



## AS MICRO E MACRO RUPTURAS NOS MODELOS PTOLEMAICO E KEPLERIANO: REFLEXÕES PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

### MICRO AND MACRO RUPTURES IN THE PTOLEMAIC AND KEPLERIAN MODELS: REFLECTIONS FOR ASTRONOMY EDUCATION

Lisbeth Lorena Alvarado-Guzmán<sup>1</sup>, Erick Elisson H. Ribeiro<sup>2</sup>, Roberto Nardi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UNESP/Faculdade de Ciências, lisbeth.alvarado@unesp.br

<sup>2</sup> UEPA, erick.ribeiro@uepa.br

<sup>3</sup> UNESP/Faculdade de Ciências, roberto.nardi@unesp.br

**Resumo:** *No presente trabalho abordamos a questão da constituição e transição dos modelos astronômicos de Ptolomeu a Kepler na busca de elementos que permitam compreender as características epistemológicas e sociais daquilo que denominamos de micro e macro rupturas, e assim propor reflexões para o ensino da astronomia. Isso é feito a partir dos pressupostos kuhnianos da revolução científica e dos paradigmas que propõem uma abordagem da História da Ciência, afastando-se das visões apodíticas e lineares. Pelo contrário, com base na discussão destas transições paradigmáticas pretende-se fazer novas perguntas que mostram a complexidade da constituição da Ciência e as contribuições da astronomia para ela. Há evidências de um papel fundamental das dimensões das micro e macro rupturas nos modelos matemáticos e na necessidade de combinar astronomia e física. Essas contribuições são coletadas para pensar o ensino da astronomia como um elemento-chave para mudar a visão da ciência e aprofundar o papel do homem na construção do conhecimento científico desde uma perspectiva sociopolítica e sociocultural da ciência e seu ensino.*

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia; Micro e macro rupturas; Teoria Heliocêntrica; Teoria Geocêntrica; História da Ciência.

**Abstract:** *In this paper we address the issue of the constitution and transition of astronomical models from Ptolemy to Kepler in search of elements that allow understanding the epistemological and social characteristics of what we call micro and macro ruptures, and thus propose reflections for the teaching of astronomy. This is done from the Kuhnian assumptions of the scientific revolution and the paradigms that propose an approach to the History of Science, moving away from apodictic and linear views. On the contrary, based on the discussion of these paradigmatic transitions it is intended to ask new questions that show the complexity of the constitution of science and the contributions of astronomy to it. There is evidence of a fundamental role of the dimensions of micro and macro ruptures in mathematical models and the need to combine astronomy and physics. These contributions are collected to think of the teaching of astronomy as a key element to change the view of science and deepen the role of man in the construction of scientific knowledge from a sociopolitical and sociocultural perspective of science and its teaching.*

**Keywords:** Astronomy teaching; Worldview; heliocentric theory; geocentric theory; History of science.



## INTRODUÇÃO

A astronomia ocupa um lugar privilegiado na História da Ciência. Muitos dos avanços e formas de conceber o mundo nasceram nela. Precisamente, neste trabalho mostra que as mudanças no conhecimento científico também vêm de mãos dadas com as mudanças sociais, políticas e epistemológicas. Para isso nos perguntamos: Qual a importância das micro e macro rupturas que têm lugar no modo de conceber o Universo no passo do modelo ptolomaico para o modelo kepleriano? De que forma estas rupturas podem ter se associado às questões científicas, sociais, e filosóficas da época?

Para responder a estas questões, analisamos as mudanças que ocorrem desde os primeiros modelos propostos pelos filósofos gregos dentre os quais estão Aristóteles e Ptolomeu, até o modelo copernicano que foi estabelecido e reconhecido postumamente sob figuras tão importantes como Galileu Galilei e Johannes Kepler. Do ponto de vista metodológico, adotamos a perspectiva teórica de Thomas Kuhn (1996) como um dispositivo para analisar o desenvolvimento de paradigmas ao longo do tempo, bem como os processos de rupturas internas destes (crise) e o surgimento de novos modelos (novo paradigma), para depois discutir as rupturas epistemológicas, sociais e políticas associadas (revolução). A distinção e o trabalho realizado pela professora Ana Rioja (2007; 2010) sobre as teorias do Universo e da História da Astronomia também foram retomados. Isso porque considera-se que explorar a História da Astronomia sob a premissa kuhniana de fazer novas perguntas nos permitirá entender por que a questão é considerada relevante na reflexão com professores de ciências naturais e sobre a base disso, propor alguns elementos para o ensino de astronomia.

