

COPÉRNICO E A TEORIA HELIOCÊNTRICA: CONTEXTUALIZANDO OS FATOS, APRESENTANDO AS CONTROVÉRSIAS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

*Hermano Ribeiro de Carvalho*¹
*Lucas Albuquerque do Nascimento*²

Resumo: Este trabalho é resultado de um estudo historiográfico baseado tanto em obras de historiadores da Ciência quanto em uma tradução do *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. No Ensino de Ciências, o trabalho justifica-se pela necessidade de discussões que englobem algo mais do que a proposição de Copérnico acerca do heliocentrismo. Sendo assim, o objetivo geral é apresentar uma visão mais ampla sobre a construção, defesa e disseminação do trabalho de Nicolau Copérnico, contextualizando a época por ele vivida e interpretando os aspectos astronômicos, filosóficos e sociais que puderam influenciar sua teoria. Como resultados, pode-se destacar que Copérnico obteve a contribuição de diversos astrônomos para a elaboração e divulgação do Sistema Copernicano, sofreu influências pelo contexto social, cultural e filosófico, como, por exemplo, de alguns princípios neoplatônicos, e questões idealizadas inicialmente não foram resolvidas por meio do sistema proposto, a saber: a ideia inicial de simplificação do Sistema Ptolomaico, com a diminuição da quantidade de epiciclos. Por fim, torna-se possível vislumbrar algumas implicações para o Ensino de Ciências, como a possibilidade de articulação entre a História da Ciência, a Natureza da Ciência e do trabalho científico e de o texto poder contribuir como subsídio para uma metodologia de ensino por investigação.

Palavras-chave: História da Ciência; Teoria Heliocêntrica; Revolução Copernicana.

COPÉRNICO Y LA TEORÍA HELIOCÉNTRICA: CONTEXTUALIZANDO LOS HECHOS, PRESENTANDO LAS CONTROVERSIAS E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

Resumen: Este trabajo es el resultado de un estudio historiográfico basado tanto en obras de historiadores de la Ciencia cuanto en una traducción del *Commentariolus* de Nicolás Copérnico. En la Enseñanza de las Ciencias, el trabajo se justifica por la necesidad de discusiones que engloben algo más que la proposición de Copérnico acerca del heliocentrismo. Por lo tanto, el objetivo general es presentar una visión más amplia sobre la construcción, defensa y diseminación del trabajo de Nicolás Copérnico, contextualizando la época por él vivida e interpretando los aspectos astronómicos, filosóficos y sociales que pudieron influenciar su teoría. Como resultado, se puede destacar que Copérnico contó con la contribución de diversos astrónomos para la elaboración y divulgación del Sistema Copernicano, sufrió influencias por el contexto social, cultural y filosófico, como, por ejemplo, de algunos principios neoplatónicos, y cuestiones idealizadas inicialmente no fueron resueltas por medio del sistema propuesto, a saber: la idea inicial de simplificación del Sistema Ptolomaico, con la disminución de la cantidad de epiciclos. Por último, es posible vislumbrar algunas implicaciones para la Enseñanza de las Ciencias, como la posibilidad de articular la Historia de la Ciencia, la naturaleza de la Ciencia y el trabajo científico y el texto puede contribuir como elemento de una metodología de enseñanza por investigación.

Palabras clave: Historia de la Ciencia; Teoría Heliocéntrica; Revolución Copernicana.

¹ Instituto Federal do Maranhão, Timon, Brasil. E-mail: hermanoribeirodc@yahoo.com.br.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
E-mail: lucas.albuquerque13@hotmail.com.

COPERNICUS AND THE HELIOCENTRIC THEORY: CONTEXTUALIZING THE FACTS, PRESENTING CONTROVERSIES AND IMPLICATIONS FOR THE TEACHING OF SCIENCES

Abstract: This work is the result of a historiographical study based both on the works of historians of Science and on a translation of Nicholas Copernicus's *Commentariolus*. Within Science Teaching, the work is justified by the need of discussions that encompass something more than Copernicus's proposition about heliocentrism. Thus, the general objective is to present a broader view on the construction, defense and dissemination of the work of Nicholas Copernicus, contextualizing the time he lived and interpreting the astronomical, philosophical and social aspects that could have influenced his theory. As a result, it can be emphasized that Copernicus counted with the contribution of several astronomers for the elaboration and dissemination of the Copernican System, was influenced by the social, cultural and philosophical context, as for example some Neoplatonic principles, and initially idealized issues were not solved by means of the proposed system, namely: the initial idea of simplification of the Ptolemaic System, with the reduction of the number of epicycles. Finally, it becomes possible to glimpse some implications for Science Teaching, such as the possibility of articulation between the History of Science, the nature of Science and the scientific work and the text to contribute as a subsidy to a teaching by research methodology.

Keywords: History of Science; Heliocentric Theory; Copernican Revolution.

1 Introdução

O nome de Nicolau Copérnico (1473-1543) é bastante conhecido, sem dúvida, por estar ligado a uma das maiores revoluções científicas da Era Cristã: a Revolução Copernicana. Copérnico alterou a posição da Terra, bem como adicionou a ela dois movimentos, o de rotação e o de translação.

Isso tudo parece já ser do conhecimento de todos, mas há algumas questões por detrás dessa teoria que nem sempre são abordadas a contento. Dessa forma, para uma melhor compreensão e ensino de como, de fato, ocorreu à denominada Revolução Copernicana, há a necessidade de discussões que englobem algo mais do que a proposição de Copérnico acerca do heliocentrismo; que busque identificar a sociedade na qual ele viveu; as dificuldades pelas quais ele passou para construir e difundir sua teoria; dentre outros. E isso pode ser tema de pesquisas na área de Ensino de Ciências.

Por exemplo, o que pode ter influenciado Copérnico a representar o mundo de uma forma distinta da que estava estabelecida em sua época? Será que Copérnico estava convencido de que toda teoria geocêntrica estava equivocada e, portanto, alterou a mesma integralmente? Ou ainda, existiram dificuldades para a aceitação da teoria heliocêntrica? Se sim, por exemplo, quais estudos ulteriores dos mais diversos pesquisadores precisaram ser necessários para minimizar tais dificuldades?

Este trabalho busca, como objetivo geral, apresentar uma visão mais ampla sobre a construção, defesa e disseminação do trabalho de Nicolau Copérnico, contextualizando a época por ele vivida e interpretando os aspectos astronômicos, filosóficos e sociais que puderam influenciar sua teoria.

Além disso, como objetivo específico, este trabalho também propõe apresentar algumas controvérsias acerca das inovações inseridas por Copérnico em sua teoria, ou seja, ao se relacionar a teoria geocêntrica, que tem como maior expoente Cláudio Ptolomeu (90 – 168), e a teoria heliocêntrica, proposta por Nicolau Copérnico, o que

realmente havia de novo, além do posicionamento da Terra, e o que continuava semelhante.

Todas essas questões, que vão além do puro conhecimento conceitual do geocentrismo e do heliocentrismo, como contextualização da época, os objetivos de cada inovação na Ciência, a aceitação ou rejeição de uma teoria, dentre outros, podem ser esclarecidas a partir do estudo historiográfico mais aprofundado.

Portanto, utilizando a História da Ciência (HC), este trabalho apresenta uma concepção da figura de Nicolau Copérnico e da Revolução Copernicana, a saber: as dificuldades, as controvérsias, os avanços e retrocessos dos estudos, as pesquisas desenvolvidas, os elementos que caracterizam a construção de um determinado conhecimento científico, ou seja, não evidenciando apenas os resultados e acertos de um único estudioso, e sim apresentando as contribuições de vários estudiosos envolvidos na produção de uma teoria.

Por fim, apresenta-se como o presente trabalho, por meio do estudo historiográfico realizado, pode contribuir em uma situação no Ensino de Ciências, como, por exemplo, em uma aula de Astronomia, onde pode ser utilizada a metodologia de ensino por investigação (que se inicia com a proposição de algumas perguntas ou questões problematizadoras). Acredita-se que tal estudo pode servir como um material didático aos professores de Ciências (Física) e ser útil na discussão e abordagem da relação entre aspectos da História da Ciência, concepções sobre Natureza da Ciência (NdC) e do trabalho científico.

2 Antecedentes da Teoria de Copérnico

Desde muito tempo antes de Copérnico, os céus já eram observados e estudados por filósofos. Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) há mais de dois mil anos, apresentou argumentos sobre a forma da Terra que são válidos até hoje. “Aristóteles não era um astrônomo (na acepção atual da palavra). Seu interesse era explicar o universo, mas sem entrar em detalhes e sem fazer cálculos” (MARTINS, 1994, p. 77).

Aristóteles argumentava que a Terra estava estática no centro do Universo, enquanto as outras esferas celestes² a rodeavam concentricamente. Essa concentricidade também foi compartilhada nos estudos de Cálipo de Cízico (370 a.C. – 300 a.C.) e Eudoxo de Cnido (390 a.C. – 337 a.C.), que, segundo Copérnico (2003)³, não puderam explicar, por meio deles (círculos concêntricos), o movimento de todos os planetas.

A astronomia do século XIII, “na sua vertente teórica, estava empenhada principalmente em um debate acerca dos méritos respectivos das teorias filosóficas⁴ comparadas com as teorias matemáticas na hora de explicar os fenômenos” (CROMBIE, 1980a, p. 79). Daí pode-se perceber o porquê do aparecimento do conhecido sistema “aristotélico-ptolomaico”, pois eram de Aristóteles as teorias

² Na Antiguidade acreditava-se que os corpos celestes estavam presos em esferas transparentes que giravam para movimentá-los.

³ Essa citação se trata de uma tradução ao português da obra original *Commentariolus* de 1510.

⁴ Atualmente se poderia substituir o termo “teorias filosóficas” por “teorias físicas”, pois teorias físicas, como conhecemos hoje, surgem no século XVII. Na época em questão, a Física era representada pela Filosofia Natural, e esta se preocupava em explicar a realidade dos fatos.

filosóficas adotadas na época que regiam os movimentos astronômicos (bem como todos os outros movimentos) e, matematicamente e geometricamente, era o modelo de Ptolomeu o mais difundido e aceito na época.

