



---

# **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**

---

**Revista Latinoamericana de Educación em Astronomía  
Latin-American Journal of Astronomy Education**

**n. 35, 2023**

**ISSN 1806-7573**

**REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA**

---

Editores

Paulo Sergio Bretones (DME/UFSCar)

Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)

Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)

Néstor Camino (FHCS/UNPSJB)

Editores Associados

Paula Cristina Gonçalves (SME/Rio Claro)

Silvia Calbo Aroca (Colégio Planeta)

Sônia E. M. Gonzatti (CETEC/UNIVATES)

Assistente de Editoração

Walisson M. M. Oliveira (IFB)

Auxiliar de Editoração

Gustavo Ferreira de Amaral (UFSCar)

Direitos

© by autores

Todos os direitos desta edição reservados

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

É permitida a reprodução para fins educacionais mencionando as fontes

Esta revista também é disponível no endereço: [www.relea.ufscar.br](http://www.relea.ufscar.br)

Bibliotecária: Rosemeire Zambini CRB 5018

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca comunitária da UFSCar

*Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* / Universidade Federal de São Carlos.  
n.35 (2023). São Carlos: 2023.

**ISSN: 1806-7573**

**Revista em Português, Inglês e Espanhol**

1. Astronomia – estudo e ensino – periódicos. | Universidade Federal de São Carlos.

CDD – 520.07

### Editorial

Conforme anunciamos no número anterior, a Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) tem o objetivo de ser publicada nos meses de Abril e Outubro, continuando com a periodicidade bianual. Esperamos que esta mudança ajude a organizar as agendas de autores e árbitros.

Contudo, essa proposta será implantada a partir do número 37. Desafortunadamente, nos deparamos com questões de saúde sérias que acometeram nosso querido editor Prof. Dr. Paulo Sergio Bretones e impossibilitaram a concretização desse plano já neste número 35.

Um anúncio importante para os autores resulta da constatação da formatação dos artigos enviados. Embora exista o *template*, o padrão das referências etc., os artigos continuam sendo submetidos muitas vezes quase em formato *freestyle*. Para evitar esta carga de trabalho para o corpo de RELEA, que não possui equipe técnica contratada, procederemos a rejeitar sumariamente o processamento dos artigos até que estejam na formatação correta por completo (em particular, as referências e as figuras produzidas) a partir do número de Outubro. Ou seja, sem a formatação adequada, não daremos sequência à avaliação.

Neste número contamos com seis artigos:

*A Educação em Astronomia contextualizada e as diversas dimensões e escalas: micro, macro horizontal e vertical*, de Paula Cristina da Silva Gonçalves e Maurício Compiani. Neste artigo Gonçalves e Compiani abordam a questão da espacialidade astronômica e sua relação com o cotidiano dos estudantes, visando uma visão integrada baseada nos conceitos de Piaget.

*A Epistemologia Genética no desenvolvimento da relação período-luminosidade de Henrietta Leavitt*, de Bárbara de Almeida Silvério, Camila Maria Sitko e Alexandre Luiz Polizel. Os autores analisam o processo de aprendizagem pelo qual deve ter passado a astrônoma Henrietta Leavitt, uma das pioneiras da Astronomia nos primórdios do século XX. Dois artigos desta autora que lidam com a relação período-luminosidade foram utilizados para mostrar o desenvolvimento das fases do conhecimento propostas por Piaget.

*Ensino não formal, informal e divulgação da Astronomia: contribuições de um grupo de estudos*, de Thaiana Magna Moura Saldanha, Leonardo Tavares de Oliveira, Fernando Martins de Paiva, Francisco Gomes Menezes da Silva e Larissa Almeida Batista. O artigo expõe a contribuição do Grupo GEAZ do estado de Ceará em várias frentes educativas, com ênfase para o papel do planetário itinerante e observação com telescópio realizadas ao longo de três anos.

*SpaceEngine como ferramenta didática para o ensino de Astronomia: Investigando o Sistema Solar e a viabilidade da vida fora da Terra*, de Uiliam Alves Almeida, Roberto Ferreira Claudino, Tânia Maria Hetkowski, Mariana Lemos Moreira, Maria Eduarda da Silva Cruz, Ernande Oliveira Souza e Jacquelline Viana Fernandes. Desenvolvimento de um trabalho que utiliza uma ferramenta de software *SpaceEngine* como ponto de partida para subsidiar atividades do professor testadas com um grupo de estudantes de Licenciatura, mostrando as possibilidades de ampliação e melhorias futuras.

*Erros conceituais de Astronomia em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias - PNL D 2021*, de Paulo Henrique Azevedo Sobreira e José Pedro Machado Ribeiro. Sobreira e Machado Ribeiro esmiuçaram os (vários) erros de vários tipos encontrados

no PNLD 2021 e levantam a questão da sua adequação já que embora passaram nos Editais mas seriam reprovados se aplicados os critérios que requerem acurácia explícitos neles.

*O Renascimento assombrado pela simetria e perfeição: reflexões a partir da revolução Copernicana*, de Johnnie Richard Pereira e Antônio Marcelo Martins Maciel. As ideias de simetria e perfeição são postulados metafísicos que pairam em toda a Ciência, em particular Pereira e Martins Maciel as discutem no desenvolvimento da Ciência no Renascimento, período muito especial onde coexistem amarras antigas e novas perspectivas, hoje talvez impensadas.

Mais informações sobre a Revista e instruções para autores constam do endereço: <[www.relea.ufscar.br](http://www.relea.ufscar.br)>. Os artigos poderão ser redigidos em português, castelhano ou inglês.

Agradecemos aos Sres. Walisson Aparecido de Oliveira e Gustavo Ferreira de Amaral pela editoração dos artigos, aos Editores Associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos auxiliaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Editores

Paulo S. Bretones

Jorge E. Horvath

## Editorial

Como anunciamos en el número anterior, la Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía (RELEA) tiene como objetivo ser publicada en los meses de Abril y Octubre, continuando con la periodicidad bianual. Esperamos que este cambio ayude a organizar las agendas de autores y árbitros.

Sin embargo, esta propuesta se implementará a partir del número 36. Desafortunadamente, nos encontramos con problemas de salud serios que afectaron a nuestro querido editor, el Prof. Dr. Paulo Sergio Bretones, e impidieron la realización de este plan ya en este número 35.

Un anuncio importante para los autores resulta de la verificación del formato de los artículos enviados. Aunque existe una plantilla, un estándar para las referencias, etc., los artículos se siguen enviando muchas veces casi en un formato de "estilo libre". Para evitar esta carga de trabajo a los miembros de la RELEA, que no dispone de equipo técnico contratado, se procederá a rechazar sumariamente la tramitación de los artículos hasta que estén correctamente formateados en su totalidad (en particular, las referencias y las figuras producidas) a partir del número de Octubre. Es decir, sin el formato adecuado, no procederemos con la evaluación.

En este número tenemos seis artículos:

*La Educación Astronómica Contextualizada y las diferentes dimensiones y escalas: micro, macro, horizontal y vertical*, por Paula Cristina da Silva Gonçalves y Maurício Compiani. En este artículo, Gonçalves y Compiani abordan la cuestión de la espacialidad astronómica y su relación con la vida cotidiana de los estudiantes, buscando una visión integradora basada en los conceptos de Piaget.

*La Epistemología Genética en el desarrollo de la relación período-luminosidad de Henrietta Leavitt*, por Bárbara de Almeida Silvério, Camila Maria Sitko y Alexandre Luiz Polizel. Los autores analizan el proceso de aprendizaje que debió atravesar la astrónoma Henrietta Leavitt, una de las pioneras de la Astronomía a principios del siglo XX. Se utilizaron dos artículos de esta autora que tratan de la relación período-luminosidad para mostrar el desarrollo de las etapas del conocimiento propuestas por Piaget.

*Enseñanza no formal, informal y difusión de la Astronomía: aportes de un grupo de estudio*, por Thaianá Magna Moura Saldanha, Leonardo Tavares de Oliveira, Fernando Martins de Paiva, Francisco Gomes Menezes da Silva y Larissa Almeida Batista. El artículo expone la contribución del Grupo GEAZ del estado de Ceará en varios frentes educativos, con énfasis en el papel del planetario itinerante y la observación con telescopio realizado durante tres años.

