado procurava apresentar.

Por um lado, o texto falava muito sobre a suposta vida de Copérnico. Apresentava as datas de nascimento e morte (e outras datas), mencionava informações sobre sua família, sobre as cidades em que viveu, lugares em que estudou ou trabalhou, supostas influências que sofreu, e anedotas sobre sua vida. Será importante conhecer a vida dos antigos astrônomos? Para quê?

Informações biográficas a respeito de Copérnico podem ser curiosas e interessantes, mas só são *relevantes* para a compreensão histórica da teoria heliocêntrica se forem informações *corretas* e se ajudarem a entender por que Copérnico foi Copérnico (ou seja, por que ele fez aquilo que fez). Assim, se nosso objetivo central é ensinar astronomia, utilizando a história para auxiliar a compreensão da evolução do pensamento astronômico, muitos tipos de informações biográficas são irrelevantes (mesmo se forem corretas). No caso do texto aqui discutido, além de dados irrelevantes há muitas informações *falsas*, que distorcem a história e que levam a uma visão errônea do trabalho de Copérnico.

A pergunta central que pode ser feita é: afinal de contas, por que motivo foi Copérnico (e não alguma outra pessoa) e apenas Copérnico que, em sua época, propôs uma teoria heliocêntrica como aquela que ele elaborou? O texto aqui discutido procura proporcionar respostas, mas infelizmente são todas falsas. Na verdade, até hoje a pesquisa histórica *não respondeu* a essa pergunta. Não sabemos o que havia de tão especial na personalidade e/ou na vida de Copérnico que poderia tê-lo levado a fazer o que ele fez. É desonesto ficar oferecendo explicações imaginárias, diante da ausência de *documentação* que proporcione uma boa resposta a essa pergunta.

O texto também fala um pouco sobre a situação da astronomia da época. Menciona a teoria que era aceita antes de Copérnico (geocêntrica, de Ptolomeu), comenta sobre a reforma do calendário, indica alguns fenômenos que deviam ser explicados pelas teorias astronômicas, trata sobre observações e medidas da época e aponta alguns motivos para duvidar da teoria antiga. Esse contexto astronômico da época é essencial para se compreender a proposta de Copérnico, suas dificuldades e seus pontos positivos. Porém, para serem úteis, as informações históricas a respeito da astronomia da época devem ser *reais* (ou seja, históricas) e não fictícias (imaginárias ou pseudo-históricas). Deve-se compreender a real situação da época, entender tanto os pontos negativos quanto os pontos *positivos* (que eram muitos) da antiga teoria geocêntrica.

7. UM POUCO DE HISTÓRIA

Não é difícil obter informações históricas básicas confiáveis sobre a astronomia antiga. Não há dúvidas, entre os historiadores da astronomia, sobre alguns pontos fundamentais. Sabe-se que Ptolomeu, baseando-se nos estudos de Hipparchos e de outros, havia desenvolvido uma excelente teoria astronômica. Para descrever os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas, ele utilizou modelos com círculos excêntricos e epiciclos. O modelo foi gradualmente refinado por Ptolomeu, introduzindo recursos matemáticos (como o ponto equante) que permitiam uma excelente concordância com os fenômenos observados. Sob o ponto de vista matemático, a teoria era bastante sofisticada. O modelo de Ptolomeu não era plano e sim tridimensional. Os epiciclos não ficavam no plano dos deferentes (eram inclinados em relação a eles) e os cálculos exigiam o uso de trigonometria esférica – um ramo da matemática que não é elementar. Apenas em um caso a teoria era mais simples: para o Sol, Ptolomeu utilizou um modelo com um único círculo excêntrico, sem equante e sem epiciclo (como Hipparchos), que explicava as estações e também suas diferentes durações (Dreyer, 1953).

É preciso compreender que a obra de Ptolomeu era extremamente sofisticada e complexa, tendo sido exposta principalmente em um enorme tratado sistemático, o *Almagesto*, que é de

difícil compreensão.¹⁶ A visão “popular” da teoria geocêntrica não faz justiça àquilo que realmente foi feito pelos astrônomos antigos.