### ***Alguns modelos sobre o universo: características, rupturas e o estabelecimento de paradigmas***

Ainda que muitos povos da antiguidade tenham empreendido observações astronômicas, a escola grega de filósofos naturais e matemáticos se mostrou bastante promissora no que se refere à relação homem-natureza, à interpretação do céu, e à elaboração de modelos de explicação da estrutura e funcionamento do universo, conjunto este que podemos chamar de Cosmovisão. Estas, em geral, se configuravam, não apenas como meras teorias empíricas sobre a natureza dos astros celestes, pautadas em elementos da geometria e da matemática, mas também influenciavam na maneira de agir e pensar no contexto social, político e religioso dos indivíduos.

De forma mais sistematizada, foi na academia de Platão que nasceram modelos planetários que tinham como principais pressupostos a ideia de que o movimento dos astros celestes era uniforme, em trajetórias circulares e regulares em torno da Terra. Aristóteles, por sua vez, também elaborou um modelo empírico de explicação baseado na ideia de um universo finito e preenchido materialmente pela quintessência, onde se situavam as esferas celestes concêntricas que delimitavam as regiões sublunar, onde ocorriam os fenômenos terrestres, e supralunar onde ocorriam os fenômenos celestes (RIOJAS, 2010).

Outra cosmovisão que ganhou notoriedade no contexto grego foi proposta por Ptolomeu a partir de diversos estudos empíricos e matemáticos que lhe renderam a publicação de várias obras como o *Almagesto* (Século II) e a elaboração do seu



Catálogo de Estrelas. Tomando como referência os modelos geocêntricos de Aristóteles, Ptolomeu propôs um modelo que foi aperfeiçoado com a contribuição de outros contemporâneos, baseados em argumentos geométricos, para explicar o movimento retrógrado e acelerado dos planetas criando a ideia de epiciclos, adotando a terra como centro do sistema e os demais corpos em órbitas, o que resolvia os principais problemas e questionamentos dos demais modelos da época.

Partindo de uma perspectiva Kuhniana de análise do desenvolvimento histórico da ciência (KUHN, 1996), e tendo em vista nosso objetivo, nos interessa ensaiar uma análise das características dos processos de rupturas de naturezas epistemológicas e sociais presentes nos respectivos contextos. Dessa maneira, podemos dizer que a gênese destes modelos planetários propostos pelos gregos desencadeou o estabelecimento, a priori, de uma cosmovisão geocêntrica que se construiu e reconstruiu ao longo do tempo, se constituindo como o paradigma vigente ao longo de muitos séculos subsequentes. No entanto, no processo de consolidação deste paradigma, sobretudo na transição do modelo aristotélico para o modelo ptolomaico, podemos perceber que houveram perguntas e fenômenos que o primeiro não era capaz de responder, como a questão dos movimentos retrógrados e acelerados de alguns planetas, configurando assim uma anomalia que colocava em risco, de certa forma, o Paradigma Geocêntrico (PG).

No âmbito de nossa análise, podemos chamar de micro rupturas este movimento interno de mudanças de pressupostos teóricos ou ideias auxiliares que apenas produzem ressignificações e adaptações às anomalias, mas que não resultam em uma mudança do paradigma. No caso da emergência do modelo de Ptolomeu, não houve uma mudança de paradigma pois o modelo geocêntrico permanecia, entretanto, houveram micro-rupturas na dimensão epistemológica ao buscar fundamentação em argumentos geométricos como uma nova forma de validação do conhecimento astronômico; na dimensão filosófica e social, ao romper com a ideia de perfeição do universo, que por sua vez deveria ser observada a partir do movimento dos astros associado a trajetórias perfeitamente circulares; e por fim interferia na dimensão religiosa uma vez que os planetas eram considerados a representação de deuses mitológicos e a imperfeição do movimento poderia ser atribuída como uma fraqueza ou uma aproximação entre a natureza divina e a imperfeição humana que era um dos pilares do politeísmo grego.

O Modelo Ptolomaico se tornou a cosmovisão dominante no contexto filosófico e científico ao longo dos séculos seguintes com a emergência do Império Romano, e integrou o discurso oficial da Igreja Católica quando esta estabeleceu seu poder religioso e sobretudo político, atribuindo o critério de validação deste modelo via autoridade religiosa sob o pretexto da divina e perfeita criação de Deus.