*SpaceEngine como herramienta didáctica para la enseñanza de la Astronomía: Investigando el Sistema Solar y la viabilidad de la vida fuera de la Tierra*, por Uiliam Alves Almeida, Roberto Ferreira Claudino, Tânia Maria Hetkowski, Mariana Lemos Moreira, Maria Eduarda da Silva Cruz, Ernande Oliveira Souza y Jacquelline Viana Fernández. Desarrollo de un trabajo que utiliza una herramienta de *software SpaceEngine* como punto de partida para apoyar las actividades docentes, testadas con un grupo de estudiantes de Profesorado, mostrando posibilidades de expansión y mejoras futuras.

*Errores conceptuales en libros de texto de Astronomía en Ciencias Naturales y sus Tecnologías* - PNLD 2021, de Paulo Henrique Azevedo Sobreira y José Pedro Machado Ribeiro. Sobreira y Machado Ribeiro detallaron los (varios) errores de diversa índole encontrados en el PNLD 2021 y plantean la cuestión de su adecuación ya que, aunque aprobaron los Edictos Públicos, serían rechazados si se aplicaran los criterios que exigen explícitamente exactitud.

*El Renacimiento obsesionado por la simetría y la perfección: reflexiones desde la Revolución Copernicana*, por Johnnie Richard Pereira y Antônio Marcelo Martins Maciel. Las ideas de simetría y perfección son postulados metafísicos que impregnan toda la Ciencia, en particular Pereira y Martins Maciel las discuten el desarrollo de la Ciencia en el Renacimiento, un período muy especial donde conviven viejos amarres y nuevas perspectivas, hoy tal vez impensadas.

Más información sobre la Revista e instrucciones para los autores se pueden encontrar en: <[www.relea.ufscar.br](http://www.relea.ufscar.br)>.

Los artículos pueden estar escritos en portugués, español o inglés. Agradecemos a los Sres. Walison Aparecido de Oliveira y Gustavo Ferreira de Amaral por la edición de los artículos, a los Editores Asociados, a los autores, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos ayudaron en la continuidad de esta iniciativa y, en particular, en la elaboración de la presente edición.

Editores

Paulo S. Bretones

Jorge E. Horvath

## Editorial

As we announced in the previous issue, the Latin American Journal of Astronomy Education (RELEA) aims to be published in April and October, continuing with a biannual frequency. We hope this change will help to organize the schedules of authors and reviewers.

However, this proposal will be implemented starting with issue number 36. Unfortunately, we encountered serious health issues that affected our dear editor, Prof. Dr. Paulo Sergio Bretones, which made it impossible to execute this plan in this 35th issue.

An important announcement for the authors results from the verification of the formatting of the submitted articles. Although there is a template, a standard for references, etc., articles continue to be submitted many times almost in a "freestyle" format. To avoid this workload for the RELEA people, which does not have a contracted technical team, we will proceed to summarily reject the processing of the articles until they are completely correctly formatted (in particular, the references and the produced figures) from the number of October. That is, without proper formatting, we will not proceed with the assessment.

In this issue we feature six articles:

*Astronomy Education contextualized and the different dimensions and scales: micro, macro, horizontal and vertical*, by Paula Cristina da Silva Gonçalves and Maurício Compiani. In this article Gonçalves and Compiani address the issue of astronomical spatiality and its relationship with the students' daily lives, aiming at an integrated vision based on Piaget's concepts.

*Genetic Epistemology in the development of the period-luminosity relation of Henrietta Leavitt*, by Bárbara de Almeida Silvério, Camila Maria Sitko and Alexandre Luiz Polizel. The authors analyze the learning process that astronomer Henrietta Leavitt, one of the pioneers of Astronomy in the early 20th century, must have gone through. Two articles by this author that deal with the period-luminosity relationship were used to show the development of the stages of knowledge proposed by Piaget.

*Non-formal, informal teaching and dissemination of Astronomy: contributions from a study group*, by Thaiana Magna Moura Saldanha, Leonardo Tavares de Oliveira, Fernando Martins de Paiva, Francisco Gomes Menezes da Silva and Larissa Almeida Batista. The article exposes the contribution of the GEAZ Group from the state of Ceará on several educational fronts, with emphasis on the role of the itinerant planetarium and observation with a telescope carried out over three years.

*SpaceEngine as a didactic tool for Astronomy teaching: Investigating the Solar System and the viability of life beyond Earth*, by Uiliam Alves Almeida, Roberto Ferreira Claudino, Tânia Maria Hetkowski, Mariana Lemos Moreira, Maria Eduarda da Silva Cruz, Ernande Oliveira Souza and Jacqueline Viana Fernandes. Development of a work that uses a *SpaceEngine* software tool as a starting point to support teacher activities tested with a group of undergraduate students, showing possibilities for expansion and future improvements.

*Conceptual Astronomy errors in textbooks of Natural Sciences and its Technologies - PNLD 2021*, by Paulo Henrique Azevedo Sobreira and José Pedro Machado Ribeiro. Sobreira and Machado Ribeiro detailed the (several) errors of various types found in the PNLD 2021

and raise the question of its adequacy since, although they passed the Public Calls, they would be rejected if the criteria that require explicit accuracy were applied.

*The Renaissance haunted by symmetry and perfection: reflections from the Copernican Revolution*, by Johnnie Richard Pereira and Antônio Marcelo Martins Maciel. The ideas of symmetry and perfection are metaphysical postulates that pervade all of Science, in particular Pereira and Martins Maciel discuss their role the development of Science in the Renaissance, a very special period where old moorings and new perspectives coexist, today perhaps unthought of.

More information about the Journal and instructions for authors can be found at: <[www.relea.ufscar.br](http://www.relea.ufscar.br)>. Articles may be written in Portuguese, Spanish or English.

We thank Mrs. Walison Aparecido de Oliveira and Gustavo Ferreira de Amaral for editing the articles, the Associate Editors, the authors, the referees and all those who, directly or indirectly, helped us in the continuity of this initiative and, in particular, in the elaboration of the present edition.

Editors

Paulo S. Bretones

Jorge E Horvath

## SUMÁRIO

**A EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA CONTEXTUALIZADA E AS DIVERSAS DIMENSÕES: MICRO, MACRO, HORIZONTAL E VERTICAL** \_\_\_\_\_ 10

*Paula Cristina da Silva Gonçalves / Maurício Compiani*

**A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DA RELAÇÃO PERÍODO-LUMINOSIDADE DE HENRIETTA LEAVITT** \_\_\_\_\_ 22

*Bárbara de Almeida Silvério / Camila Maria Sitko / Alexandre Luiz Polizel*

**ENSINO NÃO FORMAL, INFORMAL E DIVULGAÇÃO DA ASTRONOMIA: CONTRIBUIÇÕES DE UM GRUPO DE ESTUDOS** \_\_\_\_\_ 41

*Thaiana Magna Moura Saldanha / Leonardo Tavares de Oliveira / Fernando Martins de Paiva / Francisco Gomes Menezes da Silva / Larissa Almeida Batista*

**SPACEENGINE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: INVESTIGANDO O SISTEMA SOLAR E A VIABILIDADE DA VIDA FORA DA TERRA** \_\_\_\_\_ 57

*Uiliam Alves Almeida / Roberto Ferreira Claudino / Tânia Maria Hetkowski / Mariana Lemos Moreira / Maria Eduarda da Silva Cruz / Ernande Oliveira Souza / Jacquelline Viana Fernandes*

**ERROS CONCEITUAIS DE ASTRONOMIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS – PNL D 2021** \_\_\_\_\_ 77

*Paulo Henrique Azevedo Sobreira / José Pedro Machado Ribeiro*

**O RENASCIMENTO ASSOMBRADO PELA SIMETRIA E PERFEIÇÃO: REFLEXÕES A PARTIR DA REVOLUÇÃO COPERNICANA** \_\_\_\_\_ 127

*Johnnie Richard Pereira / Antônio Marcelo Martins Maciel*

SUMARIO

**LA EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA CONTEXTUALIZADA Y LAS DISTINTAS  
DIMENSIONES DE ESCALA: MICRO, MACRO, HORIZONTAL Y VERTICAL \_\_\_\_\_ 10**

*Paula Cristina da Silva Gonçalves / Maurício Compiani*

**LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA EN EL DESARROLLO DE LA RELACIÓN  
PERÍODO-LUMINOSIDAD DE HENRIETTA LEAVITT \_\_\_\_\_ 22**