O trabalho de Ptolomeu era principalmente matemático, procurando ajustar a teoria às observações (ou, como se dizia na época, “salvar os fenômenos” – ver Duhem, 1984). Mas ele também queria entender como os corpos celestes se moviam. No seu livro *Hipóteses dos planetas*, Ptolomeu desenvolveu um modelo do universo baseado em cascas esféricas (“orbes”) encaixadas umas nas outras, para explicar os movimentos dos astros¹⁷.

O sistema astronômico de Ptolomeu era coerente e detalhado, os cálculos correspondiam às observações de seu tempo, e sua teoria cobria todos os fenômenos astronômicos conhecidos¹⁸. No entanto, quando sua teoria foi extrapolada para centenas de anos, foram observadas discrepâncias entre os cálculos e as observações – o que era de se esperar. Durante a Idade Média, o sistema de Ptolomeu foi estudado e aperfeiçoado, primeiramente pelos matemáticos e astrônomos islâmicos, que fizeram novas medidas, introduziram novos métodos de cálculo e estabeleceram novos parâmetros e tabelas¹⁹. Não parecia necessário, no entanto, fazer nenhuma mudança profunda no próprio sistema astronômico utilizado pelo antigo astrônomo.

Nos séculos XII e XIII a astronomia volta a se desenvolver na Europa (McCluskey, 1998). Primeiramente, são feitas traduções de textos árabes; depois, ocorre a “redescoberta” dos textos gregos, que são estudados e traduzidos para o latim. Aos poucos, foram sendo elaborados comentários, manuais explicativos, tabelas. Uma importante contribuição foi feita durante o século XIII, na Espanha, após o período da reconquista do território. O rei Alfonso X, “o sábio” (1221-1284), rei de Castela e de León, mandou traduzir muitos textos astronômicos islâmicos e fez com que fossem compostas novas tabelas, as “Tábuas Alfonsinas”, a partir das quais era possível fazer boas previsões astronômicas, que concordavam com as observações (Sansó, 1994).

Os principais astrônomos que precederam Copérnico, no século XV, foram Georg Peurbach (1423-1461) e Johann Müller de Königsberg (1436-1476), mais conhecido por seu nome latinizado (Johannes Regiomontanus). Eles se preocupavam com detalhes da teoria e não questionavam as bases fundamentais da visão de mundo geocêntrica.

Na época de Copérnico, apesar de haver autores que defendiam a rotação da Terra, praticamente todos aceitavam que ela estava imóvel no centro do universo. E foi essa a tradição que Copérnico recebeu.

Copérnico estudou astronomia na Polônia e na Itália. A astronomia era ensinada, naquela época, dentro do curso de humanidades (como parte das “artes liberais”) e, de forma mais profunda, no curso de medicina (como pré-requisito à astrologia, que era um importante instrumento utilizado pelos médicos). Sabe-se que Copérnico fez algumas poucas medidas astronômicas e que seu trabalho observacional como “astrônomo amador” não foi importante para o desenvolvimento de sua obra. É importante frisar isto: Copérnico não mostrou através de observações que a teoria de Ptolomeu estava errada. Seu estudo foi principalmente teórico.

Havia algum motivo, então, para rejeitar o sistema de Ptolomeu? Vamos repetir: a motivação do sistema de Copérnico não foi qualquer inconsistência entre o sistema de Ptolomeu e as observações. Também não foi por causa do ferramental matemático / geométrico que ele utilizou. Em sua teoria heliocêntrica, Copérnico utilizou recursos matemáticos semelhantes aos

¹⁶ Uma tradução do *Almagesto* para o inglês que se encontra com facilidade em bibliotecas (e em sebos) é Ptolemy, 1952. Vale a pena folhear essa obra, para ter uma ideia de seu estilo e seu alto nível técnico. Uma descrição detalhada do sistema de Ptolomeu é apresentada em Neugebauer (1975).