A partir de seus estudos e observações sistemáticas, Nicolau Copérnico (1473-1543) elaborou na primeira metade do século XVI um novo modelo de compreensão do universo baseado em três pilares de argumentação: 1) A Terra gira sobre seu próprio eixo uma vez a cada 24 horas; 2) A Terra é apenas mais um planeta entre outros; 3) e por fim, a Terra gira em torno do sol. Como tais ideias colocavam em xeque alguns dos principais pressupostos do paradigma geocêntrico, iniciava-se um processo de transição paradigmática que, segundo Thomas Kuhn resultou na Revolução Copernicana (KUHN, 1979). O modelo proposto por Copérnico não rompia totalmente com os pressupostos anteriores e, portanto, nasceu dentro do paradigma vigente, porém tinha como principal mudança a ideia de que a Terra não estava no



centro do universo, mas sim o Sol, atingindo em cheio o núcleo da cosmovisão geocêntrica e inaugurando a cosmovisão heliocêntrica.

Seguindo nossa proposta de análise, podemos chamar de macro rupturas este movimento interno e externo de mudanças de pressupostos teóricos ou ideias auxiliares provenientes das anomalias e suas respectivas crises que resultam em uma mudança de paradigma, visto que atingem as dimensões científicas, sociais, filosóficas e religiosas da época. Segundo nosso ponto de vista, essas macro-rupturas são os principais fatores que desencadeiam uma Revolução Científica levando em conta a perspectiva Kuhniana.

Neste sentido, a nova cosmovisão copernicana trouxe macro rupturas que vão desde o âmbito científico e epistemológico, como também filosófico, social e político-religioso. No que diz respeito à dimensão científica e epistemológica, houve um rompimento teórico com a ideia dominante entre astrônomos de que a Terra estava no centro do universo, a qual perdera todo o status astronômico para se converter em apenas mais um planeta a mover-se em torno do Sol. Ao mesmo tempo, essa macro ruptura proporcionou uma reforma epistemológica acerca não somente dos conceitos fundamentais da astronomia como dos métodos teóricos e matemáticos de sua construção, o que implicaria fortemente no desenvolvimento de outras teorias físicas no futuro. Do ponto de vista filosófico, podemos perceber que a cosmovisão copernicana trouxe também macro rupturas na forma de compreensão e interpretação filosófica do homem acerca da natureza e da própria relação do homem com esta, pois, se antes o homem estava no centro do universo e desfrutava de um status superior nele, agora era levado a refletir e reconsiderar seu papel existencial dentro da estrutura universal, e, por último, nos aspectos sociais, políticos e religiosos, as macro rupturas se deram no estabelecimento de uma nova concepção de sociedade.

Reforçando o caráter provisório e não linear do conhecimento científico, a teoria heliocêntrica, a partir do modelo copernicano, não foi suficiente para dar conta de novas questões que surgiram posteriormente, dentre as quais estão as discrepâncias identificadas por Tycho Brahe (1546-1601) para a órbita de Marte, que parecia não seguir a órbita circular prevista, constituindo assim uma anomalia do novo paradigma. Este como outros fatos foram estudados e analisados por Johannes Kepler, que publicou suas conclusões nos livros “Astronomia Nova” e “Harmonices Mundi” respectivamente em 1609 e 1619. Nestas obras, Kepler apresenta novas ideias a partir de um grande número de observações astronômicas e cálculos matemáticos que iam além da geometria e, portanto, considerados modernos para sua época, as quais ficaram conhecidas como as Leis de Kepler. Estas obras, por sua vez, continuavam admitindo que a Terra e os demais planetas se movimentavam em torno do Sol, como na cosmovisão copernicana, porém, diferenciando-se desta porque rompia com o pressuposto de que estes deveriam executar órbitas circulares e com velocidades uniformes, mas sim, que estas órbitas foram elípticas, que os planetas tinham velocidades variáveis que dependiam do raio da órbita, que por sua vez estava relacionada ao período de translação em torno do sol, que por fim, não mais se localizava no centro, mas em um dos focos geométricos desta elipse. Neste aspecto, essa mudança de pressupostos pode ser considerada, de acordo com nossa proposta de análise, uma micro-ruptura científica pois rompe com ideias e conceitos anteriores sem alterar o paradigma vigente na perspectiva kuhniana.