*Bárbara de Almeida Silvério/ Camila Maria Sitko/ Alexandre Luiz Polizel*

**ENSEÑANZA NO FORMAL, INFORMAL Y DIFUSIÓN DE LA ASTRONOMÍA:  
APORTES DE UN GRUPO DE ESTUDIO \_\_\_\_\_ 41**

*Thaiana Magna Moura Saldanha / Leonardo Tavares de Oliveira / Fernando Martins de Paiva /  
Francisco Gomes Menezes da Silva / Larissa Almeida Batista*

**SPACEENGINE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE  
ASTRONOMIA: INVESTIGANDO O SISTEMA SOLAR E A VIABILIDADE DA VIDA  
FORA DA TERRA \_\_\_\_\_ 57**

*Uiliam Alves Almeida / Roberto Ferreira Claudino / Tânia Maria Hetkowski / Mariana Lemos Moreira/  
Maria Eduarda da Silva Cruz / Ernande Oliveira Souza / Jacquelline Viana Fernandes*

**ERRORES CONCEPTUALES DE ASTRONOMÍA EN LIBROS DE TEXTO DE  
CIENCIAS NATURALES Y SUS TECNOLOGÍAS - PNLD 2021 \_\_\_\_\_ 77**

*Paulo Henrique Azevedo Sobreira / José Pedro Machado Ribeiro*

**EL RENACIMIENTO ATORMENTADO POR LA SIMETRÍA Y LA PERFECCIÓN:  
REFLEXIONES DESDE LA REVOLUCIÓN COPERNICANA \_\_\_\_\_ 127**

*Johnnie Richard Pereira / Antônio Marcelo Martins Maciel*

**CONTENTS**

**ASTRONOMY EDUCATION CONTEXTUALIZED AND THE DIFFERENT DIMENSIONS: MICRO, MACRO, HORIZONTAL AND VERTICAL \_\_\_\_\_ 11**

*Paula Cristina da Silva Gonçalves / Maurício Compiani*

**THE GENETIC EPISTEMOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF THE HENRIETTA LEAVITT'S PERIOD-LUMINOSITY RELATION \_\_\_\_\_ 23**

*Bárbara de Almeida Silvério/ Camila Maria Sitko/ Alexandre Luiz Polizel*

**NON-FORMAL, INFORMAL TEACHING AND DISSEMINATION OF ASTRONOMY: CONTRIBUTIONS FROM A STUDY GROUP \_\_\_\_\_ 42**

*Thaiana Magna Moura Saldanha / Leonardo Tavares de Oliveira / Fernando Martins de Paiva / Francisco Gomes Menezes da Silva / Larissa Almeida Batista*

**SPACEENGINE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: INVESTIGANDO O SISTEMA SOLAR E A VIABILIDADE DA VIDA FORA DA TERRA \_\_\_\_\_ 57**

*Uiliam Alves Almeida / Roberto Ferreira Claudino / Tânia Maria Hetkowski / Mariana Lemos Moreira/ Maria Eduarda da Silva Cruz / Ernande Oliveira Souza / Jacquelline Viana Fernandes*

**CONCEPTUAL ASTRONOMY ERRORS IN TEXTBOOKS OF NATURAL SCIENCES AND ITS TECHNOLOGIES - PNLD 2021 \_\_\_\_\_ 78**

*Paulo Henrique Azevedo Sobreira / José Pedro Machado Ribeiro*

**THE RENAISSANCE HAUNTED BY SYMMETRY AND PERFECTION: REFLECTIONS FROM THE COPERNICAN REVOLUTION \_\_\_\_\_ 128**

*Johnnie Richard Pereira / Antônio Marcelo Martins Maciel*

## A EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA CONTEXTUALIZADA E AS DIVERSAS DIMENSÕES: MICRO, MACRO, HORIZONTAL E VERTICAL

 *Paula Cristina da Silva Gonçalves*<sup>1</sup>  
 *Maurício Compiani*<sup>2</sup>

**Resumo:** Este ensaio se propõe a discutir a complexidade das escalas dos fenômenos astronômicos e a necessidade de incluir as diferentes dimensões nos processos de ensino e aprendizagem de Astronomia, de forma intencional, para que a compreensão da espacialidade seja construída ao longo da escolaridade básica. Discute-se as escalas micro e macro bem como as dimensões verticais e horizontais na Educação em Astronomia. Pensar sobre essa temática representa o desafio de refletir sobre o conhecimento astronômico de maneira que sejam problematizadas as abordagens envolvendo a espacialidade/temporalidade e a complexidade dos fenômenos nos diferentes temas e conteúdos. Apesar de existir uma aparente distância entre esses conteúdos e nosso cotidiano, como se fosse algo que diz respeito apenas ao espaço, longe de nosso ambiente imediato, existem grandes possibilidades de estreitamento e relação com os contextos dos educandos, de forma que essa temática faça mais sentido e compreenda-se que somos um todo com os fenômenos, de forma sistêmica, afetados e organizados a partir deles, bem como atuantes.

**Palavras-chave:** Educação em Astronomia; Escalas; Ensino e aprendizagem.

## LA EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA CONTEXTUALIZADA Y LAS DISTINTAS DIMENSIONES DE ESCALA: MICRO, MACRO, HORIZONTAL Y VERTICAL

**Resumen:** Este ensayo se propone discutir la complejidad de las escalas de los fenómenos astronómicos y la necesidad de incluir intencionalmente las diferentes dimensiones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Astronomía, para que la comprensión de la espacialidad se construya a lo largo de la escolarización básica. Se discuten escalas micro y macro, así como dimensiones verticales y horizontales en la Educación Astronómica. Pensar en este tema representa el desafío de reflexionar sobre el conocimiento astronómico de tal forma que se problematicen abordajes que involucren la espacialidad/temporalidad y la complejidad de los fenómenos en diferentes temas y contenidos. Si bien existe una aparente distancia entre estos contenidos y nuestra cotidianidad, como si se tratara de algo que concierne sólo al espacio, lejos de nuestro entorno inmediato, existen grandes posibilidades de estrechar vínculos y

---

<sup>1</sup> PECIM, Universidade Estadual de Campinas –SP, Secretaria Municipal de Educação de Rio Claro -SP, paulacristinasgoncalves@gmail.com.

<sup>2</sup> Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas –SP, compiani@ige.unicamp.br

relaciones con los contextos de los estudiantes, de modo que este tema se convierta en más sentido y se entienda que somos un todo con los fenómenos, de manera sistémica, afectados y organizados a partir de ellos, además de actuar.

**Palabras clave:** Educación en Astronomía; Escalas; Enseñanza y aprendizaje.

## **ASTRONOMY EDUCATION CONTEXTUALIZED AND THE DIFFERENT DIMENSIONS: MICRO, MACRO, HORIZONTAL AND VERTICAL**

**Abstract:** This essay proposes to discuss the complexity of the scales of astronomical phenomena and the need to intentionally include the different dimensions in the teaching and learning processes of Astronomy, so that the understanding of spatiality is built throughout basic schooling. Micro and macro scales are discussed, as well as vertical and horizontal dimensions in Astronomy Education. Thinking about this theme represents the challenge of reflecting on astronomical knowledge in such a way that approaches involving spatiality/temporality and the complexity of phenomena in different themes and contents are problematized. Although there is an apparent distance between these contents and our daily lives, as if it were something that concerns only space, far from our immediate environment, there are great possibilities for closer ties and relationships with the students' contexts, so that this theme becomes more sense and it is understood that we are a whole with the phenomena, in a systemic way, affected and organized from them, as well as acting.

**Keywords:** Astronomy Education; Scales; Teaching and learning.

### **1 Introdução**

A Educação em Astronomia comumente é vista como uma área de ensino e aprendizagem que diz respeito a objetos e fenômenos naturais muito distantes do estudante. Com isso, é frequente que não se inclua em seus processos a dimensão do observador, ou seja, a escala humana dos fenômenos. Entendendo que a Astronomia é uma ciência complexa e que seus fenômenos nos afetam diariamente, nosso ensaio se propõe a discorrer a respeito das diferentes escalas que compõem os fenômenos e da importância de elas serem incluídas na educação, de maneira que a construção do aprendizado se relacione com a complexidade dos fenômenos, em todas as dimensões espaço-temporais possíveis, sem reducionismos, o que inclui o ambiente imediato dos estudantes e a perspectiva de existência deles como habitantes do planeta Terra.

