

**O advento da astronomia copernicana contextualizado pela visão epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan<sup>+,\*</sup>**

---

*Carlos Alexandre dos Santos Batista<sup>1</sup>*

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Vitória da Conquista – BA

**Resumo**

*Este artigo apresenta uma narrativa histórico-filosófica sobre o advento da astronomia copernicana fundamentada na visão epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan. Suas justificativas se amparam nas contribuições de Laudan para enfrentar o desafio da necessária renovação do ensino de ciências, em termos de conteúdos, metodologias e objetivos educacionais. Metodologicamente, esta narrativa é forjada por meio de uma ampla investigação teórica sobre a história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física. Nesta, são operacionalizados os conceitos laudanianos de problemas empíricos, problemas conceituais e de tradição de pesquisa, observando a moderna historiografia da ciência. Seus resultados e implicações para o ensino de ciências/física se materializam na possibilidade de subsidiar a qualidade das discussões em sala de aula; na abordagem desse episódio histórico em livros didáticos de física; e na promoção de uma perspectiva epistemológica que vê a ciência como uma atividade intelectual e coletiva de solução de problemas.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Ciências/Física; História e Filosofia da Ciência; Larry Laudan; Astronomia Copernicana; Solução de Problemas.*

---

<sup>+</sup> The advent of copernican astronomy contextualized by Larry Laudan's epistemological view of problem solving

<sup>\*</sup> *Recebido: 24 de abril de 2023.  
Aceito: 16 de outubro de 2023.*

<sup>1</sup> E-mail: [carlos.batista@uesb.edu.br](mailto:carlos.batista@uesb.edu.br)

## Abstract

*This article presents a historical-philosophical narrative about the advent of Copernican astronomy based on Larry Laudan's epistemological view of problem-solving. Its justifications are based on Laudan's contributions to face the challenge of the necessary renewal of science teaching, in terms of content, methodologies, and educational objectives. Methodologically, this narrative is forged through a broad theoretical investigation into the conceptual history of astronomy, cosmology, and physics. In this, the Laudanian concepts of empirical problems, conceptual problems, and research tradition are operationalized, observing the modern historiography of science. Its results and implications for science/physics education materialize in the possibility of subsidizing the quality of discussions in the classroom; in the approach of this historical episode in physics textbooks; and in promoting an epistemological perspective that sees science as an intellectual and collective problem-solving activity.*

**Keywords:** *Science/Physics Education; History and Philosophy of Science; Larry Laudan; Copernican Astronomy; Problem Solving.*

## I. Introdução

O advento da astronomia copernicana é um episódio da história da ciência de grande envergadura. A partir do século XVI, ele fomentou mudanças profundas no pensamento científico europeu, especialmente nos domínios da astronomia, da cosmologia e da física.

Sua importância se materializa na abundante quantidade de narrativas e gêneros literários, que fornecem uma visão ampla desse acontecimento histórico, incluindo suas diversas implicações para o mundo ocidental (Crombie, 1953; Bertrand, 2008; Évora, 1993; Feyerabend, 1985; Gingerich, 2008; Kuhn, 1990, 2009, 2011; Koestler, 1989; Koyré, 2006; Lopes, 2001; Martins, 1990; Sobel, 2015; Repcheck, 2011).

No entanto, a abordagem da astronomia copernicana, em sala de aula e nos livros didáticos de ciências/física, independente do nível de ensino, não discute em profundidade os aspectos científicos, filosóficos e culturais que marcam a relevância desse episódio histórico para o desenvolvimento do pensamento científico, a partir do século XVI.

Por exemplo, é possível observar o que Medeiros e Monteiro (2002) denominam de “invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria copernicana nos livros didáticos de física”. Isto é, as premissas filosóficas e metafísicas que motivaram Nicolau Copérnico (1473-1543) a encetar uma profunda reforma na astronomia de seu tempo (Lang, 2002; Porto, 2020). Bem como a ideia anacrônica de que o modelo astronômico copernicano tenha surgido como

uma alternativa mais simples do que as teorias planetárias ptolomaicas, especialmente em relação à explicação do movimento de retrogradação dos planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) e o movimento da Lua (Medeiros; Monteiro, 2002).

Para essa argumentação, observa-se que essa ideia é anacrônica, pois utiliza o poder explicativo da astronomia copernicana, em relação às teorias planetárias de Cláudio Ptolomeu (100-168), como a principal justificativa para a sua escolha. Contudo, a história da ciência evidencia que, à época de Copérnico, não existia nenhum fenômeno celeste observado que o sistema heliostático copernicano fosse capaz de explicar, e as teorias planetárias ptolomaicas não!

Adjacente a isso, acrescenta-se o fato histórico de que o trabalho de Copérnico, *De Revolutionibus Orbium Coelestium – As revoluções dos orbes celestes* – publicado em 1543, se mostrou tão complexo quanto o trabalho de Ptolomeu, *Almagesto*. O especialista Owen Gingerich<sup>2</sup> denominou o seu estudo sobre a astronomia copernicana com o seguinte título: “*O livro que ninguém nunca leu: em busca das revoluções de Nicolau Copérnico*” (Gingerich, 2008). Neste livro, Gingerich pontua que nem mesmo Galileu Galilei, um dos defensores mais proeminentes do sistema copernicano, se debruçou sobre o livro de Copérnico (Perneiro, 2009, Tossato, 2004).

Não obstante, a astronomia copernicana apresenta um conjunto de soluções para alguns problemas empíricos da astronomia, da cosmologia e da física, cujos conteúdos são considerados fundamentais para a compreensão crítica, docente e estudantil, da relação Terra-Universo (Batista; Peduzzi, 2022a). A saber, o fenômeno celeste do dia e da noite; o movimento de rotação e de translação da Terra; as estações do ano; a confecção de calendários; as fases da Lua; o movimento de retrogradação; o brilho aparente dos planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno); e os eclipses lunares e solares. Destaca-se que esses problemas sempre estiveram no foco do pensamento científico ocidental, desde o século VI a. C., especialmente no contexto investigativo da tradição de pesquisa grega antiga. Porém isso não significa dizer que outras civilizações, mais antigas do que a grega, por exemplo, africana, árabe, babilônica, chinesa, egípcia, indiana, suméria, não se preocupavam com esses mesmos fenômenos celestes (Batista, 2020; Batista; Peduzzi, 2022a; Linton, 2004; Jorge; Peduzzi, 2022).

Em relação às limitações da astronomia copernicana, Laudan (2011, p. 64) afirma que os críticos contextuais e posteriores ao trabalho de Copérnico, em geral, levantavam “dúvidas acerca de como a astronomia heliocêntrica podia ser integrada em um quadro mais amplo de suposições acerca do mundo natural, quadro que foi sistemática e progressivamente articulado desde a Antiguidade”. Esse quadro compreende os arcabouços da malha conceitual

---

<sup>2</sup> Owen Gingerich (1930) é um pesquisador e professor aposentado de astronomia e de história da ciência na Universidade de Harvard e um astrônomo emérito no Observatório Astrofísico Smithsonian. Gingerich. Também escreveu muitos livros sobre história da astronomia e é membro da Academia de Artes e Ciências dos Estados Unidos, da Sociedade Filosófica Americana e da Academia Internacional de História da Ciência. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Owen\\_Gingerich](https://pt.wikipedia.org/wiki/Owen_Gingerich). Acesso em: 20 abr. 2023.

aristotélica e da visão de mundo geocêntrica grega, incorporados pela prática da astronomia, da cosmologia e da física, no decorrer de mais de dois mil anos, e assimilados pela cultura, religião europeia medieval e pelo movimento erudito escolástico.

Em face disso, considera-se que a contextualização histórico-filosófica no ensino de ciências pode solucionar diferentes problemas de uma “transposição didática” que transforma os conhecimentos científicos – saber sábio – em saberes a ensinar (escolares), destituindo-os de seu significado cultural, epistemológico, histórico, tecnológico e social (Ricardo, 2010). Acerca disso, muitos trabalhos sobre a transposição didática de conteúdos, em livros de física e de ciências da natureza, apontam problemas de ordem conceitual, didático-pedagógica, incluindo visões distorcidas da natureza da ciência, do conhecimento e do trabalho científico (Amaral; Oliveira, 2011; Gil Perez *et al.*, 2001; Langhi; Nardi, 2007; Nunes; Queiróz, 2020; Souza; Azevedo Filho, 2021; Thiara *et al.*, 2022).

Em sala de aula, muitos conteúdos científicos são ensinados como conhecimentos prontos e acabados, seletivamente despersonalizados, descontextualizados e dessincronizados. Isto é, sem origem e contexto, transcendentais ao tempo e desassociados de questões, em matéria de conteúdo, e de perguntas da ciência que fomentaram a razão de existir dos saberes a ensinar, no currículo escolar do ensino de ciências/física (Kato; Kawasaki, 2011).

Não obstante, destaca-se que existe outra concepção de contextualização, enquanto princípio didático-pedagógico. Tal concepção, invocada em alguns documentos oficiais da educação brasileira, aponta para a necessidade de uma maior aproximação entre os conhecimentos científicos didatizados e o mundo cotidiano estudantil, especialmente visando aspectos formativos da educação básica para o exercício da cidadania e a preparação da juventude para o mundo do trabalho (Ricardo, 2010; Santos, 2007).

Considera-se que essas duas concepções de contextualização são extremamente relevantes, porém este trabalho procura desenvolver a primeira, se fundamentando na visão epistemológica de ciência como uma atividade de solução de problemas (Laudan, 2011).

Nessa perspectiva, acredita-se fortemente que a contextualização histórico-filosófica pode auxiliar na problematização de saberes escolares, possibilitando à classe docente e estudantil uma investigação e interpretação de fatos e acontecimentos que instrumentalizam os processos de conceitualização e construção de significados dos conteúdos científicos e metacientíficos – saberes da natureza da ciência<sup>3</sup> (Leite; Radetzke, 2017; Santos, 2007).

Nessa linha, esta contextualização é uma forma de abarcar competências de inserção da ciência e de suas tecnologias, em um processo histórico-filosófico, sem excluir o social e cultural, para reconhecer e discutir aspectos práticos e éticos da própria ciência, no mundo contemporâneo; como também, de proporcionar uma capacidade de abstração e compreensão crítica estudantil da relação entre modelo teórico e a realidade concreta da vida cotidiana (Ricardo, 2010). Por esta compreensão, tal contextualização pode instrumentalizar o

---

<sup>3</sup> Um arcabouço de saberes implicados nas bases culturais, epistemológicas, filosóficas, históricas, psicológicas, sociais e tecnológicas da ciência enquanto uma atividade histórico-cultural humana.

desenvolvimento cognitivo estudantil, a promoção do pensamento crítico e a ressignificação de conteúdos científicos, visando também o exercício pleno da cidadania. Para tanto, este artigo apresenta *uma narrativa histórico-filosófica sobre o advento da astronomia copernicana, fundamentada na visão epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan.*

A escolha desse referencial está amparada pelas contribuições que a epistemologia de Laudan tem proporcionado para enfrentar o desafio da necessária renovação do ensino de ciências, em termos de conteúdos, metodologias e objetivos educacionais (Cachapuz *et al.*, 2005; Moreira, 2017, 2018, 2021). Bem como, por ele ser o aporte teórico-conceitual epistemológico de um projeto de pesquisa instrumentalizado pela seguinte pergunta: *Que contribuições uma ampla exploração histórico-filosófica da história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, pode fornecer para enfrentar o problema da necessária renovação do ensino de ciências/física, em termos de conteúdos, metodologias e objetivos educacionais?*

A partir de um trabalho de revisão da literatura, é possível observar que a visão epistemológica de ciência de Larry Laudan tem fundamentado algumas investigações acadêmico-científicas, especialmente na perspectiva de ressignificação dos conteúdos científicos, mediante a contextualização histórico-filosófica da ciência; de desenvolvimento, implementação e avaliação de estratégias de ensino-aprendizagem; de exploração de episódios históricos da ciência; de promoção do pensamento crítico *em e sobre as ciências*; de compreensão das concepções epistemológicas da classe estudantil; e de contraponto com outras epistemologias (Batista; Peduzzi, 2019).

É importante sinalizar que a ideia de pensamento crítico, neste trabalho, perpassa pelo entendimento de uma atitude intelectual, individual e coletiva, a serviço do exercício pleno da cidadania, que se espelha em um modo racional, prático, moderado e reflexivo de pensar e tomar decisões frente às diversas situações-problemas da vida cotidiana, do mundo do trabalho e das emergências globais contemporâneas – mudanças climáticas, crises energéticas, injustiças sociais e econômicas, violência urbana e de gênero, pandemias e movimentos negacionistas da ciência (Costa *et al.*, 2021; Tenreiro-Vieira; Vieira, 2013).

Para tanto, é preciso reforçar e defender fortemente o papel fundamental de uma educação pública e democrática de qualidade (escolas, institutos federais e universidades) nesse processo de formação do pensamento crítico. Pois, sem isso, corre-se o risco de aprofundar a absurda contradição humana da injustiça social e da desigualdade socioeconômica, que afetam principalmente a parcela mais desprivilegiada da população global e brasileira, em plena era avançada da ciência, da tecnologia e da informação. Para refletir sobre esses graves fatores imputados à sociedade brasileira, pode-se tomar como referência alguns episódios recentes: o número devastador de mortes causadas pela pandemia

do covid-19; o manifesto sobre “A Carta de Sobral”<sup>4</sup>; o triste caso do Reitor da Universidade Federal de Santa Catarina<sup>5</sup>; os dados sobre a desigualdade socioeconômica produzidos pela organização internacional Oxfam<sup>6</sup>; e a exoneração do Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por combater o desmatamento criminoso da floresta amazônica<sup>7</sup>.

Metodologicamente, esta narrativa é forjada a partir de uma ampla investigação teórica sobre a história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, instrumentalizada pelos preceitos da moderna historiografia da ciência. Disciplina acadêmica fundada pelo filósofo e historiador da ciência Alexandre Koyré, no século XX, que, ao longo do tempo, foi gradativamente se diversificando em seus aspectos teóricos e metodológicos, bem como se consolidando institucionalmente (Barros, 2019; Gavroglu, 2007).

Nessa diversificação, a corrente internalista da historiografia da ciência pode ser compreendida como *o discurso sobre a história interna da ciência*. Seus objetivos consistem em auxiliar uma disciplina ou área do conhecimento a não repetir “erros do passado”; não fazer ou repetir escolhas teóricas, metodológicas e/ou conceituais contraproducentes para o seu próprio desenvolvimento; contribuir para a solução de problemas metodológicos e conceituais de uma disciplina; promover a percepção de como uma disciplina percorre certo caminho de desenvolvimento, a partir da análise da origem de determinadas perguntas; e identificar as influências sociais, políticas, econômicas e pessoais sofridas pela atividade científica (Barros, 2019; Cruz, 2006; Martins, 2004). Uma breve diferenciação entre essa corrente e outra, a externalista, será desenvolvida na próxima seção.