## ***A importância dos modelos matemáticos na constituição das cosmovisões do universo***

A relação entre matemática e astronomia é um dos pontos centrais na análise das visões de mundo e suas mudanças ao longo da história. Assim, ao recordar o salto que os gregos deram à ordem do céu e da terra, a geometria euclidiana desempenhou um papel central. Atendendo às figuras geométricas e suas propriedades, o círculo e a esfera ocupam um lugar privilegiado para sua simetria em relação a um ponto chamado centro. A escola pitagórica estabeleceu uma ordem da natureza baseada na geometria. Isso implica relacionar as coisas da natureza com figuras geométricas e suas propriedades: geometrizar o mundo. Nesta ordem de ideias, o círculo foi concedido ao céu, assim:

Las propiedades de los números gobiernan todas las cosas, desde el cuerpo humano a los cuerpos celestes. Ello significa que tanto las distancias a las que éstos se hallan unos de otros como sus movimientos han de ser armónicos. No cabe concebir la menor irregularidad o asimetría en los desplazamientos que tienen lugar en el Cielo. Luego, los movimientos aparentemente desordenados del Sol o de la Luna han de ser reducidos a movimientos que adopten la figura simétrica por excelencia, el círculo (NIETO & ORDÓÑEZ; 2007 p.33).

Se o círculo descreve os movimentos das estrelas celestes, que deduções podem ser feitas deste modelo? De acordo com a simetria do círculo, os tempos que os planetas viajam no céu devem ser iguais entre os raios opostos e o ponto de partida deve ser o mesmo que o da chegada. No entanto, observações do céu mostram que apenas as estrelas satisfazem essa condição, porém a Lua, o Sol e os planetas visíveis não.

Particularmente, o Sol nasce, a cada dia, mais em direção ao norte do leste e fica oculto a oeste, além da diferença entre o tempo que leva a lua para completar uma volta ao redor da terra e o tempo que leva para voltar a estar na nova fase. Como esses fenômenos são explicados a partir do modelo geométrico? Existe outra curva que melhor descreve os movimentos dos planetas? A resposta a essa pergunta é pensar na composição e decomposição dos movimentos. Assim, por exemplo, um polígono com mais de três lados pode ser decomposto em triângulos, que seria o polígono mais simples, os movimentos aparentes do sol e da lua, também podem ser pensados como composições de movimentos circulares. Assim, Eudoxo (408-355 a. C.) mostra um sistema de 27 esferas concêntricas e com diferentes inclinações ao redor da terra que explicam o movimento das estrelas celestes.

O trabalho desenvolvido por Aristóteles (384-322 a.C.) é de grande importância porque fundamenta a física dos céus e da terra. Embora não contribua para a Astronomia geométrica, estabelecerá um modelo filosófico do Cosmos que explicará as diferenças entre o céu e a terra, mantendo os pressupostos platônicos de ordem, simetria, regularidade e hierarquia para o mundo supralunar e a organização de um sistema. Uma observação inquietante para os astrônomos é o movimento de retrogradação dos planetas. Embora seja conhecido que em algum momento os planetas parecem parar e retornar sua marcha para continuar em frente, a ênfase agora está nas diferenças de retrogradação, ou seja: Mercúrio e Vênus têm seus movimentos de retrogradação quando estão em conjunção com o Sol, por outro lado, os planetas superiores o fazem quando estão em oposição ao Sol. Como se evidencia, pouco a pouco a mudança do ponto de referência é mostrada: da Terra ao Sol.



Neste caso, foram acrescentadas circunferências concêntricas ao sol que, combinadas com o movimento circular do planeta, explicavam, do ponto de vista da Terra, a retrogradação dos planetas. Isto implica que não há um único centro no modelo ptolomaico (não deve ser entendido como um modelo de Claudio Ptolomeu, mas como um modelo desenvolvido em uma escola de pensamento que foi consolidada com a contribuição dos astrônomos ao longo de um século), mas múltiplos centros com os quais temos um novo modelo matemático astronômico: o modelo dos epiciclos-deferentes. No entanto, ainda existe um fenômeno que escapa à explicação anterior. Os laços que se formam na retrogradação dos planetas não conservam o mesmo tamanho. Isto implica que a velocidade angular do movimento dos planetas no epiciclo não pode ser uniforme. Para isso, Cláudio Ptolomeu propôs o modelo excêntrico-ecoante. Isto é:

“El movimiento del centro del epiciclo que traza el deferente no es uniforme con respecto al centro de su movimiento circular sino con respecto a un tercer punto (distinto del centro del deferente y distinto del centro de la Tierra). Dicho punto ha de estar en la recta que une el centro del deferente excéntrico con el de la Tierra y a una distancia de dicho centro del deferente igual a la que está la Tierra. Resulta así que el radio vector que une el nuevo punto con el centro del epiciclo es el que barre ángulos iguales en tiempos iguales” (NIETO & ORDOÑEZ; 2007, p. 74)