Os conteúdos astronômicos abordados na escola dizem respeito a fenômenos e eventos que ocorrem em escala planetária, uma vez que afetam a Terra e organizam nossa vida diária, bem como em escalas espaço-temporais, com ordens de grandeza ainda mais amplas, medidas numéricas enormes e não usuais no cotidiano, envolvendo eventos fora de nosso cotidiano observável. Lidar com o espaço e o tempo astronômico introduz dificuldades cognitivas específicas para a compreensão dos fenômenos diante do mundo “mais contíguo” das experiências cotidianas. Auxilia e contribui, entre outras coisas, para a

superação do raciocínio causal linear e simples introduzindo o tratamento mais complexo do conhecimento científico na escola.

A Astronomia — com forte componente de ciências qualitativa, observável, descritiva e interpretativa da natureza — tem pouca tradição no ensino de Ciências. Por isso, não tem conseguido desenvolver trabalhos práticos com forte papel do contexto, como já ocorre com a Química e a Física. De modo geral, essas práticas usuais são simplificadas em relação à contextualização, não considerando que parte/lugar e todo/global são indissociáveis e apreendidos pela dialética entre micro e macro, entre horizontalidade e verticalidade, foco de discussão neste artigo.

Faz parte da epistemologia da Astronomia a prática científica de olhar para o contexto, o histórico, o singular, as particularidades, em busca das mais diversas e complexas relações entre processos e produtos, parte e todo, o histórico e o generalizável. A Astronomia contribui para noções diferentes do empírico, por exemplo, as observações estendem-se no tempo e em suas diversas escalas espaciais e temporais, distribuem-se no social e usam uma série de instrumentos de coleta de dados e as mais variadas formas de representações visuais, viso-verbais e verbo-visuais. Os dados empíricos e as teorias são produtos dos mais variados tipos de observações diretas e indiretas e das respectivas interpretações de informações. Uma possibilidade desse olhar diferenciado do empírico, por exemplo, são as práticas de observação de corpos celestes acessíveis a olho nu, como a Lua. Neste ensaio, vamos caminhar para práticas e concepções de educação que modifiquem os paradigmas atuais de um ensino descontextualizado para atividades teórico-práticas calcadas em trabalhos práticos com noções amplas das relações entre empírico e teorias. Nos dois subitens seguintes, vamos avançar um pouco essa discussão sobre a contribuição da Educação em Astronomia para noções diferentes do empírico e dos experimentos no ensino de Ciências.

Castro (1995), refletindo sobre o uso das escalas na Geografia, indica que, considerada como recurso matemático da cartografia, a escala é “uma fração que indica a relação entre as medidas do real e aquelas da sua representação gráfica” (p. 117). Porém, ela pode ser discutida em profundidade conceitual e problematizada como “representação dos diferentes modos de percepção e de concepção do real” (p. 118).

Ainda, de acordo com Castro (1995), nas concepções matemáticas das escalas em Geografia, a visibilidade do espaço está em sua representação, substituindo o fenômeno e tomando o mapa pelo território. Essa tomada do mapa pelo território não seria exclusividade da Geografia se pensarmos como os processos de ensino na Educação em Astronomia usam o modelo e a representação pelo fenômeno. Isso porque há um modo de ensinar que prioriza uma apresentação clara e organizada dos conteúdos e modelos, com demonstrações que só confirmam esse conhecimento descontextualizado, sistematizado e generalista. Ou, como nos diz Massey (2009), apresentamos a nossos alunos um mundo histórico-político-social que nada tem a ver com as próprias desarticulações internas ou as pré-sínteses em aberto das ciências, que deveriam ser ensinadas em nossas escolas. As sínteses, muitas vezes, são apresentadas sem relações com os contextos e pesquisas que geraram os resultados sintéticos. Não há uma preocupação com as experiências mais singulares e contextualizadas que fizeram parte do processo construtivo da generalização da construção do modelo.

Enfim, discutiremos que uma Educação em Astronomia contextualizada apresenta um maior potencial para contemplar a complexidade das dimensões escalares dos fenômenos em dois sentidos: o da realidade ao modelo e o do modelo à realidade. Esse aspecto realça diferentes práticas e procedimentos científicos, iluminando novos papéis entre o empírico e os modelos ao lidar com as peculiaridades da Astronomia com seu forte componente de ciência observacional, descritiva e interpretativa da natureza.

## **2 As escalas e suas dimensões: micro, macro, horizontal e vertical na Educação em Astronomia**

É possível pensar em escalas em diferentes níveis e dimensões: macro, micro, horizontal e vertical. Talanquer (2011) discorre sobre os níveis de escala macro, micro e submicro no ensino de Química. O primeiro diz respeito a tudo aquilo que é tangível e visível em nosso mundo. Já o micro e o submicro são adotados para os modelos de partículas.

Segundo Talanquer (2011), os químicos especialistas constroem a realidade a partir da dinâmica entre os diferentes níveis citados. Um estudante aprende, com maior facilidade, sobre o nível macro e busca relacioná-lo com os outros níveis. Todavia, a maioria dos ensinamentos em Química focam os níveis micro e submicro, de maior dificuldade para os alunos, o que resulta, segundo o autor, em sobrecarga de informação e confusão, desestimulando os alunos, já que não se trata de compreensões intuitivas que dialogam com os contextos dos estudantes.

Pensando nas especificidades da Educação em Astronomia, poderíamos compreender a escala humana como pertencente ao nível micro, de modo a contemplar tudo aquilo que tenha como sistema de referência o observador, ou seja, toda a Astronomia observacional, acessível na perspectiva do ser humano, em suas experiências. No nível macro, teríamos tudo que está “fora” do planeta Terra, considerando o espaço como sistema de referência.

Além de pensar nessas questões sobre os níveis micro e macro das escalas, podemos refletir sobre elas em relação às dimensões horizontal e vertical. A partir de Compiani (2007), quando pensamos a escala na dimensão horizontal, temos a ênfase nas relações entre parte e todo, no contexto, em espaço e tempo. Acentuam-se as particularidades, historicidade, o local, singularidades e relações na busca de padrões. Procura-se a compreensão do fenômeno em suas causalidades, em um contexto. Por sua vez, a dimensão vertical tem ênfase no caráter processual dos fenômenos, das coisas, engloba os diferentes contextos da horizontalidade na busca pela generalização, tendendo à descontextualização, ao geral, ao global. É a dialética entre as duas dimensões que gera consciência, segundo Compiani (2007, p. 35). Dessa maneira, podemos apreender que nenhum é melhor que o outro, mas ambos são necessários e se complementam.

A partir de Castro (1995) e Compiani (2007), podemos depreender que a problematização da questão da escala está na mediação que ela promove entre o que é observado e o atributo que lhe é associado e que diferentes escalas de observação resultam em diferentes informações qualitativas de um mesmo objeto. Nesse sentido, é importante não tratar o conhecimento de forma linear, mas sim considerar a complexidade dialética da contextualização e descontextualização, da horizontalidade e verticalidade, assim como os níveis micro e macro das escalas.

Compiani (2012) ainda destaca uma predominância no espaço escolar da valorização das representações e dos modelos/definições, que alimenta a separação entre mundo teórico e mundo vivido. As cognições mais complexas, “pelo menos uma boa parte delas, não deveriam perder suas relações de contexto espaço-temporal de origem e nem adquirir essa ideia de explicação única” (Compiani, 2012, p. 133). Desse modo, a escola tem se distanciado de seus alunos reais:

A escola, de certo modo, ignora a vida, pois idealiza um aluno abstrato, sem tempo e sem espaço. O aluno real, em seu contexto, com sua experiência social e individual em sua localidade é ignorado. Por não ter um interlocutor real, a escola é incapaz de ocupar seu lugar de produção de

conhecimentos gerados na interação entre o mundo cotidiano e o científico (Compiani, 2007, p. 32).

É importante ter em vista que qualquer forma de educação alheia às relações com o mundo pode restringir o processo educacional à dimensão científicista, estrita e descolada das análises críticas relacionadas aos contextos mais amplos, inclusive o social. Essa é uma dimensão importante para ser pensada na educação científica, uma vez que a Ciência é construção humana e nós, seres humanos, não nos relacionamos com ela apenas acumulando informações a seu respeito e aderindo aos saberes de forma adaptativa (Freire, 2021 [2020]).

A Educação em Astronomia não está distante desse desafio. Ainda são poucas as propostas didáticas, mesmo em pesquisas, que indiquem a observação, por exemplo, como ponto de partida dos estudos, mesmo para corpos celestes acessíveis a olho nu, como a Lua (Gonçalves & Bretones, 2020).