¹⁷ Há uma tradução comentada para o castelhano (Ptolomeo, 1987).

¹⁸ Pode-se encontrar falhas em Ptolomeu, é claro. Ver, por exemplo, os três primeiros capítulos de Gingerich, 1993.

¹⁹ Uma boa descrição do pensamento científico islâmico medieval é apresentado em Nasr, 1992; Nasr, 1993. Ver também Kennedy 1998, que estuda alguns aspectos específicos.

de Ptolomeu: círculos deferentes, excêntricos e epiciclos. Há uma correspondência profunda entre as duas teorias e qualquer movimento celeste que Copérnico possa explicar, pode ser explicado também no sistema de Ptolomeu.

Como já foi dito acima, não sabemos exatamente o que levou Copérnico a desenvolver sua teoria. Em alguns pontos de seus escritos, ele procura apresentar argumentos para preferir um sistema geocêntrico (mas não sabemos se esses motivos foram seu ponto de partida). Os principais argumentos são de três tipos:

1. Copérnico considera que o Sol é a fonte de luz e da vida de todo o universo e que, por isso, deve estar no centro de tudo. Este é um argumento filosófico, influenciado pelo neoplatonismo (Olson, 1995), e que não considerariamos muito forte – nem agora, nem na própria época.

2. O sistema de Ptolomeu utiliza equantes e círculos excêntricos, e isso torna os movimentos dos planetas irregulares. Para Copérnico, isso é uma falha, pois os movimentos celestes fundamentais devem ser circulares e uniformes.

3. O sistema heliocêntrico exige um menor número de círculos para descrever o movimento dos astros, e é preferível por causa de sua simplicidade.

Esses dois últimos argumentos são os mais citados pelos historiadores e filósofos da ciência²⁰ e são os que nos parecem mais razoáveis. No entanto, é preciso tomar certos cuidados com a afirmação de que a teoria de Copérnico era mais simples e harmoniosa do que a de Ptolomeu. Inicialmente, Copérnico de fato queria utilizar em sua teoria apenas círculos deferentes concêntricos e epiciclos que tinham velocidades angulares constantes (ou seja, eliminar equantes e círculos excêntricos).²¹ Depois, para conseguir explicar os detalhes dos movimentos dos planetas, ele acabou introduzindo de novo círculos excêntricos, além dos epiciclos, destruindo assim a simplicidade inicial da sua proposta.²² Por outro lado, o menor número de círculos também deve ser considerado com cautela. No sistema de Ptolomeu, aperfeiçoado por Peurbach no século XV, havia 40 círculos para explicar todos os movimentos celestes. Na primeira versão de sua teoria, Copérnico conseguiu reduzir o número de círculos. No entanto, na versão final publicada por Copérnico em seu livro “Sobre as revoluções”, ele utilizou 48 círculos.²³ Na verdade, o sistema de Copérnico não era mais simples do que o de Ptolomeu.

Não é evidente, portanto, que a teoria de Copérnico fosse superior à de Ptolomeu, sob o ponto de vista dos argumentos apresentados acima.

É importante assinalar que a teoria de Copérnico era fortemente baseada na teoria de Ptolomeu, sob o ponto de vista dos parâmetros astronômicos adotados. Praticamente todos os parâmetros da teoria heliocêntrica de Copérnico foram obtidos a partir de uma reinterpretação da teoria de Ptolomeu (Petroni & Scolamiero, 1986). Sabe-se que, em vez de utilizar novas medidas, Copérnico se valeu dados das “Tabelas Alfonsinas”, dando nova interpretação aos parâmetros.²⁴

²⁰ Ver por exemplo a análise de Lakatos (1975) que, entretanto, não tem uma boa fundamentação histórica.

²¹ Em torno de 1510 Copérnico escreveu e circulou, sob forma manuscrita, uma primeira versão de sua teoria – o texto chamado *Commentariolus*. Nessa versão preliminar ele rejeitava totalmente os excêntricos, e dizia ser possível reduzir o número de círculos utilizados na teoria de Ptolomeu. Ver Swerdlow, 1973. Há uma tradução comentada, para o português, desse trabalho (Copérnico, 2003).