O livro mais conhecido de Ptolomeu, *O Almagesto*⁵, “baseado em 500 anos de pensamento astronômico e cosmológico grego” (GRIBBIN, 2002, p. 27), possui como título grego original “A Compilação Matemática”. Segundo Crombie (1980a), o sistema cosmológico de Ptolomeu era basicamente aristotélico em relação às suas concepções físicas. No entanto, divergia em alguns pontos fundamentais “do único sistema adequado conhecido, o de Aristóteles.” (CROMBIE, 1980a, p. 85). “A dicotomia entre a cosmologia física de Aristóteles e a astronomia matemática de Ptolomeu persistiu durante a Idade Média” (CROMBIE, 1980b, p. 180). A teoria de Ptolomeu conflitava com a de Aristóteles principalmente quando tratava dos epiciclos e equantes e em relação ao movimento circular uniforme, algo que era defendido desde Platão⁶ (428 a.C. – 328 a.C.).

Koyré (1982) explica as motivações de Ptolomeu para algumas inovações que conflitavam com as ideias de Aristóteles, e a gravidade dessas em relação ao abandono do movimento circular uniforme da seguinte forma,

Para não aumentar indefinidamente o número de círculos, Ptolomeu teve de renunciar ao princípio do movimento circular uniforme ou, mais exatamente, encontrou um meio aparente de conciliar a aceitação do princípio com a impossibilidade de segui-lo de fato. Ele resolveu que a dificuldade pode ser vencida admitindo-se que o movimento é uniforme, não em relação ao centro do próprio círculo, mas em relação a um certo ponto interior excêntrico, ponto que ele chama de equante. [...] Isso era algo muito grave, pois, abandonando o princípio do movimento circular uniforme, abandonava-se a explicação física dos fenômenos. É a partir de Ptolomeu, justamente, que encontramos uma ruptura entre a astronomia matemática e a astronomia física (KOYRÉ, 1982, p. 85).

Dessa forma, nota-se a presença de incongruências físicas as quais o sistema aristotélico não possuía.

O sistema ptolomaico vinha sendo interpretado, com frequência, como afirmam Heath e Duhem (*apud* CROMBIE, 1980a)⁷, meramente como um artifício geométrico, por meio do qual explica-se os fenômenos observados ou “salva-se as aparências”. Então, percebe-se que o objetivo de Ptolomeu era muito mais explicar o que se via do que realmente explicar como as coisas de fato aconteciam⁸.

É na questão dos cálculos, no uso de todos os tipos de recursos matemáticos e na maior concordância entre teoria e observação que talvez esteja a maior diferença

⁵ Termo dado pelos árabes à obra de Ptolomeu, cujo significado é “o maior dos livros”.

⁶ “Encontramos em Platão uma fórmula muito clara das exigências e dos pressupostos da astronomia teórica: reduzir os movimentos dos planetas a movimentos regulares e circulares” (KOYRÉ, 1982, p. 82).

⁷ DUHEM, P. *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée. Annales de philosophie chrétienne*, VI, 1908.

HEATH, T. *Aristarchus of Samos: the ancient Copernicus*. Oxford, 1913.

⁸ Há que se frisar que o trabalho de Aristóteles não descrevia matematicamente os movimentos tão bem como o de Ptolomeu.

entre Ptolomeu e seus predecessores, pois a maioria defendia o modelo geocêntrico, mas Ptolomeu, além de aceitar e seguir essas ideias, também “elaborou uma detalhada teoria matemática dos movimentos dos planetas” (MARTINS, 1994, p. 78). Dessa maneira conseguiu alcançar um “alto grau de precisão e estava longe de ser um sistema ‘idiota’ como alguns textos elementares de hoje subjetivam” (MARTINS, 2003, p. 9).

Por mais que o modelo proposto por Ptolomeu, conforme Zanetic (2007), não oferecesse uma explicação física convincente com relação ao movimento retrógrado dos astros e à proximidade constante de Mercúrio e Vênus do Sol, entre outros, possuía um embasamento matemático espetacular e, a partir daí, buscava saídas para esses problemas, como, por exemplo, mediante o uso de epiciclos, deferentes e equantes.

Dessa forma, fica claro que “Ptolomeu teve de fazer dois grandes ajustamentos à noção básica de que a Terra estava no centro do Universo e tudo o resto revolteava ao seu redor” (GRIBBIN, 2002, p. 28). Ou seja, para tentar descrever os movimentos retrógrados dos planetas, Ptolomeu utiliza em sua teoria pequenos círculos (os epiciclos) que giravam num grande círculo perfeito (o deferente) ao redor da Terra (Figura 1), e esse foi o primeiro grande ajustamento.

O segundo ajustamento é a existência dos “pontos equânticos”, estes eram conjuntos de pontos levemente desviados da Terra em torno dos quais os planetas giravam com velocidade angular constante, ou seja, para cada planeta existia um ponto equante específico em torno do qual o movimento angular era uniforme (Figura 1), mas a Terra continua sendo o objeto central (ou estático) do Universo.

Na verdade, o que ocorre é o seguinte, o centro do epiciclo é um ponto que se encontra no deferente, este, por sua vez, possui um centro que não coincide com o centro da Terra, o que muitas vezes é equivocadamente afirmado, e aí está a excentricidade defendida por Ptolomeu (e, mais futuramente, Copérnico aceita a excentricidade, mas em relação ao Sol), ou seja, apesar de imóvel, a Terra não está no centro de cada órbita, ideia que é contrária ao sistema de esferas concêntricas⁹ de Cálipo de Cízico, Eudoxo de Cnido¹⁰ e Aristóteles, e o movimento circular dos planetas possui um ponto simétrico ao que se encontra à Terra, com relação ao centro do deferente, conhecido como equante, em relação ao qual o movimento angular do centro do epiciclo é uniforme (Figura 1).

⁹ “No modelo das esferas concêntricas todos os astros estão sobre superfícies esféricas em cujo centro está a Terra [...]” (MARTINS, 2003, p. 85).

¹⁰ Segundo Koyré (1982), Cálipo de Cízico e Eudoxo de Cnido foram discípulos de Platão e, como seu mestre, substituíram o movimento irregular dos astros errantes por movimentos bem ordenados e esferas concêntricas, isto é, encaixadas umas nas outras.

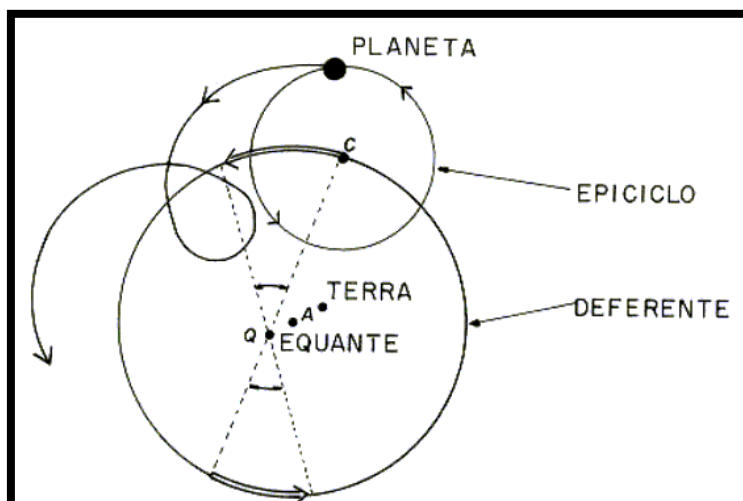


Figura 1 - Representação gráfica do epiciclo, deferente e equante.
Fonte: Grupo... (2014)¹¹.

Não há dúvidas que a utilização¹² de círculos menores – epiciclos – se movendo em círculos maiores – deferentes – para explicar o movimento retrógrado dos planetas, os quais Copérnico chamava de errantes¹³, bem como sua aproximação e afastamento da Terra, foi uma ideia no mínimo sagaz e, por mais que atualmente alguns possam se equivocar, entendendo que Ptolomeu foi um tolo, propondo um modelo totalmente diferente do aceito atualmente, “a proposta de Ptolomeu é Ciência, do mais alto nível” (MARTINS, 2003, p. 65).

Entretanto, na teoria de Ptolomeu, “[...] não existia qualquer tentativa para explicar os processos físicos que mantinham tudo a movimentar-se deste modo [...]” (GRIBBIN, 2002, p. 28). O *Almagesto* de Ptolomeu abordava, quase que em sua integralidade, cálculos e posições planetárias, o que às vezes dificultava o entendimento da maioria. Talvez por isso, apenas na metade do século XV, surgiu algum trabalho heliocêntrico com embasamento matemático capaz de rivalizar com a teoria geocêntrica aceita há séculos (BUTTERFIELD, 1949; KUHN, 1957).

Assim como a maioria dos filósofos anteriores, Ptolomeu adota um sistema geocêntrico, ou geostático, pois, como afirma Martins (2003), apesar de a Terra estar imóvel, não é o centro de todos os movimentos dos orbes.

O modelo de Ptolomeu era composto por oito orbes, a saber: orbe da Lua, do Sol, de Mercúrio, de Vênus, de Marte, de Júpiter, de Saturno e o orbe das estrelas fixas (Figura 2).

¹¹ GRUPO de história, teoria e ensino de ciências. Disponível em: www.ghtc.usp.br/server/Sites-HF/Geraldo/ptolemaico.htm. Acesso em: 02. abr. 2014.

¹² O termo “utilização” é o mais adequado, pois Ptolomeu não inventou o conceito de deferentes e epiciclos, uma vez que estes, segundo Koyré (1982), já teriam sido propostos por outros antes dele como, por exemplo, Hiparco (190 a.C. – 120 a.C.). Ainda conforme Koyré, a invenção da teoria dos epiciclos e dos excêntricos foi elaborada, sobretudo, pela escola de Alexandria, por Apolônio, Hiparco e Ptolomeu.