Os processos escolares geralmente induzem a compreensões parciais sobre os eventos e fenômenos em Educação em Astronomia, fragmentando a complexidade destes. A maneira como tem sido priorizado o ensino, e uma grande parte das pesquisas desenvolvidas na área, parece manter o foco em apenas uma das escalas e dimensões dos fenômenos, especialmente tendo como sistema de referência o espaço, na escala macro e na dimensão vertical, sem favorecer a compreensão ampla dos eventos pelos estudantes e professores, sem relacionar os estudos com seus contextos e com o sistema de referência do observador, que envolve o nível micro e a dimensão horizontal. Essa ausência deixa de desenvolver a construção ampla da compreensão da espacialidade e dos tempos dos eventos, o que é um desafio por si, indicado por alguns autores (Bisch, 1998; Leite, 2002, 2006).

Portanto, as dimensões das escalas, na Educação em Astronomia, poderiam ser caracterizadas da seguinte maneira:

a) Macro: considerando as grandezas astronômicas, a escala macro se relaciona com os eventos astronômicos no contexto externo ao planeta Terra. Como exemplo, citamos a organização do sistema *Sol-Terra-Lua*, que dá origem às fases da Lua e suas relações trigonométricas;

b) Micro: diz respeito ao contexto topocêntrico, em uma perspectiva geocêntrica. Leva em consideração o olhar do observador, suas experiências na superfície terrestre. Pensando nas fases da Lua, seria a compreensão, experiência e vivência do fenômeno tal como é visto no céu ou observado no entorno.

d) Vertical: nesta dimensão, estariam contemplados os modelos, em seu caráter processual, por exemplo, o próprio sistema *Sol-Terra-Lua*, e os modelos possíveis para sua compreensão, como o empregado para a explicação das fases da Lua e dos eclipses.

e) Horizontal: esta dimensão integra o conhecimento em seu contexto local, singularidades, relações em busca de padrões e a compreensão do fenômeno em suas causalidades dentro do cenário do observador. Um exemplo nesse sentido pode ser as marés e o modo como elas afetam a vida local. Mesmo as fases da Lua, em seu contexto de um observador na Terra ou usuário dessas fases para corte de cabelo ou plantio, estão na horizontalidade.

### 3 Abordagens das dimensões e escalas na Educação em Astronomia

Lanciano (1989) nos lembra de que nosso ponto de observação habitual para olhar a Terra como planeta que se move no universo é sua própria superfície, movendo-nos com ela. Nessa perspectiva, não nos damos conta desse deslocamento, apenas de que os outros corpos se movem e de que nos movemos quando andamos, corremos etc.: “Ninguna percepción directa del cuerpo nos hace pensar en el desplazamiento de nuestro planeta sobre el que apoyamos los pies” (Lanciano, 1989, p. 174).

De acordo com Lanciano (1989), nossos sentidos não indicam o movimento da Terra, mas sim dos demais astros. Além disso, a linguagem cotidiana, seja dos adultos, seja das crianças, indica uma visão ptolomaica quando dizemos, por exemplo, que o Sol nasce e se põe, e não que a Terra girou para que o Sol fosse visível no horizonte. Segundo a autora, “la distancia entre el modelo y su representación por un lado, y la realidad modelizada por otro, no se recorre en los dos sentidos: de la realidad al modelo y del modelo a la realidad. Y esta desconexión puede durar mucho” (Lanciano, 1989, p. 176).

Essa desconexão pode ser notada quando percebemos o domínio de estudantes em questões conceituais, informações, sem a capacidade de fazer relações entre outros conhecimentos e entre o ambiente imediato e cotidiano. Bisch (1998) destaca, em sua pesquisa com docentes, que existe uma tendência, no ensino, do uso de “chavões”, na utilização seja de termos, seja de determinadas imagens. Assim, descreve: “O ‘chavão’, assim, caracteriza-se por ser um enunciado (ou imagem) pronto, acabado que deve ser memorizado e repetido por quem o ‘aprendeu’ (isto é, memorizou) sempre da mesma forma” (Bisch, 1998, p. 225).

Nessa lógica, geralmente, o ensino e os livros didáticos mostram aos alunos a passagem de um modelo astronômico ao outro como se isso transcorresse de modo historicamente linear, analítico e acumulativo, no qual uma ideia mais precisa substitui a anterior. Além de não ter sido um caminho sem controvérsias, a suposição da transição de um pensamento ptolomaico para o copernicano é fictícia, segundo Lanciano (1989, p. 176), e essa proposta é uma reflexão inadequada:

Conviene señalar antes que nada un elemento, a veces olvidado en el análisis de los procesos de aprendizaje, y que a mi manera de ver juega un papel importante en la enseñanza, la abundancia de nombres, números, cifras, propiedades, etc., es decir, la descripción de caracteres “estáticos”, en lugar de inducir a trabajar en la construcción de la capacidad para reconocer relaciones, y por lo tanto conceptos “dinámicos” entre los objetos (Lanciano, 1989, p. 176).

A autora aponta que isso também ocorre pela falta de uso dos sentidos para a construção do conhecimento. Muitos objetos da natureza, na Terra e no céu, podem ser observados em tempo real. É essa observação direta que pode ajudar a estabelecer conexões entre pensar como Copérnico e ver como Ptolomeu, um problema muito típico da Astronomia (Lanciano, 1986, p. 211).

Com a intenção de pensar sobre isso, consideremos o caso do ensino sobre a Lua e suas fases a partir de Gonçalves e Bretones (2020, 2021). Esses autores indicam que, geralmente, as pesquisas privilegiam a relação do sistema *Sol-Terra-Lua* na escala macro e vertical do fenômeno, como ocorre no espaço, sem, habitualmente, incluir as dimensões da escala em nível micro e horizontal da observação do fenômeno, bastante acessível e possível de ser acompanhado ao longo de duas semanas, especialmente se considerarmos que a Lua é o astro mais próximo da Terra. Também pouco se discute sobre nossa relação humana com o astro e suas interferências em nosso cotidiano.

Em relação à Lua e suas fases, a microescala e a dimensão horizontal dizem respeito à visão topocêntrica e a nosso dia a dia, e a macro escala e dimensão vertical, à visão heliocêntrica, no sistema espacial *Sol-Terra-Lua*. Todavia, não se trata de defender a superioridade de uma em relação à outra, mas sim de frisar a necessidade de considerar o fenômeno como um todo para que este seja entendido em sua complexidade, sem perder a relação com o que é tangível aos estudantes.

A Astronomia observacional apresenta o potencial de abranger a escala micro no processo de ensino e aprendizagem. Insere o que é visível aos estudantes em experiências possíveis com o entorno. Assim, pode estimular seus processos de pensamento, a observação sistemática e as relações dessas observações com o ambiente imediato, fomentando a dimensão horizontal.

Como exemplo desse tipo de abordagem, podemos citar o trabalho de Longhini, Gomide e Luz (2016) com a construção de um Observatório Local do Horizonte da Escola. Os autores desenvolveram um processo de ensino e aprendizagem partindo do que nomearam “do chão ao céu”. Nele, incluíram a observação e tomada de dados sistemáticos relacionados às estações do ano, às chuvas, às temperaturas, à Astronomia observacional, como o caminho do Sol no céu, às conexões do sistema *Sol-Terra-Lua*, ao céu noturno, às constelações ao longo de um ano, entre outros, tendo como referência a cidade dos estudantes.

A pesquisa de Longhini, Gomide e Luz (2016) nos mostra uma possibilidade de abordagem na Educação em Astronomia que inclui as dimensões micro, macro, horizontal e vertical, bem como práticas científicas diferenciais, uma vez que as observações se estendem no tempo e se distribuem no social, usando uma série de instrumentos de coleta de dados. Essa experiência ainda poderia ser complementada com uma abordagem crítica da dimensão horizontal, de modo a incluir as discussões sobre os impactos das chuvas e a questão da temperatura na perspectiva do desequilíbrio ambiental, por exemplo.