²² Para se compreender o que é possível realizar utilizando esse tipo de recursos matemáticos, ver Hanson, 1985 e Gearhart, 1985.

²³ Durante muito tempo, os autores repetiram que o sistema de Copérnico era mais simples do que o de Ptolomeu. Uma obra popular mas bastante bem fundamentada que ajudou a romper com essa crença foi a obra *The sleepwalkers*, do escritor Arthur Koestler (ver a tradução em português: Koestler, 1989).

²⁴ Esse ponto foi estabelecido pelo historiador Noel Swerdlow. Ver Swerdlow, 1973; Rosen, 1976 (que criticou Swerdlow); Swerdlow, 1977.

Podemos dar alguns exemplos simples. Para os planetas que naquela época eram denominados “inferiores” (Mercúrio e Vênus), aquilo que na teoria geocêntrica era o raio do seu deferente foi reinterpretado por Copérnico como sendo a distância da Terra ao Sol; e aquilo que na teoria de Ptolomeu era o raio do epiciclo foi reinterpretado, na teoria copernicana, como sendo a distância do planeta ao Sol. No caso de Mercúrio, na teoria de Ptolomeu, a razão entre o raio do epiciclo e o raio do deferente era igual a 0,375 (utilizando notação decimal moderna). Na teoria de Copérnico, a razão entre a distância de Mercúrio ao Sol e a distância da Terra ao Sol era igual a 0,375 – precisamente o mesmo valor, com nova interpretação. No caso dos demais planetas, os parâmetros foram também simplesmente reinterpretados, não exigindo novas medidas.

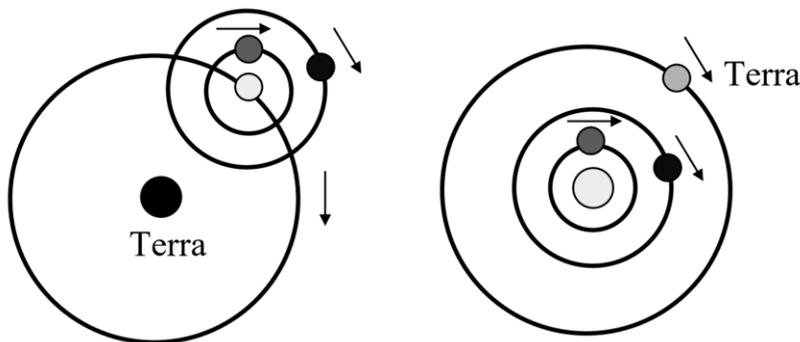


Fig. 4. Modelo geocêntrico (esquerda) e heliocêntrico (direita)

Outro exemplo: no caso dos planetas que eram chamados de “superiores” (Marte, Júpiter, Saturno), a teoria geocêntrica havia estabelecido o período do movimento médio do planeta (movimento do deferente) visto da Terra. Para Marte, o período era de 687 dias (1,88 anos, em notação decimal moderna), para Júpiter era de 4.345 dias (11,86 anos) e para Saturno, 10.750 dias (29,43 anos). Exatamente os mesmos períodos foram atribuídos por Copérnico, mas interpretando-os como sendo os períodos do movimento médio do planeta em relação ao Sol.

Sob o ponto de vista da visão de mundo adotada, Copérnico também não inovou muito. Para Ptolomeu, os corpos celestes não se movem livremente pelo espaço, mas são transportados por cascas esféricas transparentes (os orbes). As estrelas estariam presas no orbe visível mais externo (o “firmamento”), e logo depois disso estaria o fim do universo. Copérnico aceitava a ideia dos orbes transportando os planetas²⁵ (por isso seu livro se chamava *Sobre a revolução dos orbes celestes*) e também manteve a ideia da esfera das estrelas.