Nessa perspectiva, este trabalho está estruturado da seguinte forma: seção ii) Breves cuidados historiográficos – diferença entre historiografia interna e externa da ciência, incluindo justificativas para o uso de fontes primárias, secundárias, terciárias e ilustrações didáticas modernas; seção iii) A epistemologia laudiana da solução de problemas da ciência; seção iv) Contextualizando a astronomia copernicana mediante a epistemologia da solução de problemas de Laudan (ESPL); e seção v) Considerações finais.

---

<sup>4</sup> A Carta de Sobral, publicada no ano do centenário das observações astronômicas que corroboraram com a teoria da relatividade de Einstein. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/sbpc-divulga-manifesto-em-defesa-da-educacao-da-ciencia-e-da-democraci/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

<sup>5</sup> O triste caso do reitor da Universidade Federal de Santa Catarina, Luiz Carlos Cancellier, que cometeu suicídio após perseguição judicial-policial, sem provas. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/noticias/sem-provas-pf-encerra-inquerito-que-levou-reitor-cancellier-ao-suicidio/37766/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.oxfam.org/en/brazil-extreme-inequality-numbers>. Acesso em: 11 ago. 2023.

<sup>7</sup> Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2021/02/08/exonerado-por-bolsonaro-galvao-e-premiado-por-responsabilidade-cientifica.htm>. Acesso em: 11 ago. 2023.

## II. Breves cuidados historiográficos

Considerando os aspectos pontuados acima, é importante tecer breves considerações sobre a diferença entre *história interna* e *externa da ciência*, situando alguns pontos que permeiam a origem do debate em torno dessas duas importantes correntes historiográficas (Cruz, 2006; Haddad, 2022; Gavroglu, 2007; Videira, 2007).

Haddad (2022) sinaliza que a disputa entre internalismo e externalismo na historiografia da ciência começou em meados do século XX. Ao longo do tempo, o debate evolui com diferentes estudiosos e períodos da história, ora enfatizando uma das abordagens em detrimento da outra, ora enfatizando a outra. Além disso, essa disputa surgiu à medida que os estudiosos buscavam compreender os fatores que moldam o conhecimento científico e o desenvolvimento da ciência, em seus respectivos contextos históricos. De acordo com o autor, o problema dessa dicotomia, muitas vezes, tem prejudicado a construção de uma visão de ciência mais global, plural, enquanto construção humana, heterogênea, ampla e implicada igualmente por aspectos internos e externos.

Para Videira (2007, p. 139) as correntes internalista e externalista são duas abordagens contrastantes, embora não se possa assumir uma relação de rejeição ou oposição, na medida em que têm objetivos distintos. A primeira se concentra nos fatores internos da comunidade científica, isto é, em seus desenvolvimentos intelectuais e teóricos – conceitos, leis, modelos, postulados, teoremas –, incluindo a lógica da ciência, a racionalidade das ideias e a dinâmica interna do progresso científico. A segunda enfatiza os fatores externos que influenciam o desenvolvimento da ciência, tais como, os contextos sociais, culturais, políticos, econômicos e ideológicos mais amplos.

Em conformidade, Gavroglu (2007) pontua que os adeptos da primeira corrente enfatizam o papel dos cientistas individualmente, suas ideias, seus valores, suas teorias e metodologias, como fundamental para o progresso da ciência. Com isso, acreditam que o conhecimento científico é impulsionado fundamentalmente por esses fatores internos; que a história da ciência é um elemento importante para legitimá-la, contribuindo para que alcançasse o prestígio que hoje desfruta na sociedade.

Já os historiadores externalistas argumentam que as ideias e práticas científicas são moldadas por fatores sociais, incluindo dinâmicas de poder, normas sociais e crenças culturais. Dessa forma, eles destacam a influência de forças externas na direção e no conteúdo da pesquisa científica (Gavroglu, 2007). Além disso, os historiadores sociais têm preocupação com o anacronismo. *Uma história anacrônica é uma história que não compreende o passado* (Videira, 2007, p. 141).

Por fim, Cruz (2006, p. 166) afirma que a historiografia internalista é marcada por “uma análise da história da ciência (...) preocupada com a construção lógica dos seus conceitos e métodos científicos”, incluindo leis, modelos, postulados, princípios e teorias.

Sem desconsiderar a pertinência deste debate, e a importância das duas perspectivas para se construir uma visão mais ampla e crítica sobre o desenvolvimento da ciência, em seus

respectivos contextos históricos, este trabalho em maior grau se alinha com a perspectiva internalista, pela exigência natural do referencial epistemológico de Larry Laudan (2011), que fundamenta a narrativa historiográfica pretendida.

Sobre a utilização, com maior ou menor ênfase, das fontes primárias, secundárias e terciárias (incluindo ilustrações didáticas modernas), é preciso considerar uma justificativa importante. Qual seja, devido à complexidade do trabalho original de Copérnico, acredita-se fortemente que, sem o diálogo com as fontes secundárias e terciárias, seria impossível construir a narrativa historiográfica pretendida, na perspectiva deste trabalho. Isso porque, apesar da contextualização da astronomia copernicana ser forjada a partir da operacionalização dos conceitos e pressupostos da epistemologia de Laudan (2011), este filósofo da ciência apresenta apenas exemplos ilustrativos da história da ciência, sem aprofundar seus conteúdos. Ademais, foi justamente esse desafio de inferir a consistência epistemológica de sua visão de ciência, com respeito à história da astronomia, da cosmologia e da física, que motivou uma investigação mais ampla, no âmbito de uma tese de doutorado (Batista, 2020). A tese assume uma pergunta de pesquisa que instrumentalizou a investigação acerca de possíveis contribuições de uma exploração da história da ciência, astronomia, cosmologia e física, fundamentada na epistemologia da solução de problemas de Laudan, para contribuir com o ensino de ciências/física, em termos de ressignificação dos conteúdos científicos e metacientíficos; incluindo a promoção do pensamento crítico docente e estudantil em e sobre a natureza da ciência. Os resultados dessa investigação mais ampla têm sido paulatinamente comunicados, através da apresentação de trabalhos em eventos e publicações em periódicos da área (Batista; Peduzzi, 2019; 2020; 2021; 2022a; 2022b; 2023a; 2023b).

Considerando essa justificativa, a leitura e o diálogo com obras de Kuhn (1990) – *A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental*; de Gingerich (2008) – *O livro que ninguém nunca leu: em busca das revoluções de Nicolau Copérnico*; de Évora (1993) – *A revolução copernicana-galileana: astronomia e cosmologia pré-galileana*; de Sobel (2015) – *Um céu mais perfeito: como Copérnico revolucionou o cosmos* – dentre outras, permitiu identificar, enumerar e discriminar os diferentes problemas empíricos, e problemas conceituais, desses três domínios disciplinares da ciência, para construir a narrativa historiográfica fundamentada na visão epistemológica de Laudan.

Adjacente a isso, a referência recorrente à obra de Thomas Kuhn (1990) também se justifica pelo fato de Laudan (2011) considerar expressamente que suas ideias foram fortemente influenciadas por esse filósofo e historiador da ciência. Acerca disso, no prefácio do seu livro, Laudan (2011, p. 4) afirma que: “Tive a sorte de ser aluno ou colega de vários estudiosos cujos trabalhos muito contribuíram para formar o caráter da História e da Filosofia da Ciência contemporânea (...). Todos eles deixaram marcas nas ecléticas doutrinas que compõem este ensaio”. Dentre esses estudiosos, Laudan aponta, além de Kuhn, Paul Feyerabend, Karl Popper e Imre Lakatos.

Por fim, observa-se que uso de duas ilustrações didáticas imagéticas, acompanhadas de explicações sobre as soluções que Copérnico apresentou para os problemas empíricos e problemas conceituais da tradição de pesquisa grega antiga – as fases da Lua, as estações do ano, o fenômeno do dia e da noite, os eclipses e o movimento retrógrado dos planetas, a ordenação dos corpos celeste, o uso do equante e excêntricos das teorias planetárias ptolomaicas – tem uma finalidade didática de auxiliar no entendimento do conteúdo explicativo encontrado na obra de Copérnico (2014)<sup>8</sup>.

### III. A Epistemologia Laudaniana da Solução de Problemas da Ciência

Larry Laudan foi um físico e importante filósofo contemporâneo da ciência, nascido na cidade de Austin, em 1941, estado do Texas, nos Estados Unidos. Seu diploma de bacharelado em física foi obtido na Universidade do Kansas, em 1962; e seus títulos de mestrado e doutorado em filosofia foram conquistados pela Universidade de Princeton, a partir do ano de 1965. Laudan também foi professor e fundador do Departamento de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Pittsburgh. Além disso, do ano de 1965 a 1997, ele lecionou nas universidades de Londres, Virgínia e Havaí (Ostermann *et al.*, 2008).

Dentre as suas principais obras epistemológicas da ciência, traduzidas para diversos idiomas (chinês, francês, italiano, japonês, russo, espanhol e português), “Progress and its Problems: towards a theory of scientific growth”, publicada em 1977 — Progresso e seus problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico — traduzida para o português, em 2011, é considerada a contribuição mais importante para o campo disciplinar da história e filosofia da ciência (Batista; Peduzzi, 2019; Dal Magro, 2013; Guridi; Salinas; Villani, 2006; Moreira; Massoni, 2011; Ostermann *et al.*, 2008; Ovando; Cudmani, 2004; Villani *et al.*, 1997).

De modo geral, nessa obra, Laudan apresenta uma análise do crescimento cognitivo da ciência, compreendendo o conhecimento científico como fruto do empreendimento racional e coletivo da atividade intelectual científica. Para tanto, ele afirma que é preciso abandonar parte da linguagem e alguns conceitos positivistas lógicos (grau de confirmação, conteúdo explicativo, corroboração e afins), para se enxergar um modelo apropriado de racionalidade científica. Isto é, uma atitude racional da comunidade científica que passa pela escolha de teorias progressivas, quando se pondera suas efetividades na resolução de problemas importantes da ciência, em determinado contexto histórico.

Integrante de um grupo denominado historicistas da racionalidade, Laudan considera que: o crescimento cognitivo da ciência não acontece pelo acúmulo de conhecimentos; as teorias não podem ser refutadas, simplesmente, por apresentar anomalias – uma classe de problemas cujo contexto histórico não possui respostas científicas adequadas; as confirmações

---

<sup>8</sup> Essa referência de 2014 pode ser acessada no domínio aberto da Fundação Calouste Gulbenkian, mediante um simples cadastro. Disponível em: <https://gulbenkian.pt/my/login>. Acesso em: 09 ago. 2023.

empíricas não são critérios exclusivos para a aceitação de uma teoria; as soluções conceituais, nas grandes mudanças da ciência (de visão de mundo) e nas controvérsias científicas, têm um peso muito mais relevante para o desenvolvimento da ciência; e, por fim, além dos princípios da racionalidade mudarem com o tempo, a coexistência de teorias rivais dentro do mesmo contexto histórico é a regra, não a exceção (Laudan, 2011).

A partir desses pressupostos, Laudan (2011) afirma que a ciência é, acima de tudo, uma atividade de resolução de problemas, cuja principal meta intelectual é elaborar teorias eficientes para esta tarefa. Nesse sentido, o crescimento científico ocorre enquanto novas teorias resolvem mais problemas do que suas antecessoras. Por essa razão, as teorias são cognitivamente relevantes quando oferecem soluções apropriadas a problemas importantes. A função de uma teoria é eliminar ambiguidades, reduzir as irregularidades à uniformidade e demonstrar fecundidade na previsão e explicação de fenômenos do mundo natural.

No modelo de solução de problemas laudiano, a eliminação de dificuldades conceituais é um componente substantivo do progresso cognitivo da ciência, juntamente com o crescente apoio empírico. Observa-se que outros filósofos e historiadores da ciência (Stephen Toulmin, Thomas Kuhn, dentre outros) sinalizaram para a importância desse componente conceitual, mesmo não o tendo explorado a fundo (Dal Magro, 2013).

Da mesma forma, seu modelo epistemológico pode ser considerado, em boa medida e com as devidas proporções, uma sofisticação da taxonomia de problemas empíricos apresentada por Imre Lakatos (1989), mas divergindo deste porque Lakatos não reconheceu a importância da solução dos problemas conceituais. Na história da física moderna, as novas ideias atômicas de Bohr proporcionaram um salto na ciência por meio de uma solução conceitual para a estabilidade do átomo, ao propor a quantização da órbita do elétron (Raicik, 2023). Da mesma forma, a descoberta da radioatividade solucionou o problema conceitual intracientífico sobre a idade da Terra (Tort; Nogarol, 2013).

Por essa razão, a ESPL é considerada uma obra original e de grande relevância para o entendimento do desenvolvimento da ciência, na perspectiva analítica internalista. Seu componente conceitual é um desafio cognitivo contundente, tanto para o crescimento da ciência quanto para o seu processo de ensino e aprendizagem, especialmente em física e em todas as outras áreas do ensino de ciências.

### **III.1 A taxonomia dos problemas científicos laudianos**

Na ESPL, os problemas são as perguntas da ciência e estão no foco do pensamento científico. Em sua taxonomia, Laudan classifica-os em duas categorias amplas, os problemas empíricos (PEs) e os problemas conceituais (PCs). Ele reconhece que esses problemas se originam em um contexto histórico que lhes outorgam significados, estando sujeitos às mesmas anomalias (Pesa; Ostermann, 2002).

Os PEs são definidos como perguntas acerca de fenômenos do mundo natural, considerados estranhos, e necessitando de explicação. Desde a Grécia antiga ao nascimento da

ciência moderna (astronomia, cosmologia e física), nos séculos XVI e XVII, a pergunta: *por que os corpos pesados caem em direção ao centro da Terra ocupando o foco do pensamento científico ocidental*. Assim, os PEs “são questões substantivas acerca dos objetos que constituem o domínio de determinada ciência” (Laudan, 2011, p. 24).

Adjacente a isso, Laudan os divide em três subcategorias: os PEs não resolvidos – perguntas não solucionadas apropriadamente por nenhuma teoria, mas que indicam linhas futuras de investigação; os PEs potenciais ou resolvidos – perguntas solucionadas adequadamente por uma ou mais teorias; e os PEs anômalos – perguntas não resolvidas por uma teoria, mas por suas concorrentes sim (Laudan, 2011).