Podemos notar que até agora, o modelo geométrico que foi apresentado é mantido através do uso da esfera e do círculo, isto é, através da propriedade da uniformidade para explicar os movimentos dos corpos celestes, logo podemos considerar que todas as mudanças de pressupostos matemáticos se configuraram como micro-rupturas dentro do paradigma geocêntrico. Porém, com Ptolomeu é acrescentada a necessidade de observar o céu e colecionar tabelas astronômicas para contrastar a teoria com os fenômenos e poder fazer previsões. Isso mostra que a astronomia é apresentada como uma ciência da ordem através da geometria e da razão. No entanto, não podemos confundir astronomia com física neste momento da história. Embora Aristóteles mostre que é possível fazer uma física do céu e da Terra, a astronomia manterá os pressupostos hierárquicos da escola platônica. Ou seja, o astrônomo estava preocupado em criar leis e encontrar a verdade em fenômenos aparentes, sem sequer explorar as causas desses comportamentos dos corpos celestes ou propondo uma teoria do cosmos.

Mais uma vez surge o problema do movimento retrógrado aparente. No entanto, a explicação do sistema heliocêntrico se torna mais simples, pois pode ser demonstrada geometricamente a formação da laçada, como resultado do movimento da Terra em relação aos outros planetas, mas ainda não pode explicar a aparente mudança na velocidade dos planetas, a fim de manter o círculo como modelo orbital, logo a constância da velocidade angular é questionada. É interessante notar que na transição paradigmática do modelo geocêntrico para o heliocêntrico, a ideia de órbitas circulares permanecia em pauta. Embora essa peça do quebra-cabeça persistisse até esse momento, o sistema copernicano era o mais eficiente em explicar os fenômenos observáveis no céu usando a razão. Vale lembrar que o cosmo platônico precisa de simetria que não seja representada apenas nas órbitas circulares, mas na proporção das magnitudes. Assim, *“a suposição inicial nos sistemas Ptolomaico e Copernicano é a mesma: quanto mais longe um planeta está do centro, mais tempo leva para percorrer sua órbita”*. (NIETO & ORDOÑEZ; 2007, p. 146-147). Isso se aplica perfeitamente aos planetas superiores, mas não ao Sol, Mercúrio e Vênus porque esta



última tem um alongamento máximo limitado. Com a nova organização copernicana, esse axioma assume todo o significado e permite estabelecer uma ordem de acordo com a teoria que simplificará a organização, mostrando que Mercúrio está mais próximo do Sol do que Vênus.

Os novos copernicanos iriam ecoar uma questão central: a finitude ou infinitude do universo, eliminando assim a esfera das estrelas, abrindo um universo homogêneo onde a hierarquia do Céu-Terra é resolvida. Mas é Kepler (1571-1630) quem assume o projeto platônico de organização do universo através de leis que farão uso de uma matemática mais ampla para unir astronomia e física. Seu trabalho é fortemente influenciado por Copérnico (1473-1543) e Tycho Brahe (1546-1601). Para este segundo, ele teve a possibilidade de acessar dados mais precisos sobre as posições das estrelas e a preocupação de reduzir o erro nas observações astronômicas.

Brahe havia iniciado a tarefa de corrigir as tabelas astronômicas que circulavam até então, e instrui Kepler a estudar a órbita de Marte, sob os postulados ptolemaicos. No entanto, quando Brahe morreu, logo após essa designação, Kepler conseguiu começar sua própria pesquisa sob postulados copernicanos e construir uma nova visão do universo e seu funcionamento, usando princípios platônicos. Para ele, a ideia de proporção e simetria encontrada nos gregos se tornou muito importante, por isso, ao substituir as órbitas esféricas dos planetas pelos sólidos platônicos embutidos nelas, mostrou uma tentativa de responder às perguntas: por que esse número de planetas e não outro? Por que a organização que existe dos planetas em relação ao Sol e não a outra? Além disso, ele estudou cuidadosamente a órbita da Terra em relação a Marte, mostrando que ela também é excêntrica com o Sol como um ponto de referência, mostrando que ele se move e o faz de forma desigual em relação ao Sol. No entanto, ao retornar para a órbita de Marte, é evidente que isso não pode ser explicado através das equações da excentricidade, pois o erro entre as previsões e os dados é superior a 8 minutos de arco, portanto, fez uso da tentativa e erro para construir a órbita deste planeta. É evidente que a órbita não é circular, mas “ovoide”, por isso decidiu admitir uma semelhança à figura geométrica mais estudada em relação a isto: a elipse. O estudo da elipse tem duas importantes obras gregas: a) Na cônica de Apolônio de Perga (262 a.C- 190 a.C) que tratou do problema da duplicação do cubo b) O trabalho de Arquimedes (287 a.C-212 a.C) nas cônicas e esferoides (NIETO & ORDOÑEZ, 2007). Esta mudança de pressuposto das órbitas, agora consideradas elípticas, pode ser considerada uma micro-ruptura interna do modelo heliocêntrico fundamental para concluir a revolução copernicana e modificar de vez o paradigma vigente. Para concluir, as contribuições de Kepler para a Astronomia mostram uma visão de mundo mais ampla no relacionamento Céu-Terra mediado pela razão e pela matemática.