A proposta de um universo infinito, com as estrelas espalhadas pelo espaço, não aparece na obra de Copérnico. Ela aparece em 1576, na obra do inglês Thomas Digges – e, depois, em Giordano Bruno (ver McMullin, 1987; Granada, 1990; Granada, 1997). A ideia de que os astros se movem pelo espaço sem serem movidos por esferas apareceu depois de Copérnico, em 1588, na obra de Tycho Brahe. O astrônomo dinamarquês Brahe introduziu essa ideia porque notou que, na sua própria teoria, as esferas teriam que se entrecruzar e que, portanto, não podiam ser objetos físicos sólidos, reais. Kepler adotou, depois, a concepção de Tycho (ver Randles, 1999, capítulo 3; Lerner, 1997).

Tudo isso deve ser dito para se compreender que a teoria de Copérnico era muito diferente da teoria heliocêntrica que foi aceita depois, tendo muitos pontos de contato (e sendo até mesmo dependente) em relação ao sistema ptolomaico.

Além disso, deve-se notar que a teoria de Copérnico tinha algumas virtudes, mas muitos problemas (Moesgaard, 1974). Ela não melhorava muito a concordância entre teoria e

²⁵ Ver uma discussão sobre esse ponto em Rosen, 1975; Swerdlow, 1976; e Barker, 1990.

observação, pois tomava como ponto de partida os parâmetros da teoria antiga. Além disso, estava em conflito com a física aceita na época (aristotélica) e Copérnico não forneceu uma boa alternativa àquela física²⁶. A opinião mais comum sobre seu trabalho, no final do século XVI, era que aquela parecia ser uma teoria engenhosa, mas falsa. E era uma opinião extremamente razoável, para a época. Não havia razões científicas para aceitar a teoria de Copérnico.

Popularmente se difundiu a ideia de que, na época em que foi proposta, a teoria de Copérnico não foi aceita apenas por causa de um preconceito religioso. Essa ideia também precisa ser revista. Na época em que Copérnico divulgou suas ideias, houve uma pequena reação religiosa contra elas, mas por parte dos protestantes – não dos católicos (Hooykaas, 1974; Kobe, 1998; Marcel, 1980; Oberman, 1986). Por mais de meio século, a Igreja Católica *não* considerou a teoria de Copérnico como herética e não fez nenhuma oposição a seu estudo e uso. Ela só proibiu a teoria depois dos episódios de Bruno, Campanella e Galileo. E, nessa época, os protestantes haviam parado de se opor à teoria geocêntrica.

Pode-se perceber que se trata de uma história extremamente complexa, muito diferente das simplificações que continuam a ser difundidas até hoje e que não possuem fundamento histórico.

A substituição da teoria geocêntrica pela heliocêntrica foi lenta e não foi obra de Copérnico. A teoria que aceitamos hoje em dia é heliocêntrica, mas não é a de Copérnico. Para nós o universo não termina na esfera das estrelas, não há orbes movendo os planetas, não há deferentes nem epiciclos, não existe a trepidação dos equinócios. Não foi a teoria de Copérnico, mas sim uma outra teoria heliocêntrica, que resultou dos trabalhos conjuntos de diversos pensadores, que acabou sendo aceita em meados do século XVII – um século depois da morte de Copérnico. Infelizmente, não é possível aqui contar essa história.

8. O ENSINO DE ASTRONOMIA E A HISTÓRIA – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Voltemos ao problema histórico. Suponha que queremos ensinar a origem da teoria heliocêntrica de Copérnico: o que deve ser tratado?

É pouco útil ficar falando sobre a vida de Copérnico, sobre seu tio, sobre datas em que esteve em cada lugar, etc. – isso não ajuda a compreender a situação nem a contribuição de Copérnico. É importante apenas situá-lo em seu período histórico, mas a maior parte dos detalhes biográficos é irrelevante – não serve para nenhum propósito didático.

As ideias de Copérnico devem ser apresentadas em detalhe, assim como as outras ideias existentes na época – sem distorcê-las, sem exageros, sem ocultar as vantagens da teoria antiga nem os problemas da teoria nova.