¹³ Copérnico, às vezes, chama os planetas de “errantes” pelo modo irregular que estes se movem em relação às estrelas. “Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes [...]” (COPÉRNICO, 2003, p. 117).

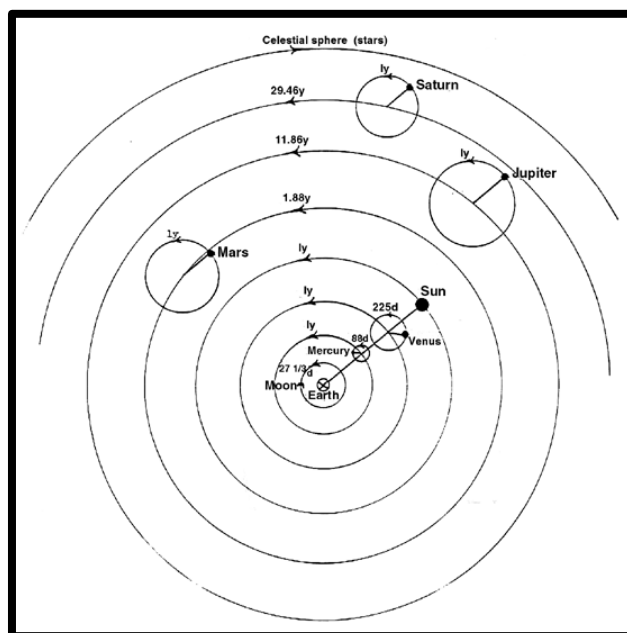


Figura 2 - Orbes do modelo de Ptolomeu.
Fonte: Hatch (2018)¹⁴.

Ptolomeu, além de discordar do sistema heliocêntrico¹⁵, também refutava a ideia de que a Terra poderia girar em seu próprio eixo com revoluções de vinte e quatro horas¹⁶. Para fundamentar sua crítica, Ptolomeu diz que “se a Terra girasse, pelo menos com uma revolução quotidiana¹⁷ [...] esse movimento deveria ser extremamente veemente e de uma velocidade insuperável”. E conclui, “ora, as coisas movidas por uma rotação violenta¹⁸ parecem ser totalmente inaptas a se reunir, mas parecem antes dever dispersar-se” (PTOLOMEU *apud* KOYRÉ, 1986, p. 206). Segundo Koyré (1982), o movimento de rotação da Terra contradizia a experiência quotidiana, ou seja, essa ideia configurava como uma impossibilidade física.

Essa questão da força centrífuga¹⁹ foi uma obstrução muito séria à aceitação da teoria de Copérnico no século XVI. Como afirma Butterfield (1949), somente após trabalhos como de Christiaan Huygens (1629-1695), cujos escritos apareceram cem anos após o *De Revolutionibus*, é que os comentários de Ptolomeu puderam ser rebatidos com um maior embasamento. Esse é um dos motivos que fez Ptolomeu negar

¹⁴ HATCH, R. A. **Simplified Ptolemaic scheme**. Disponível em: users.clas.ufl.edu/ufhatch/pages/02-teachingresources/HIS-SCI-STUDY-GUIDE/0033_simplifiedPtolemaicScheme.html. Acesso em: 01 set. 2018.

¹⁵ É necessário frisar que o heliocentrismo já havia sido defendido, antes de Copérnico, por Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), por exemplo, e era deste que Ptolomeu discordava.

¹⁶ Conforme Koyré (1982), Aristarco de Samos foi o responsável pelo lançamento da hipótese explicativa do duplo movimento da Terra, em torno do Sol e em torno de si mesma.

¹⁷ Movimento de rotação da Terra. Obs.: Por se tratar de uma citação direta, o termo “quotidiana” foi escrito tal qual é encontrado no trabalho de referência. Mas o mesmo termo pode ser encontrado neste trabalho com uma escrita diferenciada, mais comum ao português do Brasil.

¹⁸ Rotação violenta, nesse sentido, tem relação com a velocidade de rotação da Terra de aproximadamente 1.700km/h.

¹⁹ O conceito de força centrífuga, tal qual conhecemos atualmente, só foi inserido por Huygens.

Mais tarde, latinizou seu nome para Nicolaus Copernicus, “uma prática comum na altura, principalmente entre os humanistas do Renascimento” (GRIBBIN, 2002, p. 29).

O pai de Copérnico também se chamava Nicolau e era um rico mercador de cobre bem como seus antepassados. A família era composta por mais quatro integrantes: Sua mãe, Bárbara; seu irmão, Andreas; e suas irmãs, Bárbara e Catarina. Em 1483, ou 1484, morre o patriarca da família. Um irmão de Bárbara, Lucas Watzelrode, é cônego de Wloclawek e convida todos para morarem com ele.

Em 1491, Copérnico se matriculou na Universidade de Cracóvia para estudar as artes liberais. Lá, pôde ter contato com estudos matemáticos e astronômicos, e também foi lá onde, segundo Gribbin (2002), parece ter ficado pela primeira vez seriamente interessado pela Astronomia, adquirindo livros de geometria (Euclides), astronomia e astrologia.

Entretanto, mesmo após quatro anos de estudo em Cracóvia, Copérnico não terminou a graduação, pois teve de retornar a Ermland, cidade onde seu tio Lucas era bispo.

Copérnico e seu irmão Andreas vão para a Itália, em 1496, para prosseguirem seus estudos acadêmicos. Copérnico se matricula na Universidade de Bolonha para estudar Direito. Além dos estudos de Direito, ele também assiste cursos científicos, especialmente do astrônomo Domenico Maria Novara (1454-1504), de tendência neoplatônica. Sob sua orientação, Copérnico desenvolve suas primeiras observações astronômicas conhecidas. É sabido que, “nesse período, Copérnico comprou e leu um resumo do *Almagesto* de Ptolomeu” (MARTINS, 2003, p. 97).

Copérnico é nomeado, por seu tio Lucas, um dos dezesseis cônegos da diocese de Frauenburg (um caso literal de nepotismo²³), esse posto lhe dá segurança financeira e lhe permite dedicar-se aos estudos.

Estuda grego e latim, podendo assim, como afirma Martins (2003), provavelmente tomar consciência da existência de pensadores antigos, que já supunham ser a Terra apenas mais um planeta como os outros. Em 1501, após uma estada de alguns meses na Polônia, Copérnico retorna à Itália com o objetivo de estudar Medicina na cidade de Pádua.

Por volta de 1503, conforme Martins (2003), ele obtém o título de Doutor em Direito Canônico em Ferrara e também, nessa época, obtém um posto de professor na igreja de Santa Cruz de Breslau, mas este posto ele nunca assumiu, ficando, assim, conforme Martins (2003), toda a vida afastado dos deveres docentes.

É provável que, a partir de 1506, Copérnico tenha começado a desenvolver sua teoria heliocêntrica. Aproximadamente em 1510, Copérnico escreve o *Commentariolus*, obra esta que, quando redescoberta, há mais de um século atrás, como afirma Martins (2003), imaginou-se, primeiramente, que se tratava de um resumo do *De Revolutionibus*, mas verificou-se que essas duas obras apresentavam diferenças em pontos cruciais e eram obras distintas.

²³ Nepotismo, nesse caso, se aplica tal qual é interpretada atualmente, como uma concessão de privilégios ou cargos a parentes. Exclui-se, assim, qualquer outra compreensão que se possa ter do termo em questão.

O *Commentariolus* não chegou a ser publicado por Copérnico, “[...] circulou apenas sob forma manuscrita, durante sua vida e até o final do século XVI” (MARTINS, 2003, p. 25), sendo encontradas cópias do manuscrito somente no século XIX. Quando o *Commentariolus* foi escrito, segundo Martins (2003), Copérnico ainda não havia desenvolvido integralmente as ideias que utilizaria em sua maior e mais famosa obra, o *De Revolutionibus*.

Em torno de 1515, Copérnico é convidado a participar dos trabalhos de reforma do calendário, entretanto, recusa por afirmar falta de informações seguras acerca dos movimentos do Sol e da Lua. Nessa mesma época, ele realiza uma de suas poucas observações astronômicas e inicia a redação de sua obra maior, *De Revolutionibus*. Em 1529, Copérnico realiza as últimas observações astronômicas registradas no *De Revolutionibus*, que são as de Vênus. Em torno de 1530, a versão preliminar desta obra deve ter sido completada.

Várias personalidades que tiveram contato com as ideias de Copérnico, entre astrônomos, arcebispos e amigos, o estimularam a publicar suas ideias, mas ele se mantém reticente. Segundo Crombie (1980b), o motivo de sua repugnância a publicar esta teoria, em grande parte, seria o temor de que ela fosse considerada absurda.

De acordo com Martins (2003), alguns astrônomos de Cracóvia, a saber: Marcin Biem Olkusz (1470-1548), Nicola Szadek (1489-1564) e Stanislaw Aurifaber-Lubart (1487-1541), colaboraram com o seu trabalho. Outro amigo que colaborou bastante para a publicação do trabalho de Copérnico foi Georg Joachim Rheticus (1514-1574). Ele escreve um pequeno tratado, *Narratio Prima*, onde descreve e defende as ideias de Copérnico. Essa obra é impressa em 1540 e recebe reações muito positivas. Por volta de 1541, Rheticus retorna a Frauenburg para encontrar Copérnico novamente, que parece, agora, convencido da importância da publicação de sua obra.

Nessa época, Andreas Osiander (1498-1552), de Nuremberg, escreve a Copérnico e Rheticus propondo uma ressalva para a publicação da teoria heliocêntrica. Ele propõe que a teoria seja apresentada como uma “hipótese formal (e não como uma descrição da realidade), tendo por objetivo apenas facilitar os cálculos” (MARTINS, 2003, p. 103). Copérnico nega-se a adotar esse posicionamento, pois acreditava que sua teoria descrevia a realidade cosmológica.

Dessa forma, Osiander consegue introduzir essa ideia na primeira edição da obra como um “prefácio ao leitor”, pois ele, por ser amigo de Rheticus, assume os trabalhos de edição da obra.