De acordo com Laudan (2011), uma das marcas do progresso científico é a transformação dos PEs anômalos e não resolvidos em PEs resolvidos. Por isso, “a qualidade” de uma teoria pode ser determinada pela quantidade de problemas que ela soluciona, em detrimento à quantidade de anomalias com que se depara. Pragmaticamente, os PEs não resolvidos estimulam o crescimento da ciência, portanto, transformá-los em PEs resolvidos é uma das formas substantivas de que as teorias progressivas se valem para apresentar suas credenciais perante à comunidade científica (Laudan, 2011).

Com um peso mais relevante na epistemologia laudaniana, os PCs são característicos das teorias, pois não existem fora delas. Eles constituem “perguntas de ordem superior acerca das fundamentações das estruturas conceituais das próprias teorias” (Laudan, 2011, p. 68). PCs podem ser exemplificados, ao longo de toda a história da ciência ocidental (Batista, 2020; Batista; Peduzzi, 2020, 2021, 2022a, 2022b, 2023).

Por exemplo, nas críticas (ou problemas) lançadas contra a teoria planetária das esferas concêntricas de Eudoxo de Cnido, por Calipo de Cnido e por Aristóteles, no contexto da tradição de pesquisa grega antiga; e contra as teorias ptolomaicas, proferidas por Nicolau Copérnico, como justificativas para reformar conceitualmente a astronomia de seu tempo. Este aspecto será desenvolvido e aprofundado mais a frente. Do mesmo modo, é possível observá-los nas críticas de Locke, Berkeley, Huygens e Leibniz ao sistema de mundo newtoniano, especialmente nos fundamentos dos conceitos de espaço absoluto e de interação à distância entre os corpos (Laudan, 2011; Jammer, 2010).

Por conseguinte, os PCs também são subdivididos em duas subcategorias, os PCs internos e os PCs externos. Problemas internos são perguntas relacionadas à existência de incoerências e/ou inconsistências internas das teorias; os externos são perguntas inerentes à ocorrência de conflitos envolvendo as teorias e outros componentes. Por exemplo, Laudan (2011) afirma que existem, pelos menos, três classes distintas de dificuldades que geram os PCs externos: primeira, as dificuldades intracientíficas – tensão entre teorias de diferentes domínios disciplinares; segunda, as dificuldades normativas ou metodológicas – conflito entre teoria científica e metodologia aceita pela comunidade científica; e terceira, as dificuldades inerentes à visão de mundo predominante – um choque cognitivo entre teoria e algum componente dessa visão de mundo.

Segundo Laudan (2011, p. 80), a primeira classe de problemas externos ocorre “quando uma nova teoria em alguma área científica faz suposições incompatíveis com as de outra teoria”, em um campo disciplinar “que se tem boas razões para ser aceita”. A segunda é considerada uma fonte de controvérsia, pois gera muitos PCs evidenciados pela história da ciência, a tensão entre teoria e metodologia ou é alcançada pela modificação de uma, ou de outra. Por fim, a terceira classe ocorre de forma semelhante à primeira, porém, com uma diferença básica, “a incompatibilidade ou a falta de reforço mútuo não está dentro do quadro da própria ciência, mas entre a ciência e as nossas crenças” “extra científica”, em áreas diversas, metafísica, lógica, ética, teológica, dentre outras (Laudan, 2011, p. 86).

Além dessa taxonomia de PEs e PCs, Laudan (2011, p. 113) também desenvolve o conceito de tradição de pesquisa, definida como “um conjunto de afirmações e negações ontológicas e metodológicas”, conforme as generalizações conceituais, por exemplo, de paradigma, em período de ciência normal e de programa de pesquisa (Kuhn, 2009; Lakatos, 1989; Pesa; Ostermann, 2002).

A tradição de pesquisa fornece um conjunto de diretrizes para o desenvolvimento intelectual de teorias científicas específicas. No domínio disciplinar da física, por exemplo, têm-se as tradições das teorias: eletromagnética de James Clerk Maxwell, atômica de Bohr-Kramers-Slater, efeito fotoelétrico e relatividade geral de Albert Einstein. Em um quadro global, têm-se as teorias: da evolução de Darwin, atômica da Física Moderna e Contemporânea e a cinética dos gases, na termodinâmica clássica. Dessa forma, as diretrizes de uma tradição de pesquisa constituem uma ontologia que especifica, de modo geral, os aspectos fundamentais que existem nos domínios disciplinares a que ela se insere (Batista; Peduzzi, 2019; Guridi; Salinas; Villani, 2006; Laudan, 2011).

Em conformidade, a função das teorias é explicar os PEs dos domínios disciplinares, cuja tradição de pesquisa possui tanto um compromisso ontológico, que modela o perfil de entidades conceituais, quanto um compromisso metodológico que delineia o *modus operandi* técnico, experimental – apoio empírico –, e de avaliação cognitiva das teorias, etc. Esses dois compromissos permitem que a tradição de pesquisa seja uma unidade integrada que estimula, define e delimita o que pode ser considerado como uma solução aceita para os PEs no domínio disciplinar em questão.

Torna-se oportuno destacar que, da mesma maneira que Lakatos e Kuhn consideram a degeneração e evolução dos programas de pesquisa e dos paradigmas, respectivamente, para Laudan, as tradições de pesquisa também estão sujeitas a essas duas situações. Ele admite que existem dois tipos de atividades que geram as teorias, a saber: de investigação progressiva e de investigação degenerativa (Batista; Peduzzi, 2019; Laudan, 2011; Pesa; Ostermann, 2002).

Na história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, é importante perceber que é possível observá-las em diferentes momentos: no contexto de investigação da tradição de pesquisa grega antiga; da tradição de pesquisa da ciência moderna; e da tradição

de pesquisa moderna e contemporânea (Batista, 2020; Batista; Peduzzi, 2022a; Ostermann *et al.*, 2008).

Portanto, na próxima seção, esses conceitos e pressupostos da ESPL serão operacionalizados na contextualização do episódio histórico do advento da astronomia copernicana, visando o objetivo deste trabalho e continuar demonstrando o potencial da visão de ciência de Laudan, na direção da pergunta apresentada na introdução, a qual fomenta este e outros trabalhos posteriores.

#### **IV. Contextualizando a astronomia copernicana com a ESPL**

Como observado, o advento da astronomia copernicana é um episódio da história da ciência (astronomia, cosmologia e física) que teve impacto profundo no desenvolvimento cognitivo do pensamento científico europeu, a partir do contexto histórico-cultural do século XVI. Diferentes gêneros literários e uma vasta literatura (livros, dissertações, teses, artigos, documentários) contribuem para materializar o entendimento das implicações astronômicas, científicas, cosmológicas, culturais, filosóficas, físicas, matemáticas, metafísicas e até religiosas, fomentadas pelo trabalho de Copérnico<sup>9</sup>. Sua grande obra, *As revoluções dos orbes celestes* –, foi publicada em 1543, ano de sua morte, apesar de ter sido iniciada trinta anos antes e finalizada, no ano de 1542 (Repcheck, 2011).

Não obstante, ao considerar que a ciência é parte integrante das tradições culturais, a astronomia copernicana é uma herança científica da tradição de pesquisa grega antiga (TPGA). Thomas Kuhn afirma que, Copérnico estudou profundamente o tratado astronômico de Ptolomeu, o *Almagesto*, reinterpretando seus dados através das lentes filosóficas e metafísicas da Escola de pensamento neoplatônico e/ou neopitagórico (Kuhn, 1990). Essa nova interpretação pode ser compreendida como “as premissas metafísicas” que fundamentaram a revolução científica iniciada pelo trabalho de Copérnico – mencionado na introdução.

Por essa perspectiva, é importante identificar que elementos externos e internos à ciência (astronomia, cosmologia e física) motivaram Copérnico a encetar uma profunda reforma científica em seu contexto histórico-cultural. Para tanto, há três indagações que merecem atenção: 1. Que influências filosóficas e metafísicas motivaram o pensamento científico europeu no contexto de Copérnico?; 2. Que PCs originados no contexto da TPGA foram solucionados pela astronomia copernicana?; 3. Que PEs originados no contexto da TPGA foram solucionados pela astronomia copernicana?

---

<sup>9</sup> Apesar disso, esta narrativa se limita aos aspectos internos dessas implicações incidentes nos domínios da astronomia, da cosmologia e da física, na perspectiva da solução de problemas laudanianos.

#### IV.1 Que influências filosóficas e metafísicas motivaram o pensamento científico europeu no contexto de Copérnico?

Antes de responder a esta pergunta, destaca-se que, no final da Idade Média, o contexto histórico-cultural europeu estava fecundado por atividades intelectuais promovidas pelo movimento Renascentista, iniciado em meados do século XV. Após a calamidade da peste bubônica, que dizimou um terço da população da Europa, um espírito de vigor renovado se difundiu por todas as disciplinas intelectuais, da poesia à engenharia, e a astronomia estava entre os campos reacendidos (Repcheck, 2011). No ano de 1492, Cristóvão Colombo navegou até a América – ano em que Copérnico era um estudante de graduação na Universidade de Cracóvia. Em 1495, Leonardo da Vinci começou a pintar A última Ceia; Michelangelo esculpiu a Pietà, no mesmo ano em que Vasco da Gama navegou em torno do Cabo da Boa Esperança (em 1498).

Nesse mesmo período, Copérnico tornou-se estudante de pós-graduação no país centro da ebulição intelectual renascentista, a Itália, onde passou oito anos estudando nas Universidades de Bolonha, Pádua e Ferrara (Repcheck, 2011). Copérnico e seus professores e colegas universitários passaram a comungar do estilo de pensamento da Escola Neoplatônica – no sentido da epistemologia de Ludwik Fleck (2010) – resgatado da tradição de pesquisa grega antiga. Sobre as reflexões filosóficas dessa escola, destacam-se algumas maneiras com que seus adeptos concebiam o mundo. Por exemplo, acreditando que:

*[...] formas e ideias eternas existiam inteiramente à parte de qualquer objeto material. A mente humana era uma dessas essências eternas e tinha sido formada para conhecer outras, se existissem. No processo do conhecimento, os órgãos dos sentidos fornecem meramente um estímulo, impelindo a mente a compreender as formas universais. Uma importante classe de tais formas universais eram as matemáticas (Crombie, 1953, p. 33).*

Observando o poder intelectual da matemática, como instrumento de compreensão do mundo, sua operacionalização tentava explicar o universo eterno das formas e das ideias neste mundo terrestre, transitório e imperfeito. Tais ideias se constituíam em arquétipos, modelos e exemplares eternos das coisas transitórias que escapam do mundo terreno (Koyré, 2006).

Para Alexandre Koyré, esse pensamento filosófico está alinhado, desde sua raiz, com a cosmovisão pitagórica, na qual o universo era compreendido pela perspectiva da geometria. O mundo terrestre era concebido como uma sombra de um mundo eterno, isto é, o mundo da matemática (Koyré, 2006). Em conformidade, para o filósofo da ciência Karl Popper, “Desde Platão e Euclides, mas não antes deles, a geometria aparece, em lugar da aritmética, como o instrumento fundamental de todas as explicações e descrições físicas, na teoria da matéria e na cosmologia” (Popper, 1982, p. 117).

Na cosmovisão pitagórica, o universo tem como estrutura básica dois fundamentos: a harmonia mística dos números e os arranjos geométricos para as unidades de espaço. Os números e os esquemas de relações numéricas, como figuras geométricas (esfera, quadrado, triângulo, retângulo, dodecaedro, hexaedro), têm o poder de fornecer a estrutura última do universo pitagórico (Koestler, 1989). Em outras palavras, “quanto mais simples a relação, mais pura ela é matematicamente e, portanto, mais perfeita e mais próxima à natureza” (Évora, 1993, p. 14). Tal concepção de que a natureza pode ser matematizada, tornou-se a pedra angular das influências filosóficas exercidas pelo pensamento neoplatônico/pitagórico.

No contexto histórico-cultural de Copérnico, essa concepção forneceu uma das principais contribuições para o crescimento do pensamento científico e o desenvolvimento da ciência. Qual seja, a “extensão da matemática a toda a ciência física, ao menos em princípio” (Crombie, 1953, p. 118). Isso garantiu não somente uma oposição à restrição aristotélica, que distinguia nitidamente as funções explicativas da matemática e da física, como também apontava para uma alternativa de superação do “método aristotélico lógico verbal de investigação” (Jammer, 2010, p. 273).

A Escola de pensamento neoplatônico permitiu, por um lado, destruir essa distinção entre as funções explicativas da filosofia natural (física) e da matemática e, por outro, contribuiu para que a matemática se tornasse um aporte estruturante muito poderoso para a construção de conhecimentos, nos campos da astronomia, da cosmologia e da física (Koyré, 2002).

No ponto máximo dessas influências, o que se observa no trabalho de Copérnico e depois dele, são alguns aspectos importantes: (i) uma efetiva preocupação com a realidade física das entidades matemáticas das teorias astronômicas, cosmológicas e físicas; (ii) uma mudança metodológica na abordagem dos problemas empíricos e dos problemas conceituais; e (iii) a construção de uma nova da ciência, que sustentou os novos conceitos, leis, princípios científicos, se fundamentando em novos e velhos pressupostos filosóficos, matemáticos e metafísicos, sobre as leis da natureza que regem o universo.

Outro aspecto dessa influência filosófica sobre o advento da astronomia copernicana, pode ser observado na adoção das ideias pitagóricas de simplicidade e de harmonia utilizadas por Copérnico, para abolir o artifício matemático equante do seu modelo cosmológico, encontrado nas teorias planetárias de Ptolomeu.

Para Copérnico, o uso desse artifício era uma evidente violação do dogma do movimento circular uniforme postulado por Platão, o único capaz de descrever o movimento aparente dos planetas no Céu. Acerca disso, Copérnico afirmou: “Com frequência me perguntei se talvez pudesse ser encontrada uma disposição mais razoável [...] na qual tudo se moveria de modo uniforme ao redor de seu próprio centro, como exige a lei do movimento absoluto” (Copérnico, 2014, p. 56). Contudo, observa-se que a simplicidade referida por Copérnico está longe da ideia ingênua encontrada, muitas vezes, nos livros didáticos de física.

Em termos do artifício matemático dos epiciclos, enquanto Ptolomeu utilizou quinze deles para explicar descritivamente o movimento de longitude do Sol, da Lua e dos cinco planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), Copérnico necessitou de dezoito. Portanto, esse aspecto da historicidade demonstra que, em termos de estrutura matemática, o trabalho de Copérnico pode ser considerado tão complexo quanto o de Ptolomeu, justamente por Copérnico utilizar, ainda que de forma reorganizada, os mesmos artifícios geométrico-matemáticos do *Almagesto* (epiciclos, deferentes, excêntricos).