Infelizmente, não se encontra uma boa descrição histórica em materiais disponíveis na Internet, em enciclopédias, em livros didáticos, em biografias populares ou em obras de divulgação. É necessário recorrer a boas fontes de pesquisa, para não distorcer a história. Ou seja: não é correto preparar às pressas uma aula sobre Copérnico baseando-se apenas naquilo que se encontra facilmente na Internet ou em obras de popularização. É necessário gastar algum tempo, procurar livros bem fundamentados, que sejam o resultado de uma pesquisa histórica realizada por pessoas competentes, que recorreram aos documentos primários.

Mas será necessário isso? Vale a pena dedicar grande esforço e tempo para introduzir uma visão histórica tão complexa no ensino da astronomia? Depende. Primeiro é necessário responder a uma outra pergunta: Qual o objetivo a ser atingido?

O ensino deve utilizar estratégias adequadas para atingir os objetivos desejados. Se o objetivo for apenas divertir os alunos, contando histórias curiosas, não é preciso ter escrúpulos: você pode inventar sua estória (como no exemplo analisado acima). Se o objetivo for evitar

²⁶ Uma boa descrição da evolução da mecânica, da Antiguidade até o século XVII, é apresentada em Dijksterhuis, 1961.

perguntas e questionamentos em aula, você pode utilizar argumentos de autoridade: “Copérnico provou que a Terra gira em torno do Sol” (embora isso seja falso). Mas se você quer ensinar a astronomia como uma *ciência* e quer passar uma visão correta da natureza do trabalho científico, você *precisa* conhecer a verdadeira história.

A ciência não é uma “verdade”, mas algo que se aceita em certa época porque parece bem fundamentado em observações, cálculos, argumentos, discussões. Quando ensinamos apenas os resultados da ciência, e não o processo científico que levou à gradual formação e aceitação das teorias, estamos apenas transmitindo um conjunto de crenças, e não um ensino científico. Quando fazemos isso, estamos *doutrinando* os estudantes e não transmitindo uma noção correta sobre o que é a astronomia como ciência.

Para transmitir uma visão científica adequada, a história que precisa ser contada é complexa, detalhada, sem gênios perfeitos e sem vilões idiotas. Ela descreve as ideias, as discussões, os pontos positivos e negativos, aquilo que era pesado e discutido na época. E conhecer essa história é algo que exige trabalho, dedicação, tempo. Essa história pode ser contada por quem realmente valorizar o ensino da astronomia como ciência, e se der ao trabalho de pesquisar seriamente a história da astronomia.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para a realização de suas pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARKER, Peter. Copernicus, the orbs, and the equant. *Synthese: International Journal for Epistemology, Methodology and Philosophy of Science* **83**: 317-323, 1990.
- BILINSKI, Bronislaw. Il periodo padovano di Niccolò Copernico (1501-1503). Pp. 223-285, in: POPPI, A. (ed.). *Scienza e filosofia all'Università di Padova nel Quattrocento*. Padova: LINT, 1983.
- BISKUP, Marian. *Regesta Copernicana*. Wrocław: Ossolineum, 1973. (Studia Copernicana, 8)
- BISKUP, Marian. Nouvelles recherches sur la biographie de Nicolas Copernic. *Revue d'Histoire des Sciences et de leurs Applications*, **27**: 289-306, 1974.
- CASINI, Paolo. Copernicus, Philolaus and the Pythagoreans. *Memorie della Società Astronomica Italiana* **65**: 497-508, 1994.
- COPÉRNICO, Nicolau. *As revoluções dos orbis celestes*. Trad. A. Dias Gomes e Gabriel Domingos. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
- COPÉRNICO, Nicolau. *Commentariolus – Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes*. Introdução, tradução e notas de Roberto de Andrade Martins. 2ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003.
- COPERNICUS, Nicolaus. *Minor works*. Editado por Pawel Czartoryski. Tradução e comentário por Edward Rosen e Erna Hilfstein. London: Macmillan, 1985.
- COPERNICUS, Nicolaus. *On the revolutions of the heavenly spheres*. Trad. Charles Glenn Wallis. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. (Great Books of the Western World, v. 16)
- COPERNICUS, Nicolaus. *On the revolutions of the heavenly spheres*. A new translation from the Latin, with an introduction and notes, by A. M. Duncan. Newton Abbot: David & Charles, 1976.
- COPERNICUS, Nicolaus. *On the revolutions*. Editado por Jerzy Dobrzycki. Tradução e comentários por Edward Rosen. Baltimore : Johns Hopkins Univ. Press, 1978.
- CROWE, Michael J. *Theories of the world from Antiquity to the Copernican revolution*. 2nd ed. New York: Dover, 2001.