Lanciano (1989) assegura que, na Educação em Astronomia, não é preciso descartar a perspectiva ptolomaica do que se vê daqui da Terra, dos movimentos observáveis dos astros, como se fosse algo que induzisse a compreensões equivocadas. Ainda segundo Lanciano (1989, p. 175),

se trata, más bien, de ser capaz y consciente de aceptar la posibilidad de mantener dos modelos diferentes, dos modelos de lenguaje para hablar de lo mismo: mantener la visión tolemaica cotidiana y su relatividad con respecto a un sistema del mundo en el que todo se mueve y no existen centros locales relativos. Se trata de descubrir la ductibilidad de nuestra mente y de ser capaces de hacer coexistir pensamientos diversos ante una misma realidad, por parte de nuestro pensamiento de adultos, alentados por la extraordinaria capacidad, que en este sentido, tienen los niños.

Assim, não se trata de julgar uma dimensão como errônea ou incompleta, mas como parte do conhecimento referente ao tema em estudo, que se integra à compreensão espacial do fenômeno. Esta última se completa com o entendimento e a relação com aquilo que é possível ver ou sentir. Uma dimensão não é menos importante que a outra. Elas são complementares e dependentes.

Imergindo mais na dimensão horizontal e na escala micro, em Educação em Astronomia, temos, ainda, a abordagem antropológica holística (Jafelice, 2002, 2010, 2015), numa perspectiva ambiental, cultural e espiritual. Nela, tiramos do núcleo do processo um modelo predominante de pensamento que valoriza apenas a racionalidade cognitivo-instrumental e, ao mesmo tempo, promove a “convivência com a incerteza inerente ao conhecimento” (Jafelice, 2010, p. 220). Nessa concepção, o elemento essencial é a ênfase na vivência, ou seja, na escala de 1:1 dos estudantes:

do ponto de vista pedagógico, aspectos cognitivos-analítico-reflexivos – envolvendo distribuição e leitura ou produção de textos com os alunos, análises, conceituações etc. – só são contemplados, em geral, após os alunos terem vivenciado – isto é, feito e sentido no corpo, na prática – os fenômenos ou processos que nos interessa tratar naquela circunstância e tenham, em grande parte, descoberto por si mesmos a maioria das associações e informações que são possíveis de serem obtidas vivencialmente (Jafelice, 2010, p. 220).

Trata-se, segundo Jafelice (2002, p. 12), de um trabalho inicialmente não verbal e não racional que restabeleça o contato do estudante com o céu e consigo mesmo: “É um trabalho essencial e primeiro, feito antes de se agregar qualquer conteúdo específico habitual ou instrumentos que mediarão suas observações”. Nessa abordagem antropológica, Jafelice (2010, p. 221) propõe que o que é central não são os conteúdos específicos, mas as pessoas “por serem o que são, além de transformantes/transformadas do/pelo planeta”, o ambiental considerado pela perspectiva sistêmica, “pelas vidas que abriga e relações simbióticas gerais que propicia”, assim como os aspectos sociais e culturais “pelas representações e significações que permitem que construamos e reconstruamos sem fim”.

Nessa abordagem antropológica, Jafelice (2010, p. 221) propõe que o que é central não são os conteúdos específicos, mas as pessoas “por serem o que são, além de transformantes/transformadas do/pelo planeta”, o ambiental considerado pela perspectiva sistêmica, “pelas vidas que abriga e relações simbióticas gerais que propicia”, assim como os aspectos sociais e culturais “pelas representações e significações que permitem que construamos e reconstruamos sem fim”.

A partir do exposto, uma das possibilidades para contemplar os diversos níveis e escalas são os trabalhos práticos, como aulas de campo. Segundo Compiani (2007), nos trabalhos de campo em Geologia, “há uma grande ênfase na qualidade das observações da natureza, exercitando a percepção/abstração, descrição e expressões gráficas, notadamente o desenho” (p. 30).

O mesmo autor ainda apresenta o potencial dos trabalhos de campo como metodologia de ensino, sendo um caminho possível quando pensamos e desejamos outra educação, que saia das linearidades, do acúmulo de informações e simplificações e que caminhe rumo ao complexo da existência. Segundo Compiani (2007),

o campo é o lugar onde o conflito entre o mundo (exterior) e as ideias (interior) ocorre em toda sua intensidade: por isso é possível iniciar a construção de conhecimentos a partir dele, buscando informações, formulando conceitos porque lá está o/a lugar/natureza para ser observado e interpretado (p. 35).

Além disso, a valorização de outras formas de registro que não se restringem à cultura escrita pode favorecer a participação de estudantes diversos, com diferentes habilidades quando projetamos essa ideia para outras vivências/conhecimentos possíveis de serem explorados a partir do entorno dos estudantes. Isso inclui crianças, adolescentes, jovens, adultos e idosos que ainda não foram alfabetizados, por exemplo ou comunidades pertencentes à cultura tradicional, indígena, quilombola etc.

Ainda segundo Compiani (2007, p. 30), a ação de “observar/desenhar leva a aprendizagem do ver, a visão torna-se acurada”. Observar e desenhar pode sensibilizar o olhar dos estudantes para a natureza e seus fenômenos, em especial em nossa sociedade atual, sempre acelerada e atenta aos equipamentos eletrônicos. A observação do céu e do entorno, das relações dos fenômenos com os locais onde os estudantes vivem é um dos caminhos para a construção de conhecimento na microescala e para uma maior horizontalidade nos processos da Educação em Astronomia.

Em um curso para professores, Bisch (1998) buscou a sensibilização deles em relação ao contato direto com a natureza como “ponto de referência essencial para a construção de conhecimentos”, combatendo, assim, o “absurdo de um ensino livresco, teórico” (p. 124) e dissociado da realidade. Ainda segundo o mesmo autor,

uma Astronomia “de gabinete” pode ser justificada no caso de um astrônomo profissional, experiente, adulto, porém julgamos que uma Astronomia livresca, desembelezada, de sala de aula, é completamente fora de propósito no ensino fundamental, onde uma das atitudes mais importantes a exercitar nos alunos é a sua capacidade de observação da natureza, onde é essencial sensibilizá-los com relação à beleza e diversidade do universo, instigar sua curiosidade e imaginação (Bisch, 1998, p. 125).

Apesar de o autor se direcionar especificamente para professores do Ensino Fundamental, essa questão permeia toda a Educação Básica. É importante, nesse sentido, que o raciocínio não interponha uma distância com relação à percepção direta, a base do pensamento comum, mas que as diferentes escalas e dimensões sejam utilizadas e exploradas de forma mais consciente, entendendo que o conhecimento é complexo.

Em Astronomia, nem sempre é possível fazer aulas de campo com estudantes, por diversas razões. Mas existem algumas ações possíveis no espaço escolar com a exploração do entorno, assim como provocar observações dos alunos e professores, mesmo que as aulas não sejam noturnas. Algumas pesquisas apresentam propostas que buscaram essas aproximações. Podemos citar Bretones (2006), Lima (2006), Medeiros (2006), Mesquita (2011), Kantor (2012), Longhini e Gomide (2014), Jafelice (2015), Longhini, Gomide e Luz (2016), Fernandes (2018), Lago, Ortega e Mattos (2018), Peixoto (2018), Silva e Bisch (2020), Gonçalves e Bretones (2021) e Nascimento (2021), que tratam de diversos níveis escolares, desde o Ensino Fundamental até a formação de professores.

Também é possível pensar na abordagem horizontal da Educação em Astronomia em torno das discussões contemporâneas relacionadas às decisões e às convenções, bem como ao espaço e sua exploração: temas como a reclassificação de Plutão, a Astrobiologia, as imagens recentes captadas pelo telescópio *James Webb* e as constelações de satélites da empresa *Starlink* sendo enviadas para nossa órbita. Esses são exemplos de assuntos que podem ser tratados na perspectiva crítica das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), englobando diálogos sobre a Natureza da Ciência (NdC).

Sobre Astrobiologia, Chefer e Oliveira (2022) indicam, por exemplo, que seu caráter integrador de diversas áreas favorece a interdisciplinaridade e a contextualização para o processo de ensino e aprendizagem. Indicam que “os conteúdos relacionados à temática astrobiológica, estabelecem múltiplas relações entre os temas que contemplam o fenômeno ‘vida’ em toda sua multidimensionalidade” (Chefer & Oliveira, 2022, p. 4).

Essa característica, segundo os mesmos autores, pode proporcionar a construção e o redimensionamento de conhecimentos como a seleção natural, a origem e evolução da vida, a vida fora do planeta, seus impactos para a sociedade, bem como questões de manutenção de nossa espécie e do planeta, entre outras. Isso nos indica potencial de diálogo com as dimensões micro, macro, horizontal e vertical.