Além disso, sabe-se que os pressupostos metafísicos de harmonia e de simplicidade são ensejados pela astronomia copernicana no sentido das explicações dos movimentos desses corpos celestes, incluindo o movimento de rotação da Terra (em torno do próprio eixo) e de translação em torno do Sol, terem sido sistematizadas em um único modelo cosmológico. Haja vista que Ptolomeu apresentou suas explicações em modelos individualizados, Copérnico afirmou:

*Eles [os ptolomaicos] nem têm sido capazes de distinguir, nem reproduzir a coisa principal - a saber, a forma do Universo e a simetria fixa de suas partes. Com eles, é como se um artista reunisse mãos, pés, cabeça e outros membros na imagem de diversos modelos, cada parte muitíssimo bem desenhada, mas sem relação com o mesmo corpo. Uma vez que elas não se adaptam umas às outras de forma alguma, o resultado seria antes um monstro que um homem* (Copérnico, 2014, p. 8).

Sob a lente dos problemas conceituais externos – de visão de mundo –, essa crítica reforçava a ideia de que somente uma perspectiva neoplatônica seria capaz de enxergar, na falta de harmonia e na introdução do equante, a geração de um monstro metafórico denunciado por Copérnico. Isso porque, apenas “o sentido neoplatônico de beleza e harmonia poderia privilegiar os movimentos regulares e simétricos, em detrimento dos movimentos não uniformes e assimétricos” (Évora, 1993, p. 117-118). Para essas ideias de simetria e ligação harmoniosa da matemática entre o movimento e magnitude das esferas,

*[...] Os argumentos de Copérnico não são pragmáticos. Não apelam para o sentido utilitário de quem pratica a astronomia, senão única e exclusivamente para o seu sentido estético. [...] Eles não chamaram a atenção do astrônomo de forma especial, pois as harmonias sobre as quais insistia de Copérnico não lhes permitiam efetuar melhor o seu trabalho. As novas harmonias não aumentavam nem a precisão, nem a simplicidade. Assim, pois, podiam atrair essencialmente (e assim o fizeram) a este grupo limitado e, talvez um pouco irracional, que se ocupava da astronomia matemática e cujo neoplatônico interesse pelas harmonias matemáticas não podia ver-se obstruído por páginas e mais páginas de complexas matemáticas, que finalmente conduziam às previsões numéricas apenas um pouco melhores do que as que haviam conhecido até então* (Kuhn, 1990, p. 180).

Como é possível observar, nesse momento histórico, a opção pelo sistema copernicano teve um caráter muito mais estético do que objetivo – para o qual Thomas Kuhn destaca o termo irracional. Em outras palavras, “a preferência seria objetiva somente se houvesse razões “objetivas” para o platonismo contra o aristotelismo” (Feyerabend, 1985, p. 5 apud Évora, 1993, p. 118).

A segunda influência filosófica neoplatônica sobre o pensamento de Copérnico, de natureza metafísica, corresponde à ideia de culto ao Sol. Ela impulsionou o astrônomo a romper com a visão de mundo geocêntrica, postulando que este corpo celeste deveria ocupar o lugar da Terra. Esse ponto central de seu trabalho aparece explicitamente nas três primeiras exigências, dos sete postulados apresentados em sua pequena obra *Commentariolus*. Esta obra foi escrita para sintetizar qualitativamente e fazer circular, em um grupo restrito de astrônomos, as principais ideias astronômicas que seriam publicadas, mais tarde, em seu extenso livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

Na primeira exigência, ele afirmou que “não existe um único centro de todos os orbes celestes ou esferas”, o que implicava na negação da existência de esferas homocêntricas cujo centro comum fosse a Terra. Na segunda, “o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar” (Copérnico, 1990, p. 103). Por esta exigência o abandono da visão geocêntrica torna-se evidente, pois Copérnico destrona a Terra do centro do universo, dando a ela apenas a posição de centro da gravidade e da órbita da Lua. Claramente, essa suposição era uma afronta cognitiva para os aristotélicos, que acreditavam na lei do movimento natural e, conseqüentemente, que os corpos pesados tendiam para o centro geométrico do universo, que coincidentemente era o mesmo centro da Terra.

Ao estabelecer tal premissa, Copérnico precisava apresentar uma alternativa à teoria aristotélica dos movimentos naturais, que explicasse a queda dos corpos. Porém, sem ter feito isso, ele afirmou que os corpos caem em direção a Terra, independente de sua localidade, argumentando, o seguinte: “É de se crer que esta tendência existe também no Sol e na Lua, assim como nos outros planetas, para que, por seu efeito, eles possam conservar a forma esférica com que se apresentam” (Copérnico, 1990, p. 145). No entanto, isso mostra que a sua motivação para “rejeitar a hipótese geocêntrica era metafísica, pois nenhuma descoberta astronômica fundamental, nenhuma espécie nova de observação astronômica, persuadiu Copérnico da imperfeição da antiga astronomia ou da necessidade de uma mudança” (Kuhn, 1990, p. 157).

Outro aspecto novo dessa exigência, para a época, é que no sistema copernicano quase todos os astros giram em torno do Sol, mas a Lua gira em torno da Terra. Algo que impressiona, haja vista que satélites orbitando outros planetas só seriam conhecidos a partir das observações telescópicas de Galileu, em 1609. Um questionamento pertinente seria, “se Copérnico estava identificando a Terra como mais um planeta, por que motivo só ela possuía outro “planeta” girando ao seu redor” (Martins, 1990, p. 104).

A terceira e última exigência copernicana diz que “todos os orbes giram em torno do Sol, como se ele estivesse no meio de todos, portanto, o centro do mundo está perto do Sol” (Copérnico, 2014, p. 104). Nessa premissa, o Sol não está exatamente no centro do sistema astronômico copernicano; foram convenientemente utilizados círculos excêntricos para satisfazer a explicação dos fenômenos, em termos de movimentos circulares uniformes e excluir o artifício do equante operacionalizado nas teorias planetárias de Ptolomeu. Esse aspecto permite que a astronomia copernicana seja chamada de sistema astronômico heliostático, ao invés de heliocêntrico.

Por fim, essa exigência é uma premissa metafísica tipicamente neoplatônica (Platão considerava que a vida era um dom advindo do Sol), pois Copérnico não justificou o motivo de ter colocado o Sol parado em uma localização quase central. Isso fica evidente em sua indagação: “Ora, quem haveria de colocar neste templo, belo entre os mais belos, tal luzeiro em qualquer outro lugar melhor do que naquele onde é possível iluminar todas as coisas ao mesmo tempo?” (Copérnico, 2014, p. 52). Refletindo sobre isso, ele afirmou:

*Na verdade, não é sem razão que o Sol foi chamado por alguns de farol do mundo e por outros de seu Espírito, chegando alguns a chamá-lo o seu governador. Hermes Trismegisto apelidou-o de Deus visível e Sófocles, em Electra, o vigia universal. Realmente o Sol está como sentado num trono real, governando a sua família de astros, que giram à sua volta. [...] A Terra é fecundada pelo Sol, resultando um parto anual. Nós verificamos, portanto, nessa ordenação, a maravilhosa simetria do Universo, assim como uma segura união harmoniosa do movimento e da grandeza das esferas que não se pode verificar em qualquer outra circunstância (Copérnico, 2014, p. 52-53).*

Para Copérnico, “certamente nenhuma posição inferior no espaço ou no tempo podia ser compatível com a dignidade do Sol e com a sua função criativa” (Kuhn, 1990, p. 155). Sem dúvidas, suas fontes motivacionais extras científicas foram realmente de naturezas neoplatônicas.

Observando essas influências sobre o pensamento científico europeu no século XVII, especialmente na defesa do sistema copernicano, Galileu Galilei escreveu sobre a "nobreza do Sol", afirmando que este astro é o “Ministro máximo da Natureza e, de certo modo, alma e coração do mundo, que infunde outros corpos que o circundam não só com a luz, mas também com o movimento, ao girar sobre si mesmo”, (Galileu, 1932, p. 346 *apud* Nascimento, 1983, p. 121). Influenciado por essa mesma premissa metafísica, Johannes Kepler também escreveu:

*Em primeiro lugar, a menos que talvez um cego possa negá-lo perante ti, dentre todos os corpos do Universo, o mais notável é o Sol, cuja essência integral nada mais é que a mais pura das luzes [...], a fonte da visão, pintor de todas as cores [...], denominado rei dos planetas [...], coração do mundo [...], olho do mundo; por sua beleza, é o único que podemos considerar merecedor do Deus Altíssimo [...]. Pois se os germânicos elegem como César o que tem o poder máximo em todo o império,*

*quem hesitaria em conferir votos dos movimentos celestes àquele que já vem administrando os demais movimentos e mudanças por graça da luz, a sua posse exclusiva? [...] Nenhuma parte do mundo e nenhuma estrela é merecedora de tão grande honra; então, pelas razões mais elevadas, voltamos ao Sol, o único que parece, em virtude de sua dignidade e poder, adequado a essa missão motora, é digno de tornar-se a morada do próprio Deus (Kepler, 1858, p. 266, apud Burt, 2003, p. 59, tradução própria).*

Em função disso, uma vez mais, a inovação astronômica encetada pelo sistema copernicano não nasceu da observação de novos fatos, nem da falta de explicação de fatos antigos, mas de uma nova interpretação de fatos bastante conhecidos pelos astrônomos do século XV (Évora, 1993).

Copérnico “foi um supremo exemplo de um homem que revolucionou a ciência ao olhar fatos velhos de um novo modo, basicamente neoplatônico” (Crombie, 1953, p. 175), demonstrando que sua inovação foi impulsionada por fatores internos e externos à astronomia. Esses fatores foram preponderantes para demonstrar que o Renascimento científico promoveu um expressivo avanço cognitivo para o pensamento astronômico, cosmológico e físico, no contexto histórico-cultural de Copérnico.

Para concluir, Alexandre Koyré afirma que o trabalho de Copérnico é importante, pois,

*[...] nos mostra que a história do pensamento científico não é inteiramente lógica. Assim, para compreender a evolução, é mister levar em conta fatores extra-lógicos. Dessa forma, uma das razões – provavelmente a mais profunda - da grande reforma astronômica operada por Copérnico não era absolutamente científica. [...] – foi por uma razão estética, ou de metafísica, por consideração de harmonias. Sendo o Sol a fonte de luz, e sendo a luz o que há de mais belo e de melhor no mundo, parecer-lhe-ia, consoante a razão que governa o mundo e o cria, que essa luminária devesse ser colocada no centro do Universo que ela está encarregada de iluminar. Copérnico o diz expressamente e creio que não há razão alguma para não acreditar na adoração que tinha pelo Sol; tanto mais que o grande astrônomo Kepler, que verdadeiramente inaugura a astronomia moderna, é ainda mais heliólatra do que Copérnico (Koyré, 2006, p. 95).*

Não obstante, é preciso avançar para a próxima pergunta sobre os problemas conceituais da astronomia, incluindo os de natureza técnica, solucionados pela astronomia copernicana.

## IV.2 Que PCs originados no contexto da TPGA foram solucionados pela astronomia copernicana?

Devido aos problemas de consistência e coerência internas observados nas teorias planetárias de Ptolomeu, os astrônomos preocuparam-se constantemente em aumentar o número de artifícios geométricos dessas teorias, o número de epiciclos, de excêntricos e equantes (Gingerich, 2008), buscando explicar os problemas empíricos que foram surgindo com a tradição de pesquisa grega. A saber, os problemas técnicos na confecção de calendários; o brilho aparente dos planetas internos (Mercúrio e Vênus); as fases da Lua; as estações do ano; o movimento retrógrado dos planetas até então conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno).

Acredita-se que esse crescente aumento tornou-se um dos principais problemas internos da astronomia ptolomaica, aos olhos do contexto científico de Copérnico, seu crítico. Por exemplo, uma história apócrifa contada por Gingerich (2008) diz que:

*Alfonso, o Grande, ao olhar por cima dos ombros de seus astrônomos, os quais estavam compilando as Tabelas Alfonsinas, comentou que, se ele estivesse vivo na época da Criação, poderia ter dado ao Bom Deus algumas dicas. A interpretação óbvia era de que os astrônomos do rei Alfonso, no intuito de cuidar das discrepâncias observadas entre as previsões ptolomaicas e a posição real dos planetas, tinham sido obrigados a acrescentar círculos [...] (Gingerich, 2008, p. 81).*

Uma das principais implicações desse acréscimo era que a prática da astronomia ficava cada vez mais complexa, cobrando o ônus metodológico da tentativa de “salvar os fenômenos”. Nos meandros dessa complexidade, as teorias planetárias de Ptolomeu passaram a apresentar inexatidões e confusões, cujos desdobramentos incidiram na ocorrência de problemas de precisão das Tabelas Alfonsinas e, conseqüentemente, na construção de calendários pouco confiáveis (Gingerich, 2008).

Essa inconsistência interna [das tabelas] contribuiu para evidenciar um dos problemas técnicos mais latentes para a astronomia da época, cuja solução deveria ser imediatamente encontrada. Por essa razão, pela primeira vez,

*[...] um astrônomo tecnicamente competente [Copérnico] havia se oposto à tradição científica consagrada por razões intrínsecas a seu campo de estudo, e este reconhecimento profissional pela solução de um erro técnico, inaugurava a revolução copernicana. Essa necessidade se encontrava na raiz do trabalho de Copérnico, mas era de um tipo completamente novo (Kuhn, 1990, p. 138).*

A resolução desse problema empírico (inconsistências técnicas das Tabelas Alfonsinas) foi apresentada por Copérnico, no ano de 1500, em dezesseis folhas extras acrescentadas em uma cópia original do seu livro (Gingerich, 2008). Em uma dessas folhas, encontram-se os dados referentes às previsões dos planetas Marte e Saturno, para os quais,

segundo Gingerich (2008, p. 84), Copérnico teria registrado que: “Marte ultrapassou os números em mais de dois graus. Já Saturno era ultrapassado pelos números por um grau e meio”.

A principal implicação dessas anotações residiu nas previsões para a observação futura dos fatos astronômicos.