- DIJKSTERHUIS, E. J. *The mechanization of the world picture*. Trad. C. Dikshoorn. Oxford: Clarendon Press, 1961.
- DREYER, J. L. E. *A history of astronomy from Thales to Kepler*. 2. ed. New York: Dover, 1953.
- DUHEM, Pierre. *Salvar os fenômenos: Ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileu*. Trad. Roberto de Andrade Martins. In: *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 1984.
- GEARHART, C. A. Epicycles, eccentrics, and ellipses: The predictive capabilities of Copernican planetary models. *Archive for History of Exact Sciences*, **32**: 207-222, 1985.
- GINGERICH, Owen (ed.). *The nature of scientific discovery*. Washington: Smithsonian Institution, 1975.
- GINGERICH, Owen. *The eye of the heaven. Ptolemy, Copernicus, Kepler*. New York: American Institute of Physics, 1993.
- GOLDSTEIN, Bernard R. Historical perspectives on Copernicus's account of precession. *Journal for the History of Astronomy* **25**: 189-197, 1994.
- GRANADA, Miguel A. L'interpretazione bruniana di Copernico e la "Narratio prima" di Rheticus. *Rinascimento: Rivista dell'Istituto Nazionale di Studi sul Rinascimento* **30**: 343-365, 1990.
- GRANADA, Miguel A. Thomas Digges, Giordano Bruno e il copernicanesimo in Inghilterra. Pp. 125-156, in: CILIBERTO, Michele; MANN, Nicholas (eds.). *Giordano Bruno, 1583-1585: The English experience*. Firenze: Olschki, 1997.
- HANSON, Norwood Russel. *Constelaciones y conjeturas*. Madrid: Alianza Editorial, 1985.
- HEATH, Thomas. *Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus*. New York: Dover, 1981.
- HEATH, Thomas. *Greek astronomy*. New York: Dover, 1991.
- HOOPYKAAS, R. Calvin and Copernicus. *Organon: International Review*, **10**: 139-148, 1974.
- IBN-QURRA, Thabit. *Oeuvres d'astronomie*. Trad. Régis Morelon. Paris: Belles Lettres, 1987.
- KENNEDY, Edward S. *Astronomy and astrology in the medieval Islamic world*. Aldershot: Ashgate, 1998.
- KEPLER, Johannes. *Discussion avec le messenger céleste*. Trad. Isabelle Pantin. Paris: Belles Lettres, 1993.
- KIRK, S.; RAVEN, J. E.; SCHOFIELD, M. *The presocratic philosophers. a critical history with a selection of texts*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- KOBE, Donald H. Copernicus and Martin Luther: An encounter between science and religion. *American Journal of Physics* **66**: 190-196, 1998.
- KOESTLER, Arthur. *O homem e o universo*. São Paulo: IBRASA, 1989.
- KOYRÉ, Alexandre. *From the closed world to the infinite universe*. Baltimore: Johns Hopkins, 1957.
- KUHN, Thomas S. *A revolução Copernicana*. Lisboa: Edições 70, 1990.
- KUHN, Thomas. *The Copernican revolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- LAKATOS, Imre. Why did Copernicus' research program supersede Ptolemy's? Pp. 354-383, in: WESTMAN, R. S. (ed.). *Copernican achievement*. Berkeley: Univ. California Press, 1975.
- LERNER, Michel-Pierre. *Le monde des sphères. II. La fin du cosmos classique*. Paris: Belles Lettres, 1997.
- MARCEL, Pierre. Calvin et Copernic: La légende ou les faits? La science et l'astronomie chez Calvin. *Revue Réformée*, **31**: 1-210, 1980.
- MCCLUSKEY, Stephen C. *Astronomers and cultures in early Medieval Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- MCMULLIN, Ernán. Bruno and Copernicus. *Isis: International Review devoted to the History of Science and its Cultural Influences* **78**: 55-74, 1987.