Ao final de 1542, Copérnico sofre uma hemorragia cerebral e fica paralítico. Em março de 1543, termina a impressão do *De Revolutionibus*. Um exemplar é levado a Copérnico que, segundo Martins (2003), o recebe pouco antes de morrer, segundo se conta, no dia 24 de maio. Nicolau Copérnico foi enterrado na Catedral de Frauenburg.

4 O contexto de sua época

Copérnico viveu, como afirma Kuhn (1957), um período de agitação geral e turbulência da Europa durante o Renascimento e a Reforma Protestante. Sem dúvida isso facilitou sua inovação astronômica, pois, nesses períodos, “[...] os estereótipos são muito prontamente banidos [...]” (KUHN, 1957, p. 148). Em épocas de alterações na

vida de uma forma geral, tanto política como social e religiosa, “[...] uma inovação planetária podia ao princípio nem sequer parecer uma inovação” (KUHN, 1957, p. 148).

Em um primeiro momento, as alterações, reivindicadas por Copérnico, sobre o modelo astronômico planetário, para a sociedade da época, não parecia surtir efeito algum concretamente no cotidiano. A geometria dos movimentos dos corpos celestes, as ideias neoplatônicas de Copérnico, nada disso parecia surtir qualquer efeito sobre as necessidades e dúvidas da sociedade da época.

Dessa maneira, por mais que os estudos de Copérnico pudessem ser mais abrangentes, na sua época, apenas colocar a Terra em movimento para simplificar um modelo astronômico não parecia ser nada demais.

Pode-se até afirmar que “características específicas da época tiveram efeitos mais concretos sobre a astronomia” (KUHN, 1957, p. 148). Por exemplo, as navegações e as tentativas de reforma do calendário, o qual, diga-se de passagem, só foi reformado depois de Copérnico e sem contribuição do mesmo, eram as maiores motivações para se querer estudar os corpos celestes.

Em relação à reforma do calendário, os estudos de Copérnico tratavam apenas do ano sideral (tempo para uma revolução de 360° de um corpo celeste em torno do Sol) e não do ano trópico (tempo que o Sol leva, em seu movimento aparente com relação às estrelas, para retornar ao mesmo ponto em que ocorre um dos equinócios ou solstícios, os quais marcam o início das estações do ano). O nosso calendário anual é baseado no ano trópico e não no sideral, para que as estações do ano iniciem sempre em torno das mesmas datas do ano.

Alguns séculos após o lançamento da obra mais conhecida de Nicolau Copérnico, *De Revolutionibus*, seu nome passou a ser associado a uma revolução científica. Na verdade, a maior revolução astronômica ocorrida na Era Cristã leva o nome do estudioso prussiano. Entretanto, é necessário fazer uma ressalva importante, pois, como afirma Kuhn (1957), apesar de o nome da revolução ser no singular, o acontecimento foi plural.

Copérnico “não atacou o universo de duas esferas embora o seu trabalho acabasse por derrubá-lo, e não abandonou o uso de epiciclos e dos excêntricos, apesar de que estes também foram abandonados pelos seus sucessores” (KUHN, 1957, p. 94).

Então, há que se ter muito cuidado quando se interpreta o nome “Revolução Copernicana”, pois é comum o equívoco de se creditar somente a Copérnico todas as implicações futuras que tiveram início com a sua teoria.

Segundo Kuhn (1957), foram os estudiosos que se basearam em Copérnico que “tornaram explícitas as consequências que mesmo o autor não vira no seu trabalho”. “Existia muito mais por detrás da astronomia de Copérnico, para aqueles que tivessem olhos para ver, do que a simples afirmação de que a Terra orbita em redor do Sol” (GRIBBIN, 2002, p. 36).

Percebe-se, então, que Copérnico sem dúvida modificou o modelo astronômico que vinha sendo aceito há séculos, mas, em suma, não alterou o pensamento da época. Pois, nem ele mesmo tinha ciência das consequências mais extremas de suas inovações.

“Com exceção daqueles com inclinação astronômica, o movimento da Terra parecia tão perto do absurdo, nos anos a seguir à morte de Copérnico, como antes” (KUHN, 1957, p. 223). Segundo Butterfield (1949),

É errado imaginar que a publicação da grande obra de Copérnico, em 1543, abalou imediatamente os alicerces do pensamento europeu ou foi suficiente para alcançar algo de semelhante a uma revolução científica. Pelo contrário, foi só uma geração depois da morte de Copérnico, a caminho do fim do século XVI, que se abriu, de fato, o período de transição crucial e que os conflitos cresceram em intensidade (BUTTERFIELD, 1949, p. 57).

É muito difícil se afirmar, até mesmo, que os estudiosos que, muitas vezes citados como articuladores do paradigma de Copérnico, contribuíram para a construção do modelo astronômico que conhecemos hoje se inspiraram, todos eles, em Copérnico. Por exemplo, Tycho Brahe (1546 – 1601) não aceitava o heliocentrismo da forma que Copérnico colocava. Ele utilizava, na verdade, quase que uma forma híbrida dos dois modelos²⁴, de Ptolomeu e de Copérnico (Figura 4). Mas por que Tycho Brahe retrocederia em relação a Copérnico? Koyré (1982) acredita que,

[...] ele foi levado por dois tipos de considerações, de naturezas bem diferentes: de um lado, suas convicções religiosas, que não lhe permitiam aceitar uma doutrina contrária às Sagradas Escrituras e, de outro lado, a impossibilidade de admitir o movimento da Terra do ponto de vista físico (KOYRÉ, 1982, p. 87).

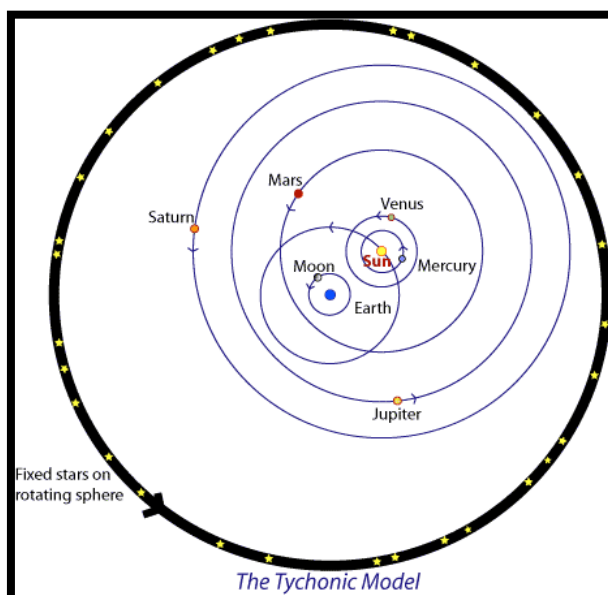


Figura 4 - Modelo astronômico de Tycho Brahe.
Fonte: Glogster (2014)²⁵.

²⁴ Tycho Brahe acreditava que todos os planetas giravam ao redor do Sol, e todo esse conjunto de corpos celestes giravam ao redor da Terra, que se mantinha estática.

²⁵ GLOGSTER. **Historia de los Modelos Planetarios**. Disponível em: www.glogster.com/patry14/historia-de-los-modelos-planetarios/g-6m11h0de09lon5evt38pja0. Acesso em: 01 abr. 2014.

Johannes Kepler (1571 – 1630), embora defendesse as ideias de Copérnico, alterou quase que toda a teoria do mesmo, Isaac Newton (1642 – 1727) se inspirou nos estudos de Kepler, e Albert Einstein (1879 – 1955) alterou a teoria de Newton. Sendo assim, não é suficiente apenas afirmar que todos os avanços ulteriores a Copérnico têm como base a sua teoria, pois embora ela tenha dado uma espécie de pontapé inicial a essa Revolução, ela foi bastante alterada no decorrer dos séculos.

Kuhn (1957) contribui com essa ideia afirmando que,

A maioria dos elementos essenciais pelos quais conhecemos a Revolução Copernicana – cálculos fáceis e exatos da posição planetária, o Sol como uma estrela, a expansão infinita do universo – estes e muitos outros não são encontrados em parte alguma na obra de Copérnico (KUHN, 1957, p. 160).

A Igreja pode não ter percebido o quão ofensiva era a teoria de Copérnico para seus dogmas, em um primeiro momento. Mas, ao se dar conta do prejuízo que aquela poderia trazer, fez questão de incomodar sobremaneira o trabalho dos estudiosos que, além de aceitarem a teoria copernicana, também tiravam dela conclusões mais filosóficas.

Copérnico demorou muito anos para lançar sua principal obra, *De Revolutionibus*, que parecia estar pronta pelo menos 10 anos antes do lançamento. Pela perseguição e censura religiosa que alguns defensores do heliocentrismo sofreram, é comum alguns autores fazerem uma ligação desse atraso do lançamento da obra com uma provável preocupação de Copérnico com o entendimento da Igreja acerca da sua obra. Mas, na verdade, “não existem indícios que Copérnico estivesse muito preocupado com o risco de perseguição por parte da Igreja se publicasse as suas ideias mais formalmente” (GRIBBIN, 2002, p. 31).

Copérnico tinha mais receio que seu trabalho fosse ridicularizado, uma vez que matematicamente era adequado, mas, se confrontado com a física aristotélica, deixava muito a desejar. Deve-se ressaltar que “as objeções físicas contra o movimento da Terra eram irrefutáveis antes da Revolução Científica do século XVII” (KOYRÉ, 1982, p. 88). Alguns argumentos, por exemplo, citados por Koyré (1986), que sempre eram feitos para refutar a ideia de rotação da Terra eram:

As coisas caindo livremente não chegariam também em perpendicular ao lugar que lhes foi destinado, lugar, entretanto, retirado com tal rapidez de debaixo delas. E também veríamos sempre dirigirem-se para o ocidente as nuvens e todas as coisas que flutuam no ar (KOYRÉ, 1986, p. 207).