*Em 1504, logo após Copérnico ter retornado à Polônia, depois de sua estadia na Itália, com seu recém-adquirido doutorado, os dois planetas lentos a olho nu armaram um espetáculo esplêndido quando o mais veloz Júpiter ultrapassou o menos veloz Saturno. Essa grande conjunção, que ocorre apenas a cada vinte anos, proporcionou um teste sensível das tabelas, uma vez que não foram necessários instrumentos elaborados para determinar em qual noite os planetas iriam passar um pelo outro. E dessa vez Marte se juntou ao balé. Entre outubro de 1503 e março de 1504, o mais veloz Marte passou por Júpiter e depois por Saturno, e, por fim, em movimento retrógrado, passou de volta por Saturno e Júpiter e, por fim, em movimento direto, ultrapassou mais uma vez Júpiter e Saturno. Foi uma grande exibição celeste, e com certeza Copérnico não a teria perdido (Gingerich, 2008, p. 84).*

Especialista nos estudos de Copérnico, Gingerich compilou as Tabelas Alfonsinas em um *software*, configurando o modo como essas tabelas posicionavam esses três planetas (Marte, Júpiter e Saturno) não apenas nesse período, mas também por várias décadas do século XV. Pelos seus resultados, os cálculos indicaram apenas um erro de assinatura de Copérnico para fevereiro e março, do ano de 1504.

Durante esse intervalo de tempo as previsões para o planeta Júpiter foram excelentes, mas Saturno teria ficado para trás nas tabelas, por um grau e meio, enquanto Marte ficava à frente das previsões, por quase dois graus. O mais importante é que os erros encontrados combinaram com as anotações de Copérnico, apenas nesse intervalo. Portanto, a evidência comprovou que Copérnico tinha de fato observado a “dança celeste” desses planetas nesse período e estava perfeitamente ciente das discrepâncias das Tabelas Alfonsinas (Gingerich, 2008).

Consoante com esses problemas técnicos, no prefácio do seu livro, dedicado ao Pontífice da Igreja Católica, Papa Paulo III (1468-1549), Copérnico demonstra, mais uma vez, suas preocupações com os problemas conceituais internos da astronomia ptolomaica.

*Não quero que Vossa Santidade ignore que nenhum outro motivo me levou a pensar num método diferente de calcular os movimentos das esferas do Universo, senão o fato de ter verificado que os matemáticos não estão de acordo entre si na investigação de tais movimentos. E que, em primeiro lugar, eles se encontram de tal maneira inseguros quanto ao movimento do Sol e da Lua que, nem a duração regular do ano corrente, são capazes de explicar e formular. Em segundo lugar, ao determinarem os movimentos das esferas do Universo e dos cinco planetas, não usam os mesmos princípios e premissas que nas demonstrações dos movimentos e*

*revoluções aparentes. Pois enquanto alguns empregam somente círculos concêntricos, outros se utilizam de círculos excêntricos e de epiciclos, porém eles não atingem completamente seus objetivos. Pois embora aqueles que se baseiam nos círculos concêntricos demonstrem que alguns movimentos não uniformes poderiam ser, a partir deles, estabelecidos, eles não foram capazes de obter, por este meio, qualquer resultado indiscutível, que estivesse em concordância absoluta com os fenômenos. Por outro lado, aqueles que imaginaram os excêntricos, embora pareçam, na maioria, ter resolvido o problema dos movimentos aparentes com cálculos apropriados, introduziram, no entanto, muitas ideias que parecem contradizer os princípios fundamentais acerca da uniformidade do movimento (Copérnico, 2014, p. 7-8).*

Na percepção de Copérnico, o uso do equante inseria no céu um movimento não uniforme, que violava a premissa platônica da regularidade dos movimentos, sendo este o ponto central de sua crítica, que apontava um problema conceitual nas teorias planetárias ptolomaicas.

Nesse contexto, outro antigo problema empírico não resolvido – o *fenômeno da precessão dos equinócios*<sup>10</sup> – também foi revisado e solucionado por Copérnico. Para tanto, ele foi alertado por um velho amigo e colega de faculdade, o reverendo e cartógrafo Bernard Wapowski (1450-1535), que lhe pediu uma opinião sobre um pequeno tratado escrito pelo clérigo e astrônomo Johann Werner de Nuremberg (1468-1522), publicado em 1522, que versava sobre *De motu Octave Sphaerae – O movimento da oitava esfera* (Sobel, 2015).

Segundo Sobel (2015), ao responder a Bernard, Copérnico considerou que suas críticas ao tratado poderiam contribuir para melhorar a compreensão desse problema – o movimento lento das estrelas de leste para oeste do ponto do equinócio, isto é, a intersecção entre a eclíptica e o equador. De acordo com essa autora,

*Em termos modernos, a precessão é produto da rotação diária da Terra, que resulta num planeta bojudado no Equador. O Sol atua sobre o plano do bojo equatorial, fazendo com que o eixo da Terra gire lentamente com o tempo. São necessários 26 mil anos para o eixo traçar seu preguiçoso círculo no céu, ao ritmo de um grau a cada 72 anos. O polo Norte do eixo da Terra atualmente aponta para uma estrela na Ursa Menor chamada Polares ou Estrela Polar, também conhecida como estrela do Norte. A precessão nos levou a esse ponto, e também garante que no próximo milênio uma estrela diferente – Alrai, na constelação de Cefeu, o rei – irá assumir o título de estrela Polar (Sobel, 2015, p. 77).*

Para resolver este problema, Copérnico (2014) dotou a Terra de um terceiro movimento em inclinação, em conjunto com o movimento de rotação axial e o movimento anual (de translação) ao longo da eclíptica e ao redor do Sol.

---

<sup>10</sup> Esse problema empírico foi descoberto pelo astrônomo Hiparco de Nicéia (190-120 a. C.), no contexto da tradição de pesquisa grega antiga.

De acordo com Gingerich (1975, p. 9), a abordagem de Copérnico “demonstra seu nível incomum de habilidade técnica, que certamente era raro na Idade Média”. Ao observar que esse problema era uma anomalia para as teorias planetárias ptolomaicas, ele tornou-se um problema empírico resolvido pelo sistema astronômico copernicano.

Com efeito, o mais importante disso é que o exame de Copérnico sobre o fenômeno da precessão dos equinócios pode tê-lo levado a considerar fortemente o movimento de rotação da Terra (Gingerich, 1975). Porém, não se pode deduzir que o sistema copernicano foi uma consequência direta da solução desse problema.

Ademais, mesmo que Copérnico tenha proposto uma solução memorável para resolver as inconsistências das Tabelas Alfonsinas, seu sistema astronômico não ficou imune às críticas de natureza empírica e conceitual, que foram proferidas por seus contemporâneos, ao longo do século XVI, bem como pelos estudiosos posteriores, nos séculos seguintes.

Dando continuidade, na próxima subseção, é importante apresentar e discutir alguns PEs da TPGA, que foram resolvidos pela astronomia copernicana.

### **IV.3 Que PEs originados no contexto da TPGA foram solucionados pelo sistema astronômico copernicano?**

Conforme a visão de mundo grega (pitagórica, platônica e aristotélica), Copérnico também concebia o universo como sendo esférico e finito (Batista, 2020; Batista; Peduzzi, 2022a). Sob a influência platônica, e/ou neopitagórica, em seu sistema astronômico a esfera é a forma mais perfeita, de maior volume e capacidade de encerrar e conservar todas as coisas.

Para Copérnico, as partes mais perfeitas do universo se apresentam como esféricas (o Sol, a Lua e os planetas), mas até mesmo todo o universo tende a ser delimitado por essa forma; por exemplo, “é o que se vê nas gotas de água e nos outros corpos líquidos quando revestem a sua forma natural”. Por isso, “ninguém deverá hesitar em atribuir tal forma aos corpos celestes”, pois de maneira semelhante a esses corpos, a Terra também é esférica (Copérnico, 2014, p. 17).

Com argumentos muito semelhantes aos dos pensadores gregos antigos, Copérnico afirmou,

*[...] isto é fato manifesto porque [...] se vê que muitas estrelas à volta do Polo Norte não têm ocaço e que, no Polo Sul, algumas nunca nascem. Assim, a Canopo não é visível na Itália, sendo visível no Egito. Mas a Itália vê a mais afastada estrela do Rio, a qual a nossa região, numa zona frígida, ignora. Pelo contrário, para aqueles que viajam para o Sul, estes dois astros são visíveis, enquanto são invisíveis aos que nós vemos (Copérnico, 2014, p. 19).*

Em outro exemplo, ele argumentou que as observações dos eclipses também levavam à conclusão sobre a esfericidade da Terra: “os eclipses vespertinos do Sol e da Lua não são visíveis para os habitantes do Oriente, nem os matutinos para os habitantes do Ocidente, mas os que estão na zona média veem-nos aqueles mais tarde e estes mais cedo” (Copérnico,

2014, p. 19). As explicações de Copérnico para esses dois fenômenos (eclipses lunares e solares) são aprofundadas mais adiante.

Concluindo sobre a esfericidade da Terra, Copérnico (2014, p. 19) também afirmou que “as águas repousam da mesma forma, é o que os navegadores depreendem”. Portanto, “a Terra, que não se avista do lastro do navio, é geralmente avistada do topo do mastro”. Além disso, “se fixarmos a luz no topo do mastro, os que estão na praia veem-na descer lentamente, enquanto o navio se afasta da Terra, até que finalmente se oculta como se tivesse o seu ocaso no horizonte” (Copérnico, 2014, p. 20).

Seguindo essa linha, assim como para os astrônomos e filósofos gregos antigos, no sistema copernicano os movimentos dos corpos celestes são circulares, uniformes e perpétuos – até mesmo aqueles aparentemente irregulares –, haja vista que, para Copérnico (2014, p. 25), “o movimento apropriado de uma esfera é uma rotação num círculo, reproduzindo a sua forma no próprio ato como corpo extremamente simples em que não se pode indicar princípio nem fim”.

Fundamentado nessa ideia, Copérnico (2014) dotou a Terra de um movimento natural, que, mais tarde, ele usou como argumento para tentar rebater, sem sucesso, as críticas sobre essa rotação. Para os eruditos escolásticos, adeptos à visão de mundo aristotélica, essas críticas se materializaram em perguntas de grande envergadura (problema empírico importante): “existe alguma experiência terrestre que prove o movimento de rotação da Terra? Por que não somos atirados para fora da Terra por sua rotação?”<sup>11</sup> (Martins, 1990, p. 79-80).

Sobre os movimentos aparentemente irregulares, Copérnico (2014) considerava que eles correspondiam a uma composição de movimentos circulares. Sua ideia se constituía em uma defesa explícita da premissa platônica, pois, para ele, somente mediante movimentos circulares os corpos celestes poderiam retornar para as suas posições de origem, tal como são observados (Peduzzi, 2018).

Nesse aspecto, é importante perceber como o pensamento astronômico copernicano ainda era guiado pelas premissas básicas da tradição de pesquisa grega antiga, “não sendo ele capaz de escapar das complexidades geométricas inerentes ao mecanismo descritivo dessa concepção” de trabalho, via astronomia matemática instrumentalista – preocupação em “salvar” o movimento aparente dos corpos celestes por meio de teorias planetárias e modelos cosmológicos forjados e fundamentados nos mecanismos matemáticos dos epiciclos, excêntricos e equantes (Porto, 2020).

No cerne da premissa platônica, o primeiro problema empírico da TPGA resolvido pelo sistema copernicano corresponde à ordenação dos corpos celestes. Apresentando uma ordenação adequada<sup>12</sup> – aceita, até agora, para o sistema solar – Copérnico (2014) alocou cada

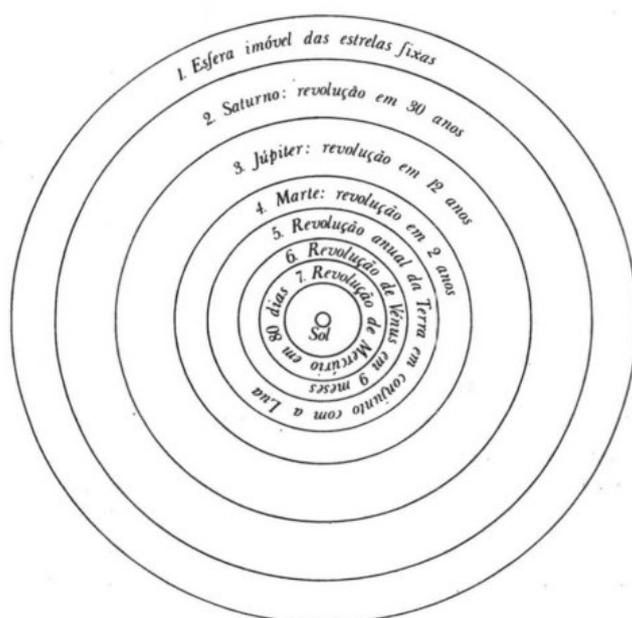
---

<sup>11</sup> Essas são perguntas fomentadas pelo sistema copernicano, mas que serão objetos de outro trabalho.

<sup>12</sup> As divergências entre as ordenações desses planetas podem ser observadas nas comparações entre os modelos cosmológicos de Pitágoras, Filolau, Platão, Aristóteles, Heráclides e Aristarco, apresentadas em outro trabalho (Batista; Peduzzi, 2022a).

planeta, acompanhado por seu período de revolução em torno do Sol, tendo em: 1. A Esfera imóvel das estrelas fixas; 2. O planeta Saturno – revolução em (30 anos); 3. O planeta Júpiter – revolução em (12 anos); 4. O planeta Marte – revolução em (dois anos); 5. A revolução anual da Terra, em conjunção com a Lua; 6. A revolução de Vênus em (nove meses); e 7. A revolução de Mercúrio em (80 dias).

Nessa ordenação, em relação à Terra, dotada de movimento (de rotação diária em torno do próprio eixo), no modelo copernicano, a esfera das estrelas fixas está em repouso, e não mais em movimento como concebido por mais de 2.000 mil anos. Uma ilustração esquemática dessa ordenação é apresentada, a seguir, na Fig. 1 – A ordenação dos corpos celestes no sistema copernicano.



*Fig. 1 – A ordenação dos corpos celestes no sistema copernicano.*

*Fonte: Copérnico, 2014, p. 52.*

Em relação a esse ordenamento das esferas, é importante observar que Copérnico usou apenas um círculo para apresentar seu sistema. Porém, é preciso lembrar que ele não conseguiu escapar da complexidade enfrentada pela astronomia ptolomaica. Por exemplo, enquanto Ptolomeu utilizou 40 círculos para descrever as posições planetárias observadas a partir de uma Terra estacionária, Copérnico utilizou, com a Terra em movimento, 48 círculos.

Contudo, um ponto forte a favor da tradição de pesquisa de Copérnico é que, pela primeira vez, seu sistema permitiu fazer uma comparação das diferenças de distâncias entre as órbitas planetárias, posto que Aristarco de Samos (310-230 a. C.) apenas conseguiu calcular as distâncias relativas entre a Terra, a Lua e o Sol (Martins, 1990). Ou seja, ele não calculou as distâncias dos outros planetas, em relação à Terra. Além disso, as observações antigas nada diziam sobre as distâncias entre os planetas e a Terra, em termos quantitativos (Heath, 2004).