### **Algumas considerações para o ensino de Astronomia**

Ao observarmos uma parte do percurso histórico e o desenvolvimento da astronomia enquanto uma ciência delimitada e com seu próprio arcabouço teórico, podemos perceber que se trata de um conjunto de conhecimentos que interfere diretamente na cosmovisão do ser humano. Esta vontade de compreender a natureza, sua própria maneira de se relacionar com ela e com os demais indivíduos sempre fez e ainda faz parte do processo de autoconhecimento, por isso deve ser considerada



com fundamental importância. Desde a educação básica, passando pelas carreiras de nível superior, e principalmente, na formação inicial e continuada dos professores de ciências, são muitos os argumentos que reforçam a importância da inclusão do conhecimento astronômico nos currículos como apontam (CANIATO;1974, LANGHI E NARDI; 2011, 2013). Passando por argumentos epistemológicos, filosóficos, sociais, educacionais e práticos, todos concordam que a astronomia pode oferecer subsídios importantes no processo de ensino-aprendizagem no que se refere a formação de conceitos, a compreensão de teorias, a possibilidade de entender o funcionamento do universo, e estreitar a distância da relação homem-natureza (HEISENBERG; 1969) e principalmente homem-universo sob as lentes do conhecimento científico.

Retomando o percurso histórico da astronomia, vemos que os modelos sobre o universo foram marcados por micro e macro rupturas internas e externas que levaram a revoluções que tiveram grandes proporções e um alcance muito além do contexto científico, mas dentro de uma complexa rede de relações entre os demais contextos da atividade humana. Logo, seu papel na constituição de uma cosmovisão que, além do saber científico, também adota outras formas de saberes epistemologicamente equivalentes, pode ser considerado de grande importância. Neste caso vemos a importância da matemática na constituição da cosmovisão, pois através dela desenvolvem formas de explicar e modelar o universo. Para finalizar, consideramos fundamental a dimensão filosófica e o resgate de sua potencialidade na formação da cosmovisão humana contemporânea e no âmbito da formação de professores de ciências. Nesse sentido, a análise de episódios históricos se mostra como uma poderosa ferramenta para desenvolver a competência meta-científica em professores de ciências e para abordar conteúdos epistemológicos, históricos e sociológicos na busca de construir imagens contemporâneas da ciência (ADÚRIZ-BRAVO, 2017) e ressaltar o caráter interdisciplinar da Astronomia e seus possíveis diálogos com outras disciplinas científicas. Tais ações podem favorecer grandemente a formação de professores para o ensino de Astronomia e oportunizar situações de aprendizagem mais profundas e significativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Desafíos de la enseñanza de la epistemología al profesorado de ciencias. **Obstáculos epistemológicos en la enseñanza y el aprendizaje de la filosofía y de la ciencia**. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Psicología, 2017. p. 51–67.
- CANIATO, R. **Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Física**. 586f. v.4. Tese de Doutorado em Física, UNESP, Rio Claro, 1974.
- HEISENBERG, W. GABRIEL, A., & PASCUAL, F **La imagen de la naturaleza en la física actual**. Seix Barral, 1969.
- KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectivas, 1996.
- KUHN, Thomas S. **Revolução copernicana**. Lisboa. Edições 70, 1979.
- LANGHI, R; NARDI, R. **Educação em Astronomia: Repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, 2012.



NIETO, A. **Del Cielo a la Tierra**: La astronomía de los siglos XVII y XVIII y sus consecuencias epistemológicas. *Mètode: Anuario*. n. 2010, p.192-197, 2010.  
NIETO, A; ORDÓÑEZ, J. **Teorías del universo**. Síntesis, 2007.