Se as ideias contidas no *De Revolutionibus* foram difundidas pela Europa, Copérnico deve muito aos seus discípulos e admiradores. Pois ele mesmo não pôde difundir e nem mesmo defender sua obra, uma vez que o lançamento da mesma coincidiu com a morte do seu autor. Kuhn (1957) cita Georg Joachim Rheticus (1514 – 1574), discípulo de Copérnico, o astrônomo inglês Thomas Digges (1546 – 1595) e o professor de astronomia da Universidade de Tübingen, Michael Maestlin (1550 – 1631), professor de Kepler, como semeadores do copernicanismo.

Maestlin, no entanto, afirmou, segundo Butterfield (1949), serem necessárias observações mais perfeitas do que as de Ptolomeu ou de Copérnico e que tinha chegado o tempo de uma “renovação radical da astronomia”.

Erasmus Reinhold (1511 – 1553) é apontado por Kuhn (1957) como um dos primeiros astrônomos a prestar um serviço importante aos copernicanos, em se declarar ele próprio a favor do movimento da Terra. Esse tipo de posicionamento é realmente importante, pois, para vários estudiosos da época, Copérnico ou era desconhecido ou era ignorado. Então, é possível perceber que as ideias de Copérnico não foram prontamente aceitas assim que publicadas.

“O sucesso do *De Revolutionibus* não implica o sucesso da sua tese central” (KUHN, 1957, p. 218). Sendo assim, o prefácio introduzido a obra, por Osiander, parece ter surtido efeito, pois os cálculos de Copérnico foram realmente utilizados e aprovados, mas suas ideias relacionadas ao movimento da Terra ainda necessitariam de muito tempo para serem aceitas.

Como já foi dito, Copérnico não temia retaliações da Igreja por causa de suas ideias. E realmente elas não vieram, pelo menos sobre Copérnico²⁶. Segundo Butterfield (1949), os católicos romanos precisaram de quase cinquenta anos pra perceber que as ideias de Copérnico poderiam ser ofensivas em relação à Sagrada Escritura.

Sem dúvidas, o prefácio de Osiander ajudou a encobrir essa ideia contra a Bíblia que poderia ser retirada da obra de Copérnico, mas “seguramente não acalmou os luteranos e o livro foi redondamente condenado pelo movimento protestante europeu” (GRIBBIN, 2002, p. 35). “Martinho Lutero (1483-1546), Philipp Melachthon (1497-1560) e João Calvino (1509-1564) criticam Copérnico através da Escritura Sagrada” (KUHN, 1957, p. 224). Cada vez mais a Bíblia tornou-se fonte favorita de argumentos anticopernicanos.

Não há dúvida que as conclusões de Giordano Bruno (1548–1600) sobre as ideias de Copérnico influenciaram bastante nesse posicionamento crítico dos religiosos. Baseados na Bíblia, os religiosos afirmavam que os humanos eram seres especiais, aos olhos de Deus, e que todo o mundo foi criado somente para eles. Já Giordano Bruno afirmou que além da Terra não estar no centro do universo, os humanos poderiam não ser os únicos seres vivos neste.

Para ele, o mundo era infinito e seria possível também encontrar novos planetas por todo firmamento. Esse tipo de conclusão tirada a partir das ideias de Copérnico fez a Igreja ficar mais atenta e perceber que aquela teoria era prejudicial às ideias defendidas pela própria Igreja. Giordano Bruno acabou sendo condenado pela Inquisição e queimado na fogueira em 1600.

Durante os séculos XIV, XV e XVI, segundo Kuhn (1957), a Igreja não se interessou em impor aos seus membros qualquer tipo de conformidade cosmológica.

Butterfield (1949) e Kuhn (1957) afirmam que, após 1610, a Igreja Católica se junta aos Protestantes na resistência contra o copernicanismo, a acusação passou a ser de heresia formal. A partir do momento que as ideias de Copérnico começam a serem levadas a sério, problemas gigantescos surgem para a crença cristã.

²⁶ Copérnico não recebe as críticas, pois faleceu no mesmo ano em que sua principal obra foi publicada. Mas isso não quer dizer que seu trabalho não tenha sido alvo de críticas.

Butterfield (1949), Kuhn (1957), Crombie (1980b) e Gribbin (2002) concordam que, em 1616, a obra *De Revolutionibus*, de Nicolau Copérnico, vai para o Index dos livros banidos, e tanto a teoria de Copérnico como a opinião concreta de mobilidade da Terra foram proibidas e consideradas contrárias à fé católica. Alguns autores discordam em relação à data que o livro voltou a poder ser lido. Para Gribbin (2002), somente em 1835 o livro foi tirado do Index, mas para Crombie (1980b), o livro foi retirado em 1620 do índice de livros banidos.

Além de Giordano Bruno, Galileu Galilei (1564 – 1642) também sofreu retaliações por parte da Igreja. Mesmo tendo muitos contatos dentro da mesma, e talvez essa tenha sido sua atenuante em relação à pena imposta a Bruno, ele foi obrigado a negar suas conclusões acerca de seus estudos astronômicos, além de ficar em um regime de prisão domiciliar até o último dia de sua vida.

5 Possíveis motivos para uma revolução?

Apesar de toda complexidade e utilidade do modelo defendido por Ptolomeu na sua época, sua teoria, assim como todas as outras, não podem ser consideradas como infalíveis e apresenta algumas incongruências.

Conforme Kuhn (1957), um esquema conceitual, acreditado porque é econômico, útil e cosmologicamente satisfatório, pode levar a resultados que são incompatíveis com a observação; a crença, então, deve render-se e ser adotada uma nova teoria.

Além disso, como afirma Butterfield (1949), muito antes de Copérnico, sabia-se que, apesar de toda sua complexidade, o sistema ptolomaico não cobria todos os fenômenos tal como eles eram observados, e foram essas incompatibilidades que, provavelmente, chamaram a atenção de Nicolau Copérnico.

Copérnico não se baseou apenas em dados astronômicos para discordar do sistema de Ptolomeu, ou seja, a sua insatisfação, na verdade, poderia estar muito além da astronomia de sua época, uma vez que se pode perceber que Copérnico parece ter sido influenciado por uma tradição neoplatônica, pois, conforme Kuhn (1957), as fontes imediatas de Copérnico são neoplatônicas e ele teria se inserido nessa tradição.

Domenico Maria Novara, amigo e professor de Copérnico em Bolonha, tinha uma relação direta com os pensamentos neoplatônicos e, talvez por isso, tenha sido um dos primeiros a criticar o sistema de Ptolomeu utilizando fundamentações neoplatônicas.

Um forte indício da tendência neoplatônica no trabalho de Copérnico talvez possa ser observado no seu rebuscamento matemático, pois os neoplatônicos acreditavam que a matemática seria o elemento chave para se chegar à natureza essencial de Deus (essa abordagem matemática neoplatônica, muitas vezes, é atribuída a Pitágoras), e sabe-se que, matematicamente, o trabalho de Copérnico é admirável e, para muitos, superou o trabalho de Ptolomeu.

Kuhn (1957) ainda apresenta outro ponto importante a respeito do neoplatonismo, em tese, envolvido no trabalho de Copérnico. Segundo ele, os neoplatônicos acreditavam que a divindade fecunda era representada pelo Sol e este, por

sua importância, deveria estar “no meio de todos os assentos”, ou seja, deveria abandonar o seu posto de coadjuvante, no qual se encontrava no sistema planetário de Ptolomeu, e assumir o papel de esfera central da qual nós recebíamos luz, calor e que seria também responsável pela fertilidade do universo.

O neoplatonismo, para Kuhn (1957), é explícito na atitude de Copérnico tanto em relação ao Sol como em relação à sua matemática. Entretanto, há que se fazer uma ressalva em relação ao momento que Copérnico teria assumido esse caráter neoplatônico, pois o próprio Kuhn compartilha da dificuldade de cravar, cronologicamente, se essa atitude neoplatônica foi tomada por Copérnico antes ou depois da elaboração de sua teoria astronômica.

Dessa forma, por mais que os fatos citados suponham um direcionamento de Copérnico para essa vertente, não se pode afirmar, com toda certeza, que as mesmas o influenciaram desde o início de seus estudos. Obviamente que essa discussão não tem o objetivo de concluir que sejam somente esses fatores que motivaram Copérnico a repensar os parâmetros astronômicos da época, mas, de qualquer modo, eles deram-lhe um argumento para o novo sistema e parecem ter sido importantes para o novo entendimento de Copérnico acerca do universo.

Se não foram, pelo menos integralmente, os pensamentos neoplatônicos que influenciaram Copérnico no seu novo modo de perceber o movimento das esferas celestes no universo, o que poderia ter sido?

Copérnico, ao contrário do que se pode pensar, devido alguns equívocos historiográficos, os quais vêm sendo cometidos ao longo dos tempos, não abandonou a teoria anterior, que vigorava há pelo menos doze séculos, totalmente. Pelo contrário, na verdade, ele, em princípio, defendia aspectos da teoria de Ptolomeu e os incorporou ao seu modelo, como os epiciclos e as esferas de cristal.

Ainda “é, inclusivamente, verdade que Copérnico confiava demasiado nas observações feitas pelo próprio Ptolomeu na antiguidade”. (BUTTERFIELD, 1949, p. 33), bem como a maioria dos estudiosos que o precederam e o sucederam também.

Como já foi dito neste trabalho, o trabalho de Ptolomeu não era algo elementar, muito pelo contrário, foi um trabalho fruto de muitos estudos, observações, e, acima de tudo, um modelo com o qual se conseguia explicar (ou salvar) as aparências, ou seja, o que era observado aqui da Terra.

As grandes esferas de cristal²⁷ encaixadas e girando uma dentro da outra, que são defendidas por Ptolomeu, não são refutadas por Copérnico. Pelo contrário, ele acreditava na existência das mesmas. Entretanto, a diferença é que, segundo Martins (1994), as esferas estariam girando em torno do Sol e não da Terra, ou seja, “a própria teoria de Copérnico consistia apenas numa versão modificada do sistema ptolomaico [...] graças à transposição dos papéis da Terra e do Sol” (BUTTERFIELD, 1949, p. 35).