Nesse contexto, Gingerich (2008) observa o papel unificador de alguns cientistas, que encontraram conexões nunca percebidas, colocando Copérnico como mais um deles.

*Isaac Newton destruiu a dicotomia entre os movimentos celestes e terrestres, forjando uma série de leis comuns que se aplicavam tanto à Terra quanto ao céu. James Clerk Maxwell conectou a eletricidade ao magnetismo e mostrou que a luz era composta de radiação eletromagnética. Charles Darwin previu o parentesco de todos os organismos vivos mediante um ancestral comum. Albert Einstein dividiu em partes a separação entre matéria e energia, conectando-as através de sua famosa equação  $E = mc^2$  (Gingerich, 2008, p. 77).*

Copérnico pode ser considerado como um notável unificador da astronomia, pois conseguiu harmonizar a astronomia ptolomaica e seu desarranjo planetário de entidades separadas, configurando os planetas, um após o outro (Fig. 1), com movimentos independentes. Com efeito, essa é uma das razões pela qual Copérnico (2014, p. 8) afirmou no prefácio dedicado ao Papa Paulo III, que a astronomia matemática praticada em seu tempo “era um monstro composto de partes isoladas, uma cabeça tirada daqui, os pés tirados dali, os braços de acolá”.

Por conseguinte, com o movimento de rotação axial da Terra, Copérnico resolveu o segundo problema empírico do fenômeno do dia e da noite, considerando a revolução dos planetas – problema discutido no contexto das teorias planetárias e dos modelos cosmológicos gregos antigos. Para tanto, ele afirmou que “Saturno, o mais afastado dos planetas, faz uma revolução em trinta anos e a Lua, indubitavelmente a mais próxima da Terra, completa o seu giro em um mês e a própria Terra, finalmente, faz a sua rotação num dia e numa noite” (Copérnico, 2014, p. 35).

Dotando a Terra de um segundo movimento, isto é, o de translação em torno do Sol – Capítulo XI. Demonstrações do triplice movimento da Terra – Copérnico resolveu mais dois problemas empíricos – terceiro, o fenômeno do brilho aparente dos planetas internos e externos –, considerando suas aproximações e afastamentos do Sol; e quarto, o fenômeno das estações do ano.

Para o terceiro problema, Copérnico (2014, p. 153) explicou que o nascimento e o ocaso dos astros também estão relacionados com a rotação diária da Terra. Em razão disso, “O nascimento vespertino de um astro tem lugar quando ele se apresenta a nascer durante o crepúsculo, e o ocaso vespertino quando ele deixa de se ver depois do pôr do Sol”, cuja posição oculta o corpo celeste, até que no seu nascimento matutino os astros emergem novamente (Copérnico, 2014). Continuando com a sua explicação,

*Do mesmo modo que isto acontece às estrelas fixas, acontece também aos planetas Saturno, Júpiter e Marte, Vênus e Mercúrio, contudo, têm os seus nascimentos e os ocasos de modo diferente, pois não são apagados pelo Sol quando este se aproxima, como acontece com outros planetas, nem como aqueles ficam visíveis quando ele se afasta. Pelo contrário, quando precedem o Sol, imergem no seu brilho e mostram-se*

*luminosos. Os outros quando fazem a sua aparição vespertina e o seu ocaso matutino nunca desaparecem e brilham quase toda a noite. Mas Vénus e Mercúrio desaparecem completamente desde o pôr ao nascer do Sol e não são visíveis em mais nenhuma parte. Há também outra diferença. É que em Saturno, Júpiter e Marte os nascimentos e ocasos verdadeiros ocorrem mais cedo do que os visíveis matutinos, e mais tarde do que os vespertinos, pois que de manhã eles precedem o nascer do Sol, e à tarde seguem o seu ocaso. Todavia, no que se refere aos planetas inferiores, os nascimentos visíveis matutinos e vespertinos são mais tarde do que os verdadeiros, mas os ocasos são antes (Copérnico, 2014, p. 153-154).*

Para o quarto problema empírico das estações do ano, Copérnico explicou que o equador e o eixo da Terra têm uma inclinação variável relativamente ao círculo que é a linha média do zodíaco e o seu plano, pois se eles estivessem na mesma inclinação não deveria existir nenhuma desigualdade de dias e de noites. Pelo contrário, o solstício do verão ou do inverno, os equinócios, a primavera e o outono ou qualquer outra estação permaneceriam sempre sem mudança (Copérnico, 2014). No Capítulo XIII – A Extensão e Variação do Ano Solar – ele considerou que:

*A interpretação da precessão dos equinócios e solstícios, que resulta da deflexão do eixo da Terra [III, 3], como dissemos, será confirmada pelo movimento anual do centro da Terra, que se realiza à volta do Sol, e dele devemos tratar agora. Seguir-se-á naturalmente que, quando a extensão do ano se conta a partir de um dos equinócios ou solstícios, é variável, tendo em conta a mudança não uniforme daqueles limites, pois estes fenómenos são interdependentes. Devemos por conseguinte separar e distinguir o ano (sazonal) do ano sideral. Chamamos natural ou (sazonal) ao ano que nos apresenta a sucessão das quatro estações, e sideral àquele que se refere a uma estrela fixa. O ano natural, também chamado trópico, é irregular. As observações dos antigos mostram-no muito claramente (Copérnico, 2014, p. 251).*

Após assinalar que Calipo de Tarento, Aristarco de Samos e Arquimedes de Siracusa fixaram a extensão do ano natural – também chamado trópico – em 365 dias e um quarto, isto é, 6 horas, Copérnico (2014, p. 251) observou que Ptolomeu, “pondo em evidência que era difícil a determinação dos solstícios, sendo necessário fazê-la com rigor”, não confiou nas próprias observações e voltou-se para Hiparco, que deixou um legado de observações não somente dos solstícios, mas também dos equinócios, feitas na cidade de Rodes (Copérnico, 2014).

Voltando ao Capítulo XI – Demonstração do Tríplice Movimento da Terra – Copérnico (2014, p. 56) apresentou uma demonstração do “movimento de rotação anual do centro da Terra, traçado no plano da eclíptica”. Para esse problema, Copérnico apresentou a seguinte explicação:

Seja  $E$ , próximo do centro, o Sol. Dividirei este círculo em quatro partes traçando diâmetro pelos pontos  $AEC$  e  $BED$ . Suponha-se que  $A$  representa o princípio de Câncer,  $B$  o de Balança,  $C$  o de Capricórnio e  $D$  o de Aires. Suponhamos agora que o centro da Terra está originariamente em  $A$ , à volta do qual traço o equador terrestre  $FGHI$ , mas não no mesmo plano, ressaltando apenas que o diâmetro  $GAI$  é a intersecção dos círculos, isto é, do equador e da eclíptica. Tracemos depois o diâmetro  $FAH$  em ângulos rectos com  $GAI$  e seja  $F$  o limite da maior inclinação [do equador] para o Sul e  $H$  para o Norte. Partindo destes pressupostos, os habitantes da Terra verão o Sol no centro  $E$ , no seu solstício de Inverno, em Capricórnio. Deve-se isto ao facto de que a inclinação máxima setentrional está voltada para o Sol. Com efeito a inclinação do equador para  $AE$  assinala, na rotação diária, o solstício do Inverno, paralelo ao equador num intervalo a que corresponde ao ângulo de  $EAH$  (Copérnico, 2014, p. 56-57).

Uma ilustração geométrica deste problema empírico é apresentada pela Fig. 2 – A rotação anual do centro da Terra.

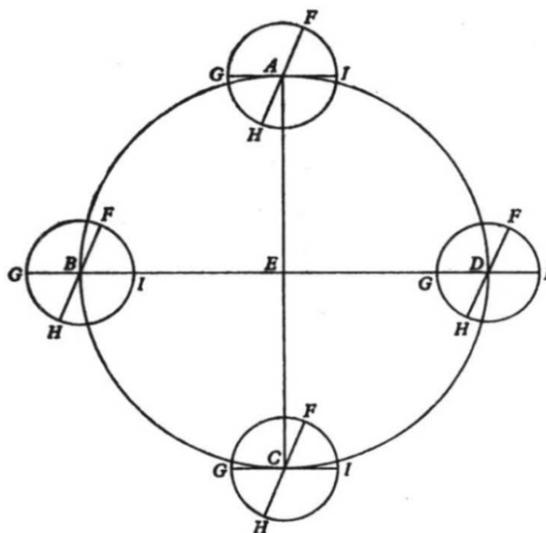


Fig. 2 – A rotação anual do centro da Terra, traçado no plano da eclíptica.  
Fonte: Copérnico, 2014, p. 57.

Complementando essa explicação pormenorizada, demonstrando a relação entre a rotação anual do centro da Terra e o problema empírico das estações do ano, Copérnico acrescentou o seguinte:

*Agora façamos o centro da Terra mover-se na ordem dos signos e seja  $F$ , o limite da máxima inclinação, movendo-se de um arco igual, mas em sentido inverso à ordem dos signos, até que ambos tenham atravessado um quadrante dos seus círculos até o ponto  $B$ . Entretanto, seja o ângulo  $EAI$  sempre igual a  $AEB$ , equador*

*paralelo e equador. (...). Assim de B, principio da Balança, E parecerá estar no Carneiro e a linha de intersecção dos círculos ficará na linha recta GBIE, à qual a rotação diária não permitirá qualquer inclinação, pois toda a inclinação será no plano lateral. Com isso, veremos o Sol no seu equinócio da primavera. Suponhamos que o centro da Terra se move nas condições que indicamos. Quando tiver completado um semicírculo em C, o Sol parecerá entrar em Câncer. Mas F, o ponto mais ao sul da inclinação do equador, ficará voltado para o Sol e assim fará com que o Sol pareça seguir pelo solstício do verão, medido pelo ângulo da obliquidade, ECF. Então, quando F voltar para o terceiro quadrante do círculo, a linha de intersecção GI cairá, uma vez mais, em ED. Daqui ver-se-á o Sol na Balança, tendo alcançado o equinócio do outono. Finalmente, pelo mesmo processo, HF girará gradualmente na direção do Sol e repetir-se-á a situação pela qual começamos a nossa exposição (Copérnico, 2014, p. 57-58).*

Através dessas explicações de Copérnico, é possível observar como a combinação do movimento de translação da Terra e sua inclinação, em relação à eclíptica (ângulo de 23,5° graus),<sup>13</sup> permitem compreender a solução do problema empírico das estações do ano.

Nesse contexto, Copérnico (2014) resolveu mais dois problemas empíricos da TPGA<sup>14</sup> – o quinto, *os fenômenos dos eclipses solares e lunares* e o sexto – *as fases da Lua*.

Após discorrer acerca das “Hipóteses sobre os círculos da Lua segundo a opinião dos autores antigos” (Copérnico, 2014, pp. 315-318) e ponderar sobre “A deficiência destas afirmações” (Idem, pp. 319-322), na seção, “Outra opinião sobre o movimento da Lua” Copérnico (2014, p. 324) observou que “a posição da Lua é localizada com mais rigor através dos seus eclipses do que pelo uso de instrumentos, e sem qualquer risco de erro”. Por conseguinte, Copérnico explicou esse fenômeno, da seguinte maneira:

*[...] os eclipses solares, provocados pela interposição da Lua [entre o Sol e a Terra], não nos fornecem uma prova clara da posição da Lua. Com efeito, nesta ocasião, acontece que vemos uma conjunção do Sol e da Lua, a qual, em relação ao centro da Terra, ou já passou ou ainda não ocorreu, devido à já referida influência da paralaxe. Consequentemente, não observamos o mesmo eclipse do Sol com igual duração e grandeza, em todas as regiões, nem semelhante nos seus aspectos particulares. Mas estes obstáculos não ocorrem nos eclipses da Lua. São idênticos em toda a parte. É que a Terra faz com que o seu eixo que provoca este obscurecimento passe pela direção do Sol através do seu próprio centro; e, assim, os eclipses lunares são os mais próprios para determinar o movimento da Lua, por um método extremamente digno de confiança (Copérnico, 2014, p. 324-325)<sup>15</sup>.*

---

<sup>13</sup> Esse valor corresponde ao conhecimento moderno.

<sup>14</sup> Problemas sistematizados em trabalhos anteriores (Batista, 2020; Batista; Peduzzi, 2022a).

<sup>15</sup> As explicações de Copérnico (2014, p. 421-427) para os eclipses lunares e solares também podem ser observadas, respectivamente, em mais outras duas seções de seu livro – Capítulo XXXI: A grandeza de um eclipse do Sol ou da Lua – e Capítulo XXXII: Previsão da duração de um eclipse do Sol ou da Lua.

Vale lembrar que os cálculos antigos sobre a previsão dos eclipses lunares correspondem a mais uma das contribuições de Hiparco de Niceia (190-120 a.C.), ao ter “calculado com precisão, de uma a duas horas, a ocorrência dos eclipses da Lua e, posteriormente, seus cálculos foram publicados no *Almagesto* de Ptolomeu” (Oliveira Filho; Saraiva, 2018, p. 3). Por sua vez, a contribuição que Copérnico forneceu para a solução desse problema empírico implicou no refinamento dos cálculos de previsão desse fenômeno celeste.

Para a solução do sexto problema empírico das fases da Lua, Copérnico (2014, p. 395) dedicou o Capítulo XXII – “O diâmetro aparente e variável da Lua e suas paralaxes”. Neste, ele considerou que o diâmetro aparente da Lua (suas fases) podia ser calculado com base em sua paralaxe. A partir desses cálculos, esse diâmetro possuía “uma variação entre 27’ minutos e 33’’ segundos de arco a 35’ minutos e 38’’ segundos de arco, dependendo de sua fase”.