- HOSKIN, Michael. *The Cambridge illustrated history of astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- MOESGAARD, Kristian Peder. Success and failure in Copernicus' planetary theories. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, **24**: 73-111, 243-318, 1974.
- NASR, Seyyed Hossein. *An introduction to Islamic cosmological doctrines*. Albany: State of New York University, 1993.
- NASR, Seyyed Hossein. *Science and civilization in Islam*. New York: Barnes & Noble, 1992.
- NEUGEBAUER, Otto. *A history of ancient mathematical astronomy*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 3 vols.
- OBERMAN, Heiko A. Reformation and revolution: Copernicus' discovery in an era of change. Pp. 179-203, in: *Dawn of the Reformation: Essays in late medieval and early Reformation thought*. Edinburgh : Clark, 1986.
- OLSON, Paul A. Plato revisited: The Florentine Platonists and the astronomers. Pp. 172-199, in: *Journey to wisdom: Self-education in patristic and medieval literature*. Lincoln : University of Nebraska Press, 1995.
- PEDERSEN, Olaf. *Early physics and astronomy: a historical introduction*. Cambridge: Cambridge University, 1993.
- PETRONI, Angelo M.; SCOLAMIERO, Lucio. On the determination of planetary distances in the Copernican system. *British Journal for the Philosophy of Science* **37**: 335-340, 1986.
- PROWE, Leopold. *Nicolaus Copernicus*. Osnabruck: Zeller, 1967. 2 vols.
- PTOLEMY, Claudius. *Almagest*. Trad. R. Catesby Taliaferro Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. (Great Books of the Western World, v. 16)
- PTOLOMEO, Claudio. *Las hipótesis de los planetas*. Edição e notas de Eulália Pérez Sedeño. Madrid: Alianza Editorial, 1987.
- RANDLES, W. G. *The unmaking of the Medieval Christian cosmos, 1500-1760: from solid spheres to boundless aether*. Aldershot: Ashgate, 1999.
- ROSEN, Edward. Copernicus, Nicholas. Vol. 3, pp. 401-411, in: GILLIESPIE, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of Scientific Biography*. 16 vols. New York: Charles Scribner's Sons, 1970.
- ROSEN, Edward. Studia Copernicana. *Journal of the History of Ideas*, **35**: 521-526, 1974.
- ROSEN, Edward. Copernicus' spheres and epicycles. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, **25**: 82-92, 1975.
- ROSEN, Edward. The Alfonsine Tables and Copernicus. *Manuscripta* **20**: 163-174, 1976.
- SAMSÓ, Julio. *Islamic astronomy and medieval Spain*. Aldershot: Variorum, 1994.
- SWERDLOW, Noel M. A summary of the derivation of the parameters in the "Commentariolus" from the Alfonsine Tables. *Centaurus: International Magazine of the History of Mathematics, Science, and Technology*, **21**: 201-213, 1977.
- SWERDLOW, Noel M. Pseudoxia Copernicana: Or, enquiries into very many received tenents and commonly presumed truths, mostly concerning spheres *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, **26**: 108-158, 1976.
- SWERDLOW, Noel M. The derivation and first draft of Copernicus's planetary theory: a translation of the "Commentariolus" with commentary. *Proceedings of the American Philosophical Society* **117**: 423-512, 1973.
- TOULMIN, Stephen; GOODFIELD, June. *The fabric of heavens*. Chicago: University of Chicago Press, 1999.