Apesar de concordar com a existência das esferas cristalinas, é em relação a uma conclusão de Ptolomeu a respeito dessas que Copérnico se opõe veementemente e chega a afirmar que “é uma especulação”: a existência dos equantes, “nem bastante absoluta, nem bastante racional” (COPÉRNICO, 2003, p. 113), pois as esferas, conforme Gribbin (2002) explica, transportavam os corpos celestes ao longo de círculos

²⁷ Nesse contexto, segundo Gribbin (2002), “cristal” quer apenas dizer “invisível”.

que não giravam uniformemente em torno da Terra, mas sim em torno de pontos próximos a ela, chamados “pontos equânticos”.

“Os equantes representam uma técnica astronômica repudiada por Copérnico” (MARTINS, 2003, p. 113). “A impossibilidade de explicação física, mecânica, da astronomia ptolomaica, aquele famoso equante que introduzira nos céus um movimento não uniforme, pareciam-lhe verdadeiramente inadmissíveis” (KOYRÉ, 1982, p. 86).

Segundo Martins (2003), essa técnica violaria a exigência de movimentos uniformes de rotação em torno do centro, como a rotação simples de uma esfera.

Outro ponto ao qual Copérnico se refere em suas críticas ao trabalho de Ptolomeu é a sua complexidade. Tanto pela sua matemática como pela quantidade de epiciclos que devem ser usados para se explicar os movimentos dos corpos celestes. Mas, em relação a este ponto, Copérnico não constrói uma teoria tão diferente. Seu trabalho possui cálculos matemáticos complexos e um número de círculos maior que do *Almagesto*.

Devido a essa dificuldade, Martins (2003) afirma, sobre o *De Revolutionibus*, que, desde sua publicação, não é muito provável que este livro tenha sido total e cuidadosamente lido por mais de cem pessoas. Ou seja, Copérnico critica, mas nem ele próprio consegue imaginar um modelo astronômico simples que consiga demonstrar o movimento dos céus observados aqui da Terra.

6 Em que Copérnico realmente inovou?

Nicolau Copérnico tinha por objetivo simplificar o modelo que vinha sendo aceito há pelo menos doze séculos, cujo autor era Claudio Ptolomeu. Segundo o próprio, “Tendo enfrentado um problema tão difícil e quase insolúvel, veio-me enfim o modo de resolvê-lo com elementos menos numerosos, mais simples e muito mais convenientes do que os precedentes” (COPÉRNICO, 2003, p. 113).

Copérnico chega a dar provas que essa simplificação, à qual ele se refere, não é uma mera falácia em sua argumentação. Ptolomeu, no seu *Almagesto*, utiliza 40 círculos para conseguir “salvar” as aparências. Copérnico criticava vários recursos matemáticos utilizados por Ptolomeu como, por exemplo, os excêntricos, epiciclos e pontos equantes.

Por mais que, no início, Copérnico criticasse a utilização dos orbes excêntricos (Figura 5), que nada mais são do que círculos cujo centro não coincide com o centro do corpo celeste estático; ele acaba, também, achando conveniente utilizá-los na sua teoria. Ele afirma: “o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar” (COPÉRNICO, 2003, p. 114).

Essa ideia de círculos excêntricos se assemelha com as órbitas elípticas de Kepler, mostrando assim a sua utilidade. O próprio Kepler chegou a utilizar esses orbes excêntricos no início de seus estudos, os abandonando posteriormente, pois percebeu que por mais que eles satisfizessem os movimentos da maioria dos planetas, deixavam a desejar quando se tratava de Marte. Conforme Koyré (1982),

Ele não tentou, depois de haver achado que a trajetória real de Marte era uma elipse, reproduzir essa elipse por um arranjo de círculos, mas imediatamente substituiu o mecanismo dos círculos, das esferas ou das órbitas que guiam e transportam os planetas, pela ideia de uma força magnética, emanando do Sol, que dirige seus movimentos (KOYRÉ, 1982, p. 89).

Essa hipótese, levantada por Kepler, também vai contra as ideias de Aristóteles, pois para este, segundo Koyré (1986), só havia duas formas de transmissão de movimento: pressão e tração. Aristóteles não admitia ações à distância como essa força magnética apontada por Kepler.



Figura 5 - Demonstração de círculo excêntrico.
Fonte: Picazzio (2011, p. 102)²⁸.

Copérnico acreditava que, por estar colocando a Terra em movimento, precisaria de um número bem menor de epiciclos, que os utilizados por Ptolomeu, para explicar os movimentos dos corpos celestes vistos da Terra. Um exemplo que fazia Copérnico ter essa crença é o movimento atualmente conhecido como “laçada”, que são os movimentos aparentes de progressão e retrogressão dos errantes. Para Ptolomeu, esse movimento era explicado com a utilização de epiciclos (Figura 6).

²⁸ PICAZZIO, E. (org.). **O Céu que nos Envolve**. São Paulo: Odysseus, 2011. Disponível em: www.astro.iag.usp.br/OCeuQueNosEnvolve.pdf. Acesso em: 01 out. 2018.

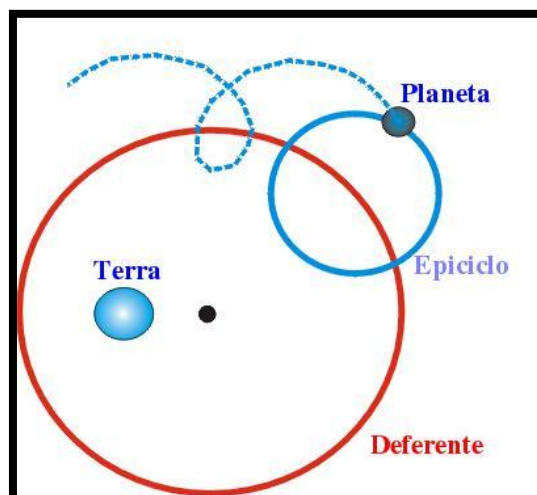


Figura 6 - Movimento de “laçada” no modelo de Ptolomeu.
Fonte: Guedes (2014)²⁹.

Já para Copérnico (Figura 7), como fica bem claro na sétima exigência contida no seu *Commentariolus*, “Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes não pertencem a eles, mas à Terra. Apenas o movimento desta é suficiente para explicar muitas irregularidades aparentes no céu” (COPÉRNICO, 2003, p. 117).

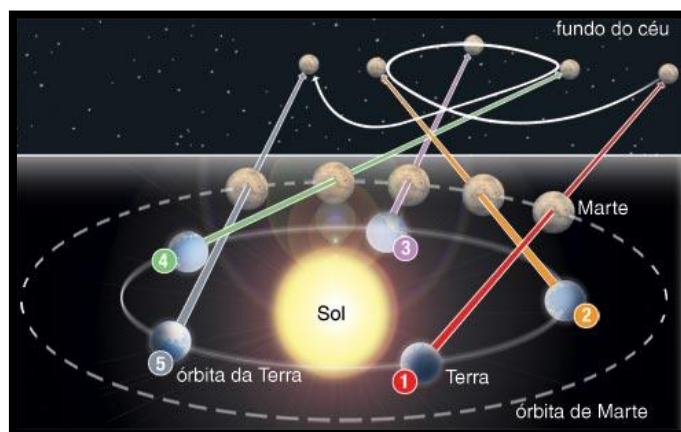


Figura 7 - Movimento de “laçada” no modelo de Copérnico.
Fonte: Astrobiologia IFAL (2014)³⁰.

Com esses mesmos argumentos, Copérnico defendia que era o movimento da Terra e do seu orbe que causavam a falsa impressão que o Sol é que se movia ao longo do céu. Com essa afirmação de que a Terra se move, ele conseguia explicar alguns fatos vistos da Terra sem precisar adicionar a esses movimentos um número indefinido de epiciclos.

Entretanto, é em relação aos epiciclos que se percebe que Copérnico não conseguiu realizar um de seus objetivos, qual seja, a simplificação do modelo de

²⁹ GUEDES, L. L. S. **Epícloos de Ptolomeu e Matéria Escura**. Disponível em: astronomia.blog.br/epiciclos-de-ptolomeu-e-materia-escura. Acesso em: 01 abr. 2014.

³⁰ ASTROBIOLOGIA IFAL: Movimentos. Disponível em: www.astrobiologiaifal.hostzi.com/astrobiologia/Movimentos.html. Acesso em: 01 abr. 2014.

Ptolomeu em relação à quantidade de círculos utilizados para explicar a movimentação dos corpos celestes.

Em sua primeira descrição da teoria heliocêntrica, que data de 1510, o *Commentariolus*, Copérnico reserva seu último parágrafo para demonstrar que era possível se utilizar um número menor de círculos e, mesmo assim, explicar como ocorre a movimentação dos corpos celestes no universo,

E, assim Mercúrio corre com sete círculos ao todo, Vênus com cinco, a Terra com três e em torno dela a Lua com quatro; enfim, Marte, Júpiter e Saturno com cinco cada um. Portanto, bastam no universo 34 círculos, com os quais fica explicada toda a estrutura do mundo e a dança dos planetas (COPÉRNICO, 2003, p. 148).

Percebe-se então que Copérnico aparentemente havia conseguido simplificar o modelo de seu predecessor, pois no modelo de Ptolomeu eram necessários 40 círculos para se “salvar” as aparências, e no dele apenas 34. Mas o *Commentariolus* se tratava de um material ainda não completo, ou seja, ainda não estavam totalmente descritas ali todas as ideias e conclusões de Copérnico.

Mas, em 1543, é lançada a principal obra de Copérnico, *De Revolutionibus*. Uma obra mais completa que a anterior, com a predominância de cálculos e desenhos geométricos, que procuravam descrever como funcionava o universo.

No entanto, é nessa obra que se percebe que Copérnico não atingiu seu objetivo de simplificar o modelo de Ptolomeu, pois dos 34 círculos citados no seu trabalho anterior, sobre a teoria heliocêntrica, agora foram somados mais 14, chegando a um total de 48 círculos. Assim, a simplificação introduzida em um primeiro momento pelo sistema de Copérnico, que poderia ser considerado um bom argumento a favor do heliocentrismo, não se confirmou como propunha seu idealizador.