#### 4 Considerações finais

Discorreremos sobre as diferentes escalas, micro e macro, e as dimensões horizontal e vertical. Refletimos sobre a Educação em Astronomia a partir dessas perspectivas, tomando como referência trabalhos que discutem essas relações em diferentes disciplinas.

Apesar de os temas em Astronomia, muitas vezes, mostrarem um aparente distanciamento com relação ao mundo imediato dos estudantes, essa não é uma necessidade. O ensino não deve ser limitado a uma única escala, mas precisa buscar explorar as diferentes dimensões, de forma que o conhecimento complexo desses conteúdos seja desenvolvido com um olhar sensibilizado para a escala humana dos fenômenos e objetos da Astronomia, bem como a dimensão crítica em torno desta Ciência e de seus resultados.

Tratar de modo mais complexo o contexto mais próximo e o mundo mais distante do aluno relaciona-se à discussão central deste artigo, já que, segundo Castro (1995), um problema crucial da interpretação da natureza se refere aos atributos dos fenômenos, cuja caracterização se altera de acordo com as escalas de observação à luz de uma “lei”, em que temos o crescimento da homogeneidade na razão inversa da escala. Em outras palavras, na micro escala, há uma tendência à heterogeneidade, informação factual, dados individuais ou desagregados, valorização do vivido etc.; já na macroescala, há tendência à homogeneidade, à informação estruturante, aos dados agregados, à valorização do concebido e organizado etc. Essa é uma das riquezas do tratamento multiescalar e multidimensional na Educação em Astronomia.

Priorizar apenas um tipo de escala e dimensão não possibilita uma compreensão dos objetos de estudo da Educação em Astronomia, de forma completa. Por isso, problematizar e identificar a existência de outras escalas, dimensões e avaliar como elas têm sido abordadas nos processos de ensino e aprendizagem bem como em pesquisas na área, é fundamental para que avancemos na Educação Básica e na universidade.

É importante considerar a necessidade de tomar como ponto de partida o entorno, o ambiente imediato dos estudantes, estimular experiências em campo, buscar ampliar o olhar e encorajar observações e registros. Assim, partimos do concreto para abstrações posteriores, que devem ocorrer ao longo de toda a escolarização, sem a pressa e a pretensão de que todas as dimensões serão esgotadas em apenas um ano letivo. Essas práticas de uma Educação em Astronomia contextualizada problematizam as práticas mais usuais que tratam de escalas macros e verticalizadas, focadas nas definições e modelos descontextualizados.

Por isso, mesmo nas aulas com estudantes do Ensino Médio e na formação de professores, não se deve considerar, sem avaliar, que as dimensões micro e horizontais já foram exploradas. É importante verificar e incluir essas dimensões em nossos processos de ensino e aprendizagem. Até porque se deseja que os alunos conheçam o mundo, o Sistema Solar, mas se esquece que eles desconhecem o próprio lugar onde vivem.

#### Referências

Bisch, S. M. (1998). *Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores* (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Bretones, P. S. (2006). *Astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Castro, I. E. (1995). O problema da escala. In I. E. Castro, P. C. C. Gomes, & R. L. Corrêa (Eds.), *Geografia: conceitos e temas* (pp. 117–140). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Chefer, C., & Oliveira, A. L. de. (2022). Astrobiologia no contexto do ensino de ciências no Brasil: cosmovisões de pesquisadores e professores da área. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 24. doi: 10.1590/1983-21172022240125.
- Compiani, M. (2007). O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, 13(1), 29–45.
- Compiani, M. (2012). O desprestígio das imagens no ensino de Ciências, até quando? Uma contribuição das Geociências com a Gestalt. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 5(1), 127–154.
- Fernandes, T. C. D. (2018). *Um estudo sobre a formação continuada de professores da Educação Básica para o ensino de Astronomia utilizando o “Diário do céu” como estratégia de ensino* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Freire, P. (2021). *Pedagogia da Indignação: cartas pedagógicas e outros escritos*. (6ª ed.). São Paulo: Paz e Terra.
- Gonçalves, P. C. da S., & Bretones, P. S. (2020). Um Panorama de Pesquisas do Campo da Educação Sobre a Lua e suas Fases. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26. doi: 10.1590/1516-731320200007.
- Gonçalves, P. C. da S., & Bretones, P. S. (2021). O ensino sobre a Lua e suas fases: uma proposta observacional para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 23. doi: 10.1590/1983-21172021230118.
- Jafelice, L. C. (2002). Nós e os Céus: um enfoque antropológico para o ensino de Astronomia. In SBF (Ed.), *Atas do 8º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (pp. 21–28). Águas de Lindóia: SBF.
- Jafelice, L. C. (2010). Abordagem Antropológica: educação ambiental e astronômica desde uma perspectiva intercultural. In L. C. Jafelice (Ed.), *Astronomia, educação e cultura* (pp. 213–299). Natal: EDUFRN.
- Jafelice, L. C. (2015). Astronomia Cultural nos ensinos Fundamental e Médio. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia – RELEA*, 19, 57–92.
- Kantor, C. A. (2012). *Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural* (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Paula Cristina da Silva Gonçalves e  
Maurício Compiani

Lago, L., Ortega, J. L., & Mattos, C. (2018). A Lua na mão: mediação e conceitos complexos no ensino de Astronomia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 20.

Lanciano, N. (1986). Weeks of Astronomy in the countryside. *ESA Spec. Publ.*, 211–215.

Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeu y pensar como Copérnico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 2(7), 173–182.

Leite, C. (2002). *Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia* (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Leite, C. (2006). *Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade* (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lima, M. L. de S. (2006). *Saberes de Astronomia no 1º e 2º ano do ensino fundamental numa perspectiva de letramento e inclusão* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Longhini, M. D., & Gomide, H. A. (2014). Aprendendo sobre o céu a partir do entorno: uma experiência de trabalho ao longo de um ano com alunos do Ensino Fundamental. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia – RELEA*, (18), 49–71.

Longhini, M. D., Gomide, H. A., & LUZ, T. M. (2016). *OLHE: Observatório Local do Horizonte da Escola: uma proposta para o Ensino de Astronomia*. Jundiaí: Paco Editorial.

Massey, D. (2009). *Pelo espaço: uma nova política da espacialidade*. Bertrand.

Medeiros, L. A. L. (2006). *Cosmoeducação: uma abordagem transdisciplinar no ensino de Astronomia* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Mesquita, S. C. F. (2011). *Projeto “O calendário e a medida do tempo”*: Ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Nascimento, F. B. (2021). *Contextualização do ensino de astronomia pelos conhecimentos locais: uma possibilidade para a formação continuada* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Peixoto, D. E. (2018). *Astronomia como disciplina integradora para o ensino de Ciências* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Silva, T. P. da, & Bisch, S. M. (2020). Nossa posição no Universo: uma proposta de sequência didática para o ensino médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 29, 27–49. doi: 10.37156/relea/2020.29.027.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.

## A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DA RELAÇÃO PERÍODO-LUMINOSIDADE DE HENRIETTA LEAVITT

 Bárbara de Almeida Silvério<sup>1</sup>

 Camila Maria Sitko<sup>2</sup>

 Alexandre Luiz Polizel<sup>3</sup>

**Resumo:** A Epistemologia Genética avalia os processos de aprendizagem que toda pessoa passa ao apreender um novo conceito, a qual usualmente se associa ao desenvolvimento infantil, mas não se limita a este. Neste trabalho, como forma de exemplificar tal processo para além do desenvolvimento da criança, propõe-se apresentar um estudo de caso, sob a ótica da Epistemologia Genética de Piaget, acerca dos processos de aprendizagem pelos quais Henrietta Leavitt passou ao desenvolver a Relação Período-Luminosidade das estrelas variáveis cefeidas. Dessa forma, ao passo em que se trabalha o desenvolvimento de tal relação, evidencia-se também a participação de uma mulher na construção da Astronomia. Foi realizada uma pesquisa qualitativa de cunho exploratório, a partir das bases documentais-bibliográficas escritas pela astrônoma. Foram analisados dois trabalhos escritos por ela, partindo de dois movimentos: apresentação descritiva do caso da astrônoma e desenvolvimento da compreensão da Relação Período-Luminosidade (RPL) das estrelas variáveis cefeidas, seguido da apresentação de uma analítica hermenêutico-conceitual ancorada nos conceitos piagetianos. Com as análises realizadas, foi possível identificar as fases do conhecimento segundo Piaget, mostrando uma técnica possível de ser utilizada da Epistemologia Genética para além do desenvolvimento infantil.