De acordo com Copérnico,

*Por conseguinte, encontraremos as paralaxes do nascimento e do ocaso da Lua, nestes quatro limites, dividindo o raio da circunferência da Terra pela distância da Terra à Lua; 50' 18" para os quartos crescente e minguante, e 52' 24" para a Lua cheia e Lua nova quando está mais distante; e 65' 45" , 62' 21" , respectivamente, no momento em que se encontra mais próxima. Destas paralaxes resulta que os diâmetros aparentes da Lua também se tornam claros. Com efeito, como se mostrou [IV, 20], o diâmetro da Terra está para o diâmetro da Lua, assim como 7 está para 2. Do mesmo modo, o raio da Terra estará para o diâmetro da Lua assim como 7 está para 4. É esta também a razão entre as paralaxes e os diâmetros aparentes da Lua, dado que as linhas retas que determinam os ângulos das paralaxes maiores e dos diâmetros aparentes, na mesma passagem da Lua, em nada diferem uns dos outros (Copérnico, 2014, p. 395).*

Para concluir, na seção, “As conjunções e oposições médias do Sol e da Lua”, Copérnico (2014, p. 413) afirmou que, “Do que se disse sobre o movimento da Lua e do Sol, resulta o método de investigar as suas conjunções e oposições”. Portanto,

*[...] procuraremos então os movimentos e as posições, por meio das quais calcularemos as Luas novas e as Luas cheias verdadeiras, e distinguiremos as conjunções nas quais os eclipses ocorrem, das outras, do modo indicado abaixo [N, 30]. Quando tivermos estabelecido estas fases, podemos estendê-las a quaisquer outros meses e continuá-los para vários anos, servindo-nos de uma Tabela de 12 meses (Copérnico, 2014, p. 413).*

Por fim, Copérnico resolveu o problema empírico mais importante da tradição de pesquisa grega antiga, o movimento retrógrado dos planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno). Em sua solução, o planeta Marte e seu “epiciclo serviram com protótipo para os outros planetas, porém, devido ao fato da frequência e a amplitude do movimento retrógrado

serem diferentes para cada um deles, um epiciclo de tamanho e período individuais tornou-se necessário” (Gingerich, 2008, p. 78). Para tanto, Copérnico conseguiu eliminar um círculo de cada grupo<sup>16</sup>, combinando todos eles em um sistema unificado — já apresentado na Fig. 1. Gingerich (2008, p. 78) afirma que, assim como “a máquina de Eames<sup>17</sup> demonstrou que as órbitas heliocêntricas da Terra e a de Marte podiam dar os mesmos resultados que o deferente marciano e o epiciclo no sistema geocêntrico”,

*[...] o mesmo se aplicava aos outros planetas. Se todos os modelos podiam ser ajustados de modo que a órbita da Terra tivesse sempre o mesmo tamanho, eles podiam ser todos reunidos em uma única órbita terrestre, reduzindo assim o número total de círculos. E quando Copérnico fez isso algo quase mágico aconteceu. Mercúrio, o planeta mais rápido, circulava mais próximo do Sol do que qualquer outro planeta. O letárgico Saturno, na época o planeta mais distante já identificado, circulava mais longe do Sol, e os outros planetas ficavam em algum lugar no meio, arrumados à distância por seus períodos de revolução (Gingerich, 2008, p. 78).*

Para a equivalência apontada por Gingerich (2008), uma ilustração didática é apresentada na Fig. 3 – Equivalência entre os modelos geocêntrico epiciclo-deferente ptolomaico e o heliostático copernicano<sup>18</sup>. Na figura, o modelo ptolomaico está à esquerda e o copernicano está à direita. Na ilustração, as hastes permanecem em paralelo, enquanto os círculos giram em cada sistema.

Consoante a esse esquema da Fig. 3, Copérnico apresentou uma explicação mais “simples” e elegante do que as explicações dadas por Ptolomeu e por todos os astrônomos e filósofos gregos antigos (Pitágoras de Samos, Filolau de Crotona, Platão, Eudoxo de Cnido, Calipo de Cnido, Aristóteles, Heráclides de Ponto, Apolônio de Perga). Qual seja, a de que a causa das acelerações, desacelerações e inversões de sentido dos planetas, percebidas por um observador terrestre, se encontrava nas diferentes velocidades orbitais dos próprios planetas.

A solução do problema empírico de retrogradação dos planetas foi fornecida por Copérnico, considerando como circulares as órbitas da Terra (Earth) e de Marte (Mars). Uma ilustração didática é apresentada na Fig. 4 – Explicação de Copérnico para o movimento de retrogradação dos planetas.

---

<sup>16</sup> Vale lembrar que nas teorias planetárias de Ptolomeu cada planeta possuía um círculo principal (*deferente*) e outro secundário (*epiciclo*).

<sup>17</sup> A máquina de Eames é uma obra do famoso designer Ray Eames, que foi apresentada na exposição *Internacional Business Machines* (IBM) dedicada a Copérnico. Sua imagem encontra-se em (Gingerich, 2008, p. 193).

<sup>18</sup> Essa ilustração didática foi construída por este autor, como imagens do planeta Terra, Marte e do Sol disponibilizadas em domínio público, tendo como referência a imagem da “máquina de Eames” apresentada por Gingerich (2008, p. 67). Disponível em: <https://publicdomainvectors.org/pt/vetorial-gratis/Planeta-Terra-e-o-sol/73174.html>. Acesso em: 15 set., 2023.

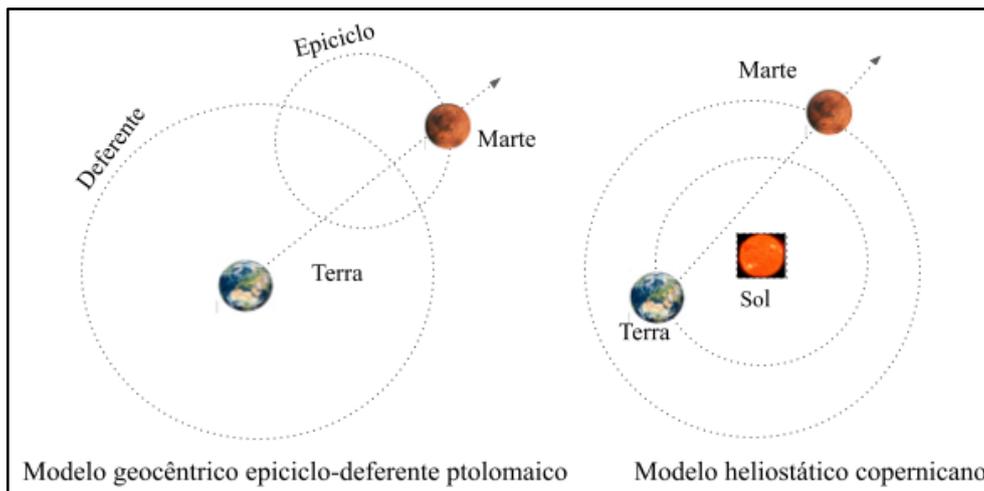


Fig. 3 – Equivalência entre os modelos geocêntrico epiciclo-deferente ptolomaico e o heliostático copernicano.

Fonte: Batista, 2023.

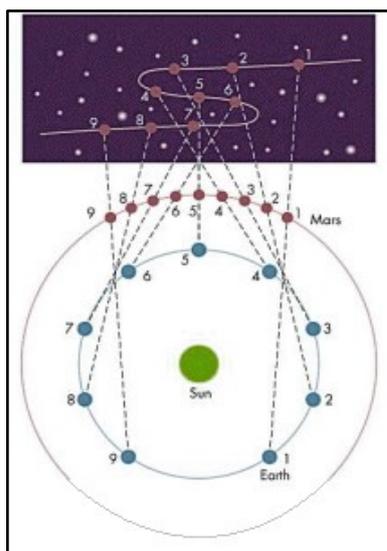


Fig. 4 — Explicação de Copérnico para o movimento de retrogradação dos planetas  
Fonte: Peduzzi, 2018, p. 100.

Por essas órbitas, a ilustração da Fig. 4 demonstra que o movimento retrógrado de Marte (as desacelerações), iniciado na inversão de sentido da trajetória, após o ponto (3), indo até o ponto (6), e retornando o sentido (acelerações), é devido ao fato da Terra se mover de modo mais veloz, se aproximando de Marte no ponto (5) e passando ao largo dele nos pontos (6, 7, 8, 9).

Adjacente a isso, observa-se que o destaque que se dá a Marte, em detrimento a outros planetas, é que a explicação de seu movimento tornou-se uma tarefa muito complicada

no âmbito da astronomia. Sabe-se, por exemplo, que o jovem Rético, discípulo de Copérnico, por muitas vezes, viu-se impotente diante da intrincada órbita de Marte (Koestler, 1989).

Sobre esse referido episódio, Koester (1989) afirma que o astrônomo Johannes Kepler, ao escrever na dedicatória da sua obra, Nova Astronomia, ao imperador romano-germânico, Rodolfo II (1552-1612), não deixou de citá-lo.

*No que tange a Jorge Joaquim Rético, o famoso discípulo de Copérnico nos dias de nossos antepassados [...] conta-se o seguinte: em certa ocasião, quando a perplexidade o deteve na teoria de Marte, e já não conseguia safar-se, apelou, em último recurso, como oráculo, ao seu anjo da guarda. O indelicado espírito agarrou Rético pelos cabelos e lhe bateu repetidas vezes a cabeça contra o teto; depois, largou o corpo que foi bater contra o assoalho. A esse tratamento, acrescentou o seguinte juízo oracular: eis os movimentos de Marte. O boato tem língua má [...], no entanto, bem podemos acreditar que Rético, com o espírito desequilibrado por uma especulação sem saída, se ergueu, furioso, e bateu a cabeça contra a parede (Kepler, 1938, p. 242, apud Koestler, 1989, p. 108).*

Duas gerações após a de George Joaquim Rético (1514-1574), Koester (1898) afirma que foi a vez do próprio Johannes Kepler (1571-1630) se queixar a um amigo, dizendo-lhe:

*Zombais de mim como o exemplo de Rético. Rio-me convosco. Vi como vos torturou miseravelmente a lua, e a mim, por vezes. Se agora as coisas vão mal com o meu Marte, bem vos ficaria a vós, que sofrestes semelhantes vexames, tenha pena de mim” (Kepler, 1938, p. 246, apud Koestler, 1989, p. 108).*

Contudo, foi justamente a solução dada por Kepler, ao problema da órbita de Marte, que estabeleceu o fim do dogma do movimento circular. Kepler demonstrou empiricamente que as órbitas planetárias são aproximadamente elípticas, com o Sol em um dos focos, e não círculos ou combinação de círculos (Koestler, 1989).

Não obstante, isso somente se tornou possível com a obtenção de novos dados observacionais, de grande acurácia, produzidos por Tycho Brahe (1546-1601). Apesar de ferrenho opositor ao trabalho de Copérnico, sem os dados de Brahe seria impossível abandonar esse aporte conceitual e metodológico. Nesse sentido, o sistema astronômico copernicano foi edificado com o mesmo conjunto de dados produzidos pelos antigos astrônomos gregos, Hiparco e Ptolomeu. Porém, seu sistema foi forjado pela reinterpretação dos fenômenos celestes, sob influência da corrente de pensamento neoplatônica (filosófica e metafísica), cuja principal implicação foi a destituição da Terra do centro do universo, colocando em seu lugar, o Sol imóvel; e por isso, seu sistema às vezes é chamado de heliostático.

No entanto, a ideia do Sol se mover remonta à cosmologia de Filolau de Crotona, cuja explicação de seu movimento pela eclíptica aparece também como um problema empírico, desde a antiguidade grega. Além disso, posteriormente, as manchas solares

observadas por Galileu e outros astrônomos, no século XVII, mostraram que o Sol também possui um movimento de rotação em torno de seu próprio eixo. Atualmente já se sabe que esse astro se move pela nossa galáxia, a Via Láctea, e sua volta completa em torno de centro galáctico dura nada menos que 225 milhões de anos, carregando consigo todos os corpos do Sistema Solar.

Não obstante, para fomentar mais trabalhos com essa perspectiva histórico-filosófica, é preciso indagar a astronomia copernicana com uma última pergunta: *Que novos PEs e PCs surgiram com a astronomia copernicana e fomentaram intelectualmente o nascimento da ciência moderna nos séculos XVI e XVII?*

Destaca-se que, já na época de Copérnico, especialmente seus opositores lançaram questões, sendo muitas delas respondidas pela tradição de pesquisa de Galileu e Newton, a saber: *por que os corpos caem em direção ao centro da Terra? Por que não somos atirados fora da Terra por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que demonstra que a Terra gira em torno do próprio eixo? Qual a teoria física de movimento de Copérnico, se não aceita a física de Aristóteles?*

Porém, devido à necessidade de aprofundamento das discussões de tais perguntas (PEs e PCs), sua contextualização histórico-filosófica ficará para trabalhos futuros, fundamentados na mesma perspectiva da epistemologia da solução de problemas de Laudan.

Espera-se com isso discutir tanto a defesa do sistema copernicano feita por Giordano Bruno, quanto por Galileu Galilei, cujo esforço intelectual se materializou na sua principal obra, “Diálogo Sobre os Dois Principais Sistemas de Mundo” (o ptolomaico contra o copernicano) e na construção dos alicerces conceituais da física moderna, nos séculos XVI e XVII.

Para finalizar, destaca-se que, do ponto de vista da discussão aqui proposta, a epistemologia de Laudan explica bem a evolução das ideias e dos conhecimentos científicos, considerando as três perguntas que instrumentalizam a contextualização histórico-filosófica deste trabalho. A saber: *1. Que influências filosóficas e metafísicas motivaram o pensamento científico europeu no contexto de Copérnico?; 2. Que PCs originados no contexto da TPGA foram solucionados pela astronomia copernicana?; 3. Que PEs originados no contexto da TPGA foram solucionados pela astronomia copernicana?* Dessa forma, é importante observar a importância de se discutir, em sala de aula e nos livros didáticos, os problemas de pesquisa que movem os cientistas na busca de respostas, isto é, construções intelectuais das teorias científicas, especialmente fundamentando-se na concepção epistemológica laudiana de ciência como uma atividade de solução de problemas empíricos e problemas conceituais.

## **V. Considerações**

Considerando o objetivo deste trabalho, apresentar uma narrativa histórico-filosófica sobre o advento da astronomia copernicana fundamentada na visão epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan, a valorização desse acontecimento histórico, em termos de

compreensão docente e estudantil sobre o desenvolvimento da ciência moderna, nos séculos XVI e XVII, incluindo suas implicações nos domínios da astronomia, da cosmologia, da física, matemática, filosofia e da metafísica, foi possível demonstrar como a ESPL pode contribuir para subsidiar discussões críticas sobre este episódio histórico, em sala de aula e nos livros didáticos de física. Com isso, pode-se evitar a construção e difusão de concepções epistemológicas distorcidas e equivocadas apontadas pela literatura do ensino de física, resultantes de processo acrítico da transposição didática dos conteúdos científicos.

Sob a lente dos problemas empíricos, dos problemas conceituais e de tradição de pesquisa, docentes e estudantes podem se instrumentalizar por uma visão epistemológica, que permita identificar e discutir os tipos de perguntas da ciência que fomentaram tanto o advento da astronomia copernicana quanto o próprio nascimento da ciência moderna. Nessa discussão, é possível observar a importância de uma análise histórico-filosófica da ciência para o processo de ensino e aprendizagem (materializada na solução de problemas empíricos e conceituais), que perpassa o domínio do desenvolvimento cognitivo, como um caminho profícuo para que os estudantes percebam a ciência como um empreendimento humano, em permanente construção e movido por novas perguntas e/ou novos problemas.