Para que todas as conclusões de Copérnico pudessem ser alcançadas, ele teve que seguir algumas exigências, no total são sete, que muitas vezes norteavam seus cálculos. Uma, por exemplo, que era fundamental para que o sistema de Copérnico fosse compatível com as observações, era a quarta exigência que tratava da distância entre o Sol e a Terra, e a altura do firmamento: “A razão entre a distância do Sol à Terra e a altura do firmamento é menor do que a razão entre o raio da Terra e a sua distância ao Sol; e com muito mais razão esta é insensível confrontada com a altura do firmamento” (COPÉRNICO, 2003, p. 115).

Caso “a Terra se movesse em torno do Sol com uma distância comparável à do ‘firmamento’ (esfera das estrelas “fixas”), nunca se veria, à noite, metade da esfera celeste e sim uma parcela menor do que a metade” (MARTINS, 2003, p. 116). Então, como foi observado em sua exigência, Copérnico foi obrigado a criar uma grande distância entre as estrelas e o Sol. Esse fato foi percebido como um aspecto negativo de seu sistema.

Entre essas exigências, Copérnico também afirmou que os orbes dos planetas giram em torno do Sol; portanto o centro do mundo está perto do Sol, defendendo, assim, sua teoria heliocêntrica. Também afirmou que qualquer movimento aparente do firmamento não pertence a ele, mas à Terra.

Outra inovação notável consiste na ordem e harmonia implícitas no modelo copernicano, onde os períodos siderais³¹ dos planetas (astros errantes) e suas respectivas distâncias ao Sol se apresentam numa sequência perfeita, com os planetas mais próximos ao Sol sendo os mais rápidos e, os mais distantes, os mais lentos, com períodos siderais cada vez maiores quanto maior à distância ao Sol.

Por meio de observações e cálculos matemáticos, Copérnico determinou os períodos siderais dos planetas a partir de seus períodos sinódicos e conseguiu calcular as distâncias dentro do sistema solar em termos da distância Terra-Sol, ou seja, em unidades astronômicas (UA). A Tabela 1, abaixo, mostra uma comparação entre os valores das distâncias dos planetas ao Sol obtidos por Copérnico e os valores atuais, em UA. Podemos observar que os valores obtidos por Copérnico são valores muito próximos dos atualmente aceitos.

Planeta	Copérnico	Moderno
Mercúrio	0,38	0,387
Vênus	0,72	0,723
Terra	1	1
Marte	1,52	1,523
Júpiter	5,22	5,202
Saturno	9,17	9,554

Tabela 1 - Valores das distâncias dos planetas ao Sol.

Fonte: Oliveira Filho e Saraiva (2004).

Segundo Kuhn (1957), existem outras “vantagens estéticas” do sistema copernicano, como, por exemplo, no caso do movimento retrógrado, que é transformado em consequência natural e imediata da geometria das órbitas centradas no Sol, numa explicação mais simples e muito mais natural do que a de Ptolomeu, e no caso do movimento dos planetas inferiores, Mercúrio e Vênus, que passam a ter, cada um, o seu período orbital (sideral) distinto, e não mais o mesmo período orbital, como no modelo de Ptolomeu. Por consequência:

Agora, pela primeira vez, como Copérnico diz na sua carta introdutória, as ordens e magnitudes de todas as estrelas e esferas tornaram-se de tal forma ligadas que nada nem alguma pode deslocar-se do seu lugar sem produzir confusão em todas as outras partes e no universo como um todo (KUHN, 1957, p. 206).

Copérnico, assim como seus predecessores, acreditava que os corpos celestes giravam, quer seja em torno da Terra, quer seja em torno do Sol, presos em orbes celestes que se encaixavam entre si³². No *Commentariolus*, Copérnico definiu a ordem dos orbes celestes (ver Figura 8) da seguinte forma:

³¹ Período sideral: é o período real de translação do planeta em torno do Sol, em relação a uma estrela fixa (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004, p. 53).

³² Essa ideia de orbes encaixados que conduziam os corpos celestes em seus movimentos só vai ser abandonada após os estudos de Tycho Brahe (1546 – 1601), que aconteceram pelo menos quarenta anos após a morte de Copérnico.

O mais alto é o das estrelas fixas, que é imóvel, contém e localiza todas as coisas: sob ele vem o de Saturno, a este segue o de Júpiter, a este o de Marte; sob este está o orbe no qual giramos; em seguida, o de Vênus; o último é o de Mercúrio. Por outro lado, o orbe da Lua gira em torno do centro da Terra, com a qual se move como um epiciclo (COPÉRNICO, 2003, p. 120).

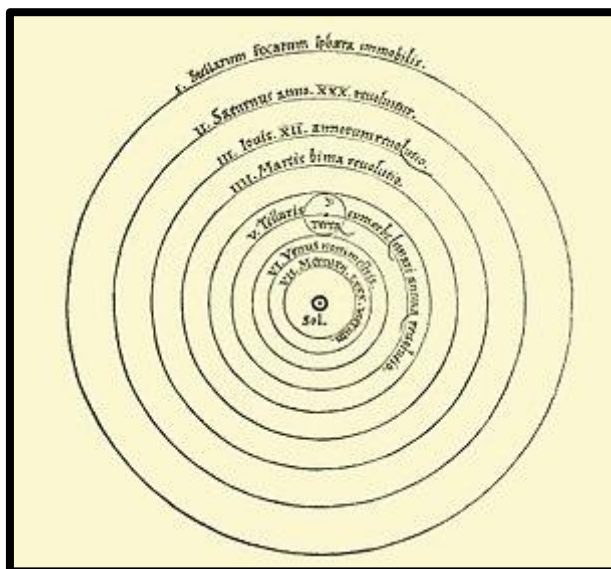


Figura 8 - Ordem dos orbes celestes, segundo Copérnico.
Fonte: Wikipedia (2018)³³.

Não há dúvidas que Copérnico inovou em muitos pontos com sua teoria, mas é também verdade que ele manteve vários aspectos que já vinham sendo defendidos há tempos. Fazendo uma análise geral, Koyré (1982) afirma que ao menos três vantagens podem ser retiradas da nova astronomia trazida por Copérnico: houve a libertação do equante e fim da distinção entre a imagem de filósofo e astrônomo matemático; mostrou que irregularidades planetárias são apenas puras “aparências” irrealis; e a questão, a qual defendeu, que os fenômenos celestes e suas aparências podiam ser explicados por um único fato, a saber, o movimento da Terra.

Por fim, como destaca Évora (1993), podemos dizer que Copérnico iniciou uma revolução, porém esta tinha que ser completada por Johannes Kepler, Galileo Galilei e Giordano Bruno.

7 Implicações para o Ensino de Ciências

Nas últimas décadas, diversos estudos e pesquisas, por exemplo, Zanetic (1989), Peduzzi (1998), Martins (2006) e Nascimento, Carvalho e Silva (2017) consideram necessário à inserção de aspectos da História da Ciência (HC) em situações articuladas ao Ensino de Ciências em diferentes níveis educacionais.

³³ WIKIPEDIA. **Copernican heliocentrism**. Disponível em: en.wikipedia.org/wiki/Copernican_heliocentrism. Acesso em: 01 out. 2018.

Em sua tese de doutorado, Peduzzi (1998) apresenta algumas potencialidades do uso didático da HC na educação científica, em resumo, apresentam-se três potencialidades, a saber: (a) desmistificar o método científico, dando ao aluno subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista; (b) mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’, mas objeto de constante revisão; (c) tornar as aulas de ciências (e de física) mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico (PEDUZZI, 1998, p. 57-58).

A partir do exposto acima, o estudo historiográfico sobre Nicolau Copérnico e a Revolução Copernicana realizado e apresentado ao longo do trabalho torna-se útil, por exemplo, em aulas de Ciências (Física) em que há necessidade de discussões sobre aspectos da Astronomia. O presente estudo pode ser utilizado como material didático por parte do professor em elaboração de aulas, as quais podem ter como objetivo a discussão com os alunos de aspectos sobre Natureza da Ciência (NdC) e do trabalho científico.

No âmbito do Ensino de Ciências, um estudo historiográfico ou historiografia da ciência “procura refletir sobre os momentos históricos, mas não é uma simples descrição desses, pois ao refletir acerca da realidade histórica, cada historiador agrega-lhe um caráter discursivo novo” (OLIVEIRA; SILVA, 2012, p. 42).

Porém, é necessária atenção, sendo que,

A historiografia da ciência analisa os episódios históricos da ciência, e tem como ponto de partida documentos e fatos relacionados à ciência, porém vale ressaltar que essa análise histórica está carregada de crenças e filosofias do historiador, pois a leitura que ele faz dos documentos pode ser direcionada pela sua própria formação (OLIVEIRA; SILVA, 2012, p. 43).

Sobre o que é NdC, no campo da Didática das Ciências, não há um consenso sobre essa questão e uma definição única do termo pode restringir e minimizar toda a concepção acerca da natureza de um conhecimento científico, ou seja, a NdC pode ser conceituada de diversas formas. Segundo Acevedo (2008), existe uma vasta variedade de áreas de conhecimento que são relacionadas ao se abordar a NdC, como a Filosofia, a Sociologia e a História da Ciência, por exemplo.

Buscando estudos que relacionam aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) em situações no Ensino de Ciências, encontram-se concepções acerca do que se pode entender como NdC (porém torna-se válido ressaltar que não deve ser considerado como uma definição única e exclusiva), como, por exemplo:

[...]a união de conhecimentos sobre a ciência que discute sobre seus objetivos, as influências sofridas e/ou causadas sobre a sociedade da época, suas limitações, seu pluralismo metodológico, a aceitação ou rejeição de ideias científicas, dos equívocos cometidos pelos cientistas e o seu caráter provisório (SILVA *et al.*, 2017, p. 4).