**Palavras-chave:** Henrietta Leavitt; Epistemologia Genética; Relação Período-Luminosidade; Estrelas variáveis cefeidas.

## LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA EN EL DESARROLLO DE LA RELACIÓN PERÍODO-LUMINOSIDAD DE HENRIETTA LEAVITT

**Resumen:** La Epistemología Genética evalúa los procesos de aprendizaje por los que pasa toda persona al aprehender un nuevo concepto, que generalmente es asociada al desarrollo infantil, pero no limitado a él. Este trabajo, como una forma de ejemplificar tal proceso más allá del desarrollo del niño, se propone presentar un estudio de caso, desde la perspectiva de la Epistemología Genética de Piaget, sobre los procesos de aprendizaje por los que pasó Henrietta Leavitt al desarrollar la Relación Período-Luminosidad de las estrellas variables cefeidas. De esta forma, mientras se

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Bauru, Brasil. E-mail: barbaradealmeida.s@gmail.com.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Brasil. E-mail: camilasitko@utfpr.edu.br.

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), São Mateus, Brasil. E-mail: alexandre\_polizel@hotmail.com.

trabaja en el desarrollo de tal relación, también se evidencia la participación de una mujer en la construcción de la Astronomía. Se realizó una investigación exploratoria cualitativa, a partir de bases documentales-bibliográficas redactadas por la astrónoma. Se analizaron dos obras escritas por ella, partiendo de dos movimientos: presentación descriptiva del caso de la astrónoma y desarrollo de la comprensión de la Relación Período-Luminosidad (RPL) de las estrellas variables cefeidas, seguida por la presentación de un análisis hermenéutico-conceptual anclado en los conceptos piagetianos. Con los análisis realizados se logró identificar las etapas del conocimiento según Piaget, mostrando una posible técnica a ser utilizada desde la Epistemología Genética más allá del desarrollo infantil.

**Palabras clave:** Henrietta Leavitt; Epistemología Genética; Relación Período-Luminosidad; Cefeidas estrellas variables.

## THE GENETIC EPISTEMOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF THE HENRIETTA LEAVITT'S PERIOD-LUMINOSITY RELATION

**Abstract:** The Genetic Epistemology evaluates the learning processes that every person goes through when apprehending a new concept, which is usually associated with child development, but not limited to it. This paper, as a way to exemplify such a process beyond the child's development, proposes to present a case study, from the perspective of Piaget's Genetic Epistemology, about the learning processes that Henrietta Leavitt went through when developing the Period-Luminosity Relationship of Cepheid variable stars. In this way, while working on the development of such a relationship, the participation of a woman in the construction of Astronomy is also evident. A qualitative exploratory research was carried out, based on documentary-bibliographical bases written by the astronomer. Two works written by her were analysed, starting from two movements: descriptive presentation of the astronomer's case and development of the understanding of the Period-Luminosity Relationship (RPL, in Portuguese) of Cepheid variable stars, followed by the presentation of a hermeneutic-conceptual analysis anchored in Piagetian concepts. With the analyses carried out, it was possible to identify the stages of knowledge according to Piaget, showing a possible technique to be used from Genetic Epistemology beyond child development.

**Keywords:** Henrietta Leavitt; Genetic Epistemology; Period-luminosity Relation; Cepheid variables stars.

### 1 Introdução

O psicólogo suíço Jean Piaget (1896–1980) foi responsável por uma das maiores contribuições ao entendimento do desenvolvimento humano. Apesar de ser frequentemente associado apenas à psicologia infantil, sua Epistemologia Genética se baseia primordialmente na inteligência e na construção do conhecimento, buscando entender como indivíduos, sozinhos ou coletivamente, constroem o conhecimento

e por quais processos e etapas passam, de modo articulado, para realizar tais processos de aprendizagem<sup>4</sup>. Para Piaget, somente uma visão desenvolvimentista<sup>5</sup> e que articula o conhecimento pode responder essas questões (Abreu, Oliveira, Carvalho, Martins, Gallo, & Reis, 2010). Assim, a base do pensamento e instrumental piagetiano remete-nos a um pensar epistemológico.

O termo *Epistemologia* é utilizado para identificar o que se chama de teoria do conhecimento, ou seja, um campo de saber que remete a reflexões acerca do saber, pensar, “intelectar” e conhecer, sendo que o sujeito pensador reflete tais questões a partir de uma elaboração científica da questão. Neste sentido, é característica marcante na teoria piagetiana o rigor do método científico, o que o torna possível de ser replicado e a utilização de linguagem lógico-matemática como meio de análise, além de conceber a inteligência como ação e adaptação ao meio (Caetano, 2010).

O intelectual suíço destaca que compreende como objetivo de sua elaboração epistemológica, a Epistemologia Genética, explicar a continuidade entre os processos biológicos, sociais e cognitivos, sem reduzir um ao outro, o que justifica e delimita sua especificidade: o termo *Genética*. A ideia de genética aqui vem nesse entrelaçar dos aspectos biopsicossociais, enquanto um termo que representa o conjunto de elementos que contribuem e permitem que algo seja feito (como ocorre na “genética”, onde o conjunto de linguagens, codificações, variáveis, meios, relações, expressões e processamentos tornam algo possível, que, aqui, no caso, seria o conhecimento). Piaget ainda destaca que colocar o conhecimento em questão requer pensá-lo em relação às inteligências e problemáticas (relacionais) que propiciam e tornam possível coordenar ações-pensamentos em consonância aos meios para um determinado fim, de maneira não imediata e sim retrospectiva; por isso o método genético (Piaget, 1974).

Assim, Piaget sugere que as relações biopsicossociais e as relações (consigo, com o meio e com os outros) levam a um processo de evolução natural-cognitiva<sup>6</sup> na elaboração de conhecimento. Ele categoriza quatro estágios em que os sujeitos evoluem desde o desconhecimento do mundo até o desenvolvimento das capacidades de conhecer além dele, de fazer usos de inteligências desenvolvidas-elaboradas ao longo desses processos (Abreu et al., 2010).

Independentemente do estágio, para Piaget, a construção de conhecimento ocorre pela relação dialética entre sujeito e objeto<sup>7</sup>, por meio de “processos de assimilação, acomodação e equilíbrio, num desenvolvimento sintético mútuo e progressivo” (Abreu et al., 2010, p. 363). É importante ressaltar que tal perspectiva progressiva não se ancora em uma noção de linearidade, mas compreende a própria progressividade em seus termos dialéticos, complexos, ramificados e articulados. Destaca-se, também, que o equilíbrio real ocorre após sucessivas situações de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio, a fim de dominar o conhecimento que se constitui ao longo do processo. Querer conhecer um objeto é o que leva o

---

<sup>4</sup> Considera-se aqui como processo de aprendizagem aquele pelo qual os sujeitos (e comunidades científicas) passam e tornam possível a percepção, elaboração, representação e difusão de conhecimentos. Processos que tocam os modos de perceber, compreender e desenvolver determinado conhecimento (Piaget, 1973).

<sup>5</sup> Ressalta-se que Piaget não compreende o desenvolvimento como um processo linear, contínuo e em um sentido único, mas é compreendido como um processo de complexificação e extensão pelos usos de múltiplas inteligências na compreensão de um dado, fato e/ou experiência, elaborando assim conhecimento a partir das relações inteligência-complexidade (Piaget, 1978).

<sup>6</sup> Compreenda-se a noção de natural-cognitivo não enquanto algo de uma “geração espontânea” ou “deterministicamente já traçada”, mas como uma condição emergente das relações que tornam possível uma elaboração de conhecimento a partir destas (Piaget, 1971).

<sup>7</sup> É importante que o objeto seja compreendido como um objeto a ser conhecido, não limitando a uma dicotomia simplista sujeito-objeto (Piaget, 1980).

sujeito a executar os quatro estágios – ou seja, os traços afetivos e desejantes –, bem como as inteligências acionadas por meio de tais processos e as interações socioculturais propiciadas por estes (Piaget, 1970).

É assim que Piaget articula seu esquema teórico-prático, apresentando que a ação de um sujeito prostrado na interação com um objeto constrói formas e/ou estruturas de inteligência, o que permite a ele se adaptar melhor ao meio que o cerca, bem como elabora, a partir desta estrutura, as possibilidades de ver, ler e construir interações com a realidade.

Para ter uma base empírica de tal