Por esta contextualização histórico-filosófica, procurou-se restituir os significados epistemológicos do advento da astronomia copernicana, mostrando que a sua origem e o seu desenvolvimento não se limitaram ao contexto de Copérnico (como um conhecimento pronto e acabado). Pelo contrário, sua estreita ligação com a TPGA demonstra que os conhecimentos científicos possuem contextos, personagens e heranças que colaboram com a sua produção. Por isso, de forma alguma, esse contexto deve estar desassociado de problemas, perguntas importantes da ciência e questões (em matéria de conteúdo), que fomentaram a sua origem e a sua razão de existir no currículo escolar e na sala de aula do ensino de ciências/física.

Com este trabalho, espera-se contribuir com autores de livros didáticos e com docentes e estudantes, no sentido de fazer uso desta contextualização na problematização de aspectos que abarcam a ciência e todo o seu processo de desenvolvimento histórico-filosófico. Além disso, esta discussão também pode instrumentalizar a conceitualização e a construção de significados dos conteúdos científicos, promovendo uma abstração e compreensão crítica sobre a relação entre modelo teórico e realidade concreta para a ciência e para a vida cotidiana da classe docente e estudantil.

Por fim, e acima de tudo, deseja-se que a presente contextualização histórico-filosófica contribua para promover o pensamento crítico, o desenvolvimento cognitivo estudantil e a ressignificação dos conteúdos científicos, tendo presente a efetividade das teorias, como proposto por Larry Laudan. Para tanto, o anseio destes objetivos está sendo fortalecido por trabalhos já comunicados à comunidade do ensino de ciências/física, bem como em outros que serão dedicados a esta temática da contextualização histórico-filosófica.

## Agradecimento

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro de uma pesquisa mais ampla, cujos resultados vêm subsidiando trabalhos como este. Esse agradecimento também se estende às contribuições pertinentes e substantivas dos pareceristas, que auxiliaram no refinamento de todo o trabalho.

## Referências bibliográficas

AMARAL, P., E OLIVEIRA, C. E. Q. V. Astronomia nos Livros Didáticos de Ciências: uma análise do PNLD 2008. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 12, p. 31-55, jan. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2011.12.031>. Acesso em: 23 ago. 2023.

BARROS, J. A. **Fontes Históricas**: Introdução aos seus usos historiográficos. Petrópolis: Vozes, 2019.

BATISTA, C. A. dos S. *et al.* Vínculos epistemológicos entre saberes da ndc e o contexto investigativo antecedente ao nascimento da ciência moderna. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 14, 2023, Caldas Novas. **Anais eletrônico**. Campina Grande: Realize Editora, p.1-12, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/93345>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Q. Vínculos epistemológicos entre saberes da NdC e o contexto investigativo antecedente à tradição de pesquisa da ciência moderna. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 23, e41682, p. 1-30, ago-dez, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2023u601630>. Acesso em: 24 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Q. Vínculos epistemológicos entre saberes da ndc e o contexto investigativo da tradição de pesquisa grega antiga sob a lente da solução de problemas de Larry Laudan. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, e37848, p. 1-30, ago-dez, 2022a. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u12651294>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Q. Contextualizando conteúdos científicos fundamentais à compreensão docente e estudantil da relação terra-universo sob a lente epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 23-56, ago, 2022b. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p23>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da NdC articulados com a história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física: da Grécia antiga ao nascimento da ciência moderna no século XVII. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 13, 2021, ENPEC em Rede (On-line). **Anais eletrônico**. Campina Grande: Editora Realize, 2021, p. 1-7. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2021/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV155\\_MD1\\_SA103\\_ID278\\_30072021203257.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV155_MD1_SA103_ID278_30072021203257.pdf). Acesso em: 14 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S.; PEDUZZI, L. O. Q. A origem dos problemas empíricos astronômicos no longo contexto investigativo da tradição de pesquisa grega. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 18, 2020. **Anais eletrônico**. Sociedade Brasileira de Física, 2020, p. 1032-1039. Disponível em: [http://www1.fisica.org.br/~epf/xviii/images/Anais\\_XVIII-EPEF.pdf](http://www1.fisica.org.br/~epf/xviii/images/Anais_XVIII-EPEF.pdf). Acesso em: 14 mar. 2024.

BATISTA, C. A. dos S. **Um mergulho na história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física à luz da solução de problemas laudanianos: dos babilônios à gravitação newtoniana**. 2020. 480f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219562>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BERTRAND, J. **Os Fundadores da Astronomia Moderna: Copérnico, Tycho Brabe, Kepler, Galileu e Newton**. Tradução: Regina Schöpke e Mauro Baladi. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

BURTT, E. A. **The metaphysical foundations of modern physical science**. New York, United State of America: Dover Publications, 2003.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

COPÉRNICO, N. **As revoluções dos orbes celestes**. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2014.

COPÉRNICO, N. **Commentariolus**: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Introdução, tradução e notas Roberto de Andrade Martins. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro: Coppe: MAST, 1990.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, 3, p. 1-11, set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000300027>. Acesso em: 23 ago. 2023.

COSTA, S. L. R.; BORTOLOCI, N. B.; BROIETTI, F. C.; VIEIRA, R. M.; TENREIRO-VIEIRA, C. Pensamento Crítico no Ensino de Ciências e Educação Matemática: Uma revisão bibliográfica sistemática. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, 145-168, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p145>. Acesso em: 23 ago. 2023.

CROMBIE, A. C. **Augustine to Galileo. The History of Science A.D. 400-1650**. New York, United State of America: Harvard University Press, 1953.

CRUZ, N. R. História e Historiografia da Ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 161-178, dez. 2006. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtcc/v8n2/v8n2a05.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2023.

DAL MAGRO, T. Critério de decisão entre hipóteses científicas Rivais: Kuhn, Lakatos e Laudan. **Cognitio-Estudos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 174-190, jun-dez, 2013. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/cognitio/article/view/12701/13259>. Acesso em: 23 ago. 2023.

ÉVORA, F. R. R. **A Revolução Copernicana-Galileana: Astronomia e Cosmologia Pré-Galileana**. Campinas: Ed. da Unicamp, 1993. v. 1.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Tradução: Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenber. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985.

FLECK. L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução: George Otte e Mariana Camilo de Oliveira. Belo Horizonte: Febrefactum, 2010.

GAVROGLU, K. **O passado das ciências como história**. Porto, Portugal: Porto Editora, 2007.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, jun-dez, 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ/?format=pdf&lang=pt>.  
Acesso em: 23 ago. 2023.

GINGERICH, O. Crisis versus Aesthetic in the Copernican Revolution. **Vistas in Astronomy**, Chicago, v. 17, n. 1, p. 85-95, 1975. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0083-6656\(75\)90050-1](https://doi.org/10.1016/0083-6656(75)90050-1). Acesso em: 23 ago. 2023.

GINGERICH, O. **O livro que ninguém nunca leu**: em busca das revoluções de Nicolau Copérnico. Tradução: Bruna Harstein. Rio de Janeiro: Record, 2008.

GURID, V.; SALINAS, J.; VILLANI, A. Contribuciones de la epistemología de Laudan para la comprensión de concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes secundarios de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 97-117, mar. 2006. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/506/305>. Acesso em: 20 abr. 2023.

HADADD, T. A. S. Local, universal, (pós)(des)colonial...: o jogo de escalas no horizonte epistemológico e político da história das ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 39, n. 3, p. 612-629, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2022.e92069>. Acesso em: 19 set. 2023.

HEATH, T. **Aristarchus of Samos the ancient Copernicus**. New York, United State of America: Dover Publications, 2004.

JAMMER, M. **Conceitos de espaço**: a história das teorias do espaço na física. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.

JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q. De um Limiar de Conhecimentos ao Criar de Outros: Como Pode Vir a Ser o Mundo Físico na Perspectiva de Povos Originários? **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p.131-164, maio. 2022. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/1982-5163-2022.e80064>. Acesso em: 25 set. 2023.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As Concepções de Contextualização do Ensino em Documentos Curriculares Oficiais e de Professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 35-50, jan-jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>. Acesso em: 23 ago. 2023.

KOESTLER, A. **O Homem e o Mundo**: como a concepção do universo se modificou através dos tempos. 2. ed. São Paulo: Ibrasa, 1989.

KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

KOYRÉ, A. O significado da síntese newtoniana. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. S. (Org.). **Newton: textos, antecedentes, comentários**. Tradução: Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002. p. 84-100.

KUHN, T. **A tensão essencial**. Tradução: Marcelo Amaral. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2009.

KUHN, T. **A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1990.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid, Espanha: Alianza, 1989.

LANGHI, R.; E NARDI, R. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 87-111, abr. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055/12760>. Acesso em: 23 ago. 2023.

LANG, F. S. A premissa metafísica da revolução copernicana. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 407-410, abr. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6614/6106>. Acesso em: 23 ago. 2023.

LAUDAN, L. **O Progresso e seus Problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico**. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Unesp, 2011.

LEITE, F. A.; RADETZKE, F. S. Contextualização no Ensino de Ciências: compreensões de professores da educação básica. **Vidya**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 273-286, jan-jun, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/38300/751375148376>. Acesso em: 23 ago. 2023.

LOPES, M. H. O. **A retrogradação dos planetas e suas explicações: os orbes dos planetas e seus movimentos, da antiguidade a Copérnico**. 2001. 245 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, R. A. Ciência *versus* historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: GOLDFARB, A. M. A.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004. p. 115-147.

MARTINS, R. A. Introdução, tradução e notas. **Commentariolus**: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro: Coppe: MAST, 1990.

MEDEIROS, A.; MONTEIRO, M. A. A Invisibilidade dos Pressupostos e das Limitações da Teoria Copernicana nos Livros Didáticos de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 28-50, abr. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9293/8584>. Acesso em: 23 ago. 2023.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino de física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-13, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725>. Acesso em: 23 ago. 2023.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Século XXI: desafios e equívocos. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 2, n. 3, p. 80-94, abr. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/19959/18380>. Acesso em: 23 ago. 2023.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, supl. 1, e20200451, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 23 ago. 2023.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Epistemologias do século XX**. São Paulo: Pedagógica Universitária Ltda., 2011.

NASCIMENTO, C. A. R. A Carta de Galileu à Grã-Duquesa Cristina de Lorena. **Discurso**, São Paulo, n. 31, p. 323-328, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2318-8863.disc..2000.38042>. Acesso em: 23 ago. 2023.

NUNES, R. C.; E QUEIRÓS, W. P. Visões deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, Vigo, v. 19, n. 2, p. 295-319, 2020. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC\\_19\\_2\\_3\\_ex1506\\_36F.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_2_3_ex1506_36F.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

OLIVEIRA FILHO, K. D.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 1-9, 2018. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>. Acesso em: 23 ago. 2023.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H.; RICCI, T. F.; PRADO, S. D. Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 7, n. 2, p. 336-386, 2008. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART6\\_Vol7\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART6_Vol7_N2.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

OVANDO, M. M.; CUDMANI, L. C. Primeros resultados de una experiencia piloto sobre enseñanza de la física en carreras de ingeniería agronómica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 223-242, dez. 2004. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/527>. Acesso em: 23 ago. 2023.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e Movimento: de Thales a Galileu**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. Disponível em: [https://be37fb0e-ff6f-47d2-bea9-9e97e816116d.filesusr.com/ugd/7d71af\\_2e0856ef1c9f4881bb6edecebc8951aa.pdf](https://be37fb0e-ff6f-47d2-bea9-9e97e816116d.filesusr.com/ugd/7d71af_2e0856ef1c9f4881bb6edecebc8951aa.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

PESA, M.; OSTERMANN, F. La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 84-99, jun. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10056/15386>. Acesso em: 23 ago. 2023.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. Tradução: Sérgio Bath. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.

PORTO, C. M. A Revolução Copernicana: aspectos históricos e epistemológicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, e20190190, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0190>. Acesso em: 23 ago. 2023.

RAIČIK, A. Um resgate histórico-epistemológico do átomo de Bohr: uma gênese nem sempre contada e suas implicações ao ensino de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 45, e20230039, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0039>. Acesso em: 23 ag. 2023.

REPCHECK, J. **O segredo de Copérnico**: como a revolução científica começou. Tradução: J. R. Souza. Rio de Janeiro: Record, 2011.

RICARDO, E. C. Problematização e Contextualização no Ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. (Coleção Ideias em Ação). 1 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 29-51.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciências & Ensino**, Campinas, v. 1, n. esp., p.1-12, nov. 2007. Disponível em: <http://200.133.218.118:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/issue/view/15>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SARAIVA, M. F. **Fundamentos de Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula3-141.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SCHIESSL, M. Ontologia: o termo e a ideia. **Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Florianópolis, v. 12, n. 24, p. 172-181, dez. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2007v12n24p172/415>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SOBEL, D. **Um céu mais perfeito**: como Copérnico revolucionou o cosmos. Tradução: Ana Cláudia Ferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

SOUZA, G. F.; AZEVEDO FILHO, J. S. Considerações sobre a disponibilidade dos tópicos de astronomia em livros didáticos de Física no PNL D 2018. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 38, n. 1, p. 66-83, abr. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/73273/45509>. Acesso em: 23 ago. 2023.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 163-242, jan-mar. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/GMVMV8cdGj8F4PDTdnpjxgm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 ago. 2023.

THIARA, A. C.; MACIEL, L. P.; OLIVEIRA, D.; SIQUEIRA, M. Transposição Didática: A radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNL D 2018. **Latin American Journal of**

**Physics**, Ciudad de México, v, 16, n. 1, p. 1-10, mar. 2022. Disponível em: <http://www.lajpe.org>. Acesso em: 23 ago. 2023.

TORT, A. C.; NOGAROL, F. Revendo o debate sobre a idade da Terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1603-1609, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100026>. Acesso em: 23 ago. 2023.

TOSSATO, C. R. Carta de Tycho a Johannes Kepler em Graz. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 575-8, dez. 2004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ss/article/view/11023/12791>. Acesso em: 23 ago. 2023.

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e história da ciência. **Revista Escritos**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 11-158, 2007. Disponível em: [http://escritos.rb.gov.br/numero01/FCRB\\_Escritos\\_1\\_6\\_Antonio\\_Augusto\\_Passos\\_Videira.pdf](http://escritos.rb.gov.br/numero01/FCRB_Escritos_1_6_Antonio_Augusto_Passos_Videira.pdf). Acesso em: 19 set. 2023.

VILLANI, A.; BAROLLI, E.; CABRAL, T. C.; FAGUNDES, M. B.; YAMAZAK, S. C. Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: Analogias para o ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 37-55, abr. 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7039/6515>. Acesso em: 23 ago. 2023.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma Licença Creative Commons.