Mas, como inserir tais aspectos sobre NdC e do trabalho científico no Ensino de Ciências? Uma possível forma de inserção, e é essa possibilidade que se defende

neste artigo, se dá por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC). Em outras palavras,

[...] análise de episódios históricos permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 35).

Diante de toda a discussão, entre o uso didático da HC, aspectos da historiografia da ciência, uma ideia sobre NdC e o uso da HFC no Ensino de Ciências como uma possibilidade de inserir discussões acerca da natureza de um conhecimento científico e do trabalho científico, será apresentada, a seguir, uma possível implicação do estudo historiográfico realizado no âmbito do Ensino de Ciências.

Há a possibilidade de articulação entre as discussões sobre a identificação da sociedade na qual Nicolau Copérnico viveu; as dificuldades pelas quais ele passou para construir e difundir sua teoria; as relações entre o Sistema Ptolomaico e o Sistema Copernicano e no que realmente Copérnico inovou, com algumas concepções sobre NdC, tendo como base o texto produzido por Peduzzi e Raicik (2017), onde os autores apresentam e discutem 18 (dezoito) proposições com concepções sobre NdC e do trabalho científico. Sendo assim, pode ser vislumbrado como o estudo historiográfico pode ser trabalhado em situações de ensino.

Uma concepção que o estudo pode tornar explícito é a ideia de que a ciência (o empreendimento científico) é uma construção coletiva; o esquecimento ou mesmo o anonimato de muitos de seus personagens é injustificável como, por exemplo, por meio da situação em que Copérnico obteve auxílios dos astrônomos Marcin Biem Olkusz, Nicola Szadek e Stanislaw Aurifaber-Lubart, os quais colaboraram com o seu trabalho. A colaboração de Georg Joachim Rheticus, que contribuiu para a publicação do trabalho de Copérnico, e a escrita de Rheticus de um pequeno tratado, *Narratio Prima*, onde descreve e defende as ideias de Copérnico.

As passagens do estudo historiográfico sobre as influências filosóficas neoplatônicas e o contexto vivido por Copérnico na Europa durante o Renascimento e a Reforma Protestante, contribuíram para uma concepção sobre NdC e do trabalho científico, a saber: as concepções filosóficas, religiosas, culturais, éticas do investigador, assim como o contexto histórico, cultural, social em que se desenvolve a ciência, influenciam o seu trabalho desde os tempos mais remotos.

A ideia de que uma teoria não deixa de ser científica porque foi descartada, fica evidente quando foi discutido o uso, por Copérnico, dos epiciclos idealizados por Ptolomeu e apresentados inicialmente no Sistema Ptolomaico. O trabalho de um estudioso, por vezes, impõe desafios, dificuldades e questões não resolvidas, como, por exemplo, o objetivo inicial de Copérnico em simplificar seus estudos por meio da diminuição da quantidade de epiciclos, porém o sistema proposto no final apresentou uma quantidade de 48 círculos, ou seja, uma quantidade maior quando comparado com os 40 círculos propostos no Sistema Ptolomaico.

Sobre a concepção de que as teorias científicas não são definitivas e irrevogáveis, mas sim objeto de constante revisão, que o pensamento científico

modifica-se com o tempo, essa concepção fica explícita ao longo do tópico 6, “Em que Copérnico realmente inovou?”. Por exemplo, ao apresentar e discutir elementos que diferem entre o Sistema Copernicano e o Sistema Ptolomaico, como, por exemplo, o idealizador e colaboradores do primeiro sistema buscaram a definição de ordem dos orbes, a relação entre velocidade de uma revolução e a distância do Sol, a troca da Terra pelo Sol como centro do universo e a duração de uma volta completa em torno do Sol, tais definições científicas tornam evidente a constante busca por aperfeiçoamentos, maior adequação à realidade observada, maior simplificação e elegância no novo modelo proposto.

A concepção sobre a dinâmica da produção de conhecimentos na ciência, de que ela é um processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo, fica evidente ao longo de todo estudo historiográfico sobre Nicolau Copérnico e a Revolução Copernicana, ao se contextualizar os fatos e apresentar as controvérsias.

Por fim, várias das questões formuladas ao longo do trabalho, e que se buscou responder ao longo dele, como, por exemplo, o que, efetivamente, motivou Copérnico a propor o seu modelo heliocêntrico? Em que aspectos Copérnico realmente inovou?, Podem ser utilizadas por docentes como ponto de partida para aplicação de uma metodologia de ensino por investigação (AZEVEDO, 2004; RODRIGUES; BORGES, 2008), cujo início é sempre uma problematização do tema a ser abordado, com a apresentação de questões que estimulem o interesse, proponham desafios e estimulem a formulação de hipóteses a serem discutidas e verificadas mediante um aprofundamento dos estudos a serem feitos, dentre eles a possível leitura de trechos do presente trabalho (e de outros), com a participação sempre ativa dos estudantes.

Acredita-se que diversas outras concepções sobre NdC e do trabalho científico podem ser explicitadas por meio do estudo historiográfico realizado e apresentado neste trabalho, como, por exemplo, a ideia de que as controvérsias científicas são constituintes produtivos do processo de elaboração de conhecimentos. Porém, as concepções apresentadas e exemplificadas neste tópico são suficientes para evidenciar que, ao se utilizar elementos sobre a História da Ciência, por meio deste episódio histórico, isso pode subsidiar discussões e serem úteis ao se pensar em situações e práticas no âmbito do Ensino de Ciências.

8 Considerações Finais

A História da Ciência mostra sua importância para o ensino quando, a partir de seu estudo, busca-se esclarecer os fatos históricos relevantes para a construção de um conhecimento científico.

Nicolau Copérnico é uma peça relevante no desenvolvimento do conhecimento acerca da astronomia que aceitamos atualmente. Mas será correto repassar para os estudantes uma imagem, equivocada, de que somente ele foi capaz de revolucionar a astronomia de sua época? Será que Copérnico foi influenciado apenas pelas teorias científicas com as quais ele teve contato, ou fatores extracientíficos também o influenciaram?

Esse tipo de percepção, que ignora a visão de Ciência como uma construção coletiva, deve ser superada, pois é problemática, uma vez que ajuda a ratificar uma imagem menos atual sobre a Ciência.

Além disso, não se deve acreditar que Copérnico simplesmente ignorou todos os trabalhos de seus antecessores e criou algo completamente novo, como um esplêndido gênio, ou seja, que existam estudiosos e/ou cientistas que consigam revolucionar o conhecimento sem se amparar em estudos anteriores.

Como conclusão, este trabalho aponta que Copérnico não foi, individualmente, responsável por toda revolução ocorrida na astronomia após seus trabalhos; aponta também que o astrônomo prussiano não relegou todos os esforços de seus predecessores; e ainda que suas influências não se restringiram a apenas o campo conceitual da astronomia, mas outros fatores também foram responsáveis por seu desejo de alterar o que estava posto.

Sendo assim, torna-se possível perceber implicações e podem ser vislumbradas propostas metodológicas para o Ensino de Ciências a partir do estudo historiográfico, como, por exemplo, a utilização e articulação entre aspectos da História da Ciência, concepções sobre a Natureza da Ciência e do trabalho científico e o levantamento de questões sobre o desenvolvimento histórico da ciência, as quais podem ser bem exploradas por meio de uma metodologia de ensino por investigação. Essa utilização e articulação e as questões levantadas podem ser usadas em situações de ensino quando, por exemplo, for objetivo docente a busca por evidenciar um conhecimento científico em construção.

Por fim, acredita-se que este material possa ser útil aos professores, alunos e/ou pesquisadores que busquem referências que sirvam de subsídio e contribuam para a abordagem do tema “Copérnico e a teoria heliocêntrica”, seja em sala de aula, seja em outras pesquisas.

Agradecimentos

Agradecemos aos árbitros da revista, pela minuciosa revisão deste trabalho e suas valiosas sugestões, que contribuíram sobremaneira para a melhoria do mesmo, e o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

Referências

ACEVEDO, J. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 5, n. 2, p. 134-169, 2008.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BUTTERFIELD, H. **As origens da ciência moderna**. Lisboa: Edições 70, 1949.

COPÉRNICO, N. **Commentariolus**: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Tradução por Roberto de Andrade Martins. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

CROMBIE, A. C. **Historia de la ciencia**: de San Augustin a Galileo. 3. ed. Madrid: Alinaza Universidad, 1980a. v. 1.

CROMBIE, A. C. **Historia de la ciencia**: de San Augustin a Galileo. 3. ed. Madrid: Alinaza Universidad, 1980b. v. 2.

ÉVORA, F. R. R. **A Revolução Copernicano-Galileana**: Astronomia e Cosmologia Pré-Galileana. 2. ed. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1993. v. 1.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GRIBBIN, J. **História da Ciência**: de 1543 ao presente. Lisboa: Europa-América, 2002.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

KOYRÉ, A. **Estudos Galilaicos**. 1. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1986.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana**. Rio de Janeiro: Edições 70, 1957.

MARTINS, R. A. Introdução geral ao *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. *In*: COPÉRNICO, N. **Commentariolus**: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003. p. 23-93.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. *In*: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 17-30.

MARTINS, R. A. **O universo**: teorias sobre sua origem e evolução. São Paulo: Moderna, 1994.

NASCIMENTO, L. A.; CARVALHO, H. R.; SILVA, B. V. C. A História e a Filosofia da Ciência como recurso didático: Discutindo o seu uso com professores de Ciências em formação. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 1, 2017.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-históricográfica. *In*: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 41-64.

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica**. 1998, 850 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. **Sobre a natureza da ciência**: asserções comentadas para uma articulação com a história da física. 2016, 41 f. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br. Acesso em: 13 jun. 2017.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008. **Anais...** 2008. p. 1-12.

SILVA, M. L. S.; *et al.* Natureza da Ciência no ensino fundamental: Por que não?. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 1-30, 2017.

ZANETIC, J. **FEP156 – Gravitação – notas de aula**. São Paulo: Instituto de Física da USP, 2007.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. 160 p. Tese (Doutorado em Educação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Artigo recebido em 04/04/2018.

Aceito em 28/02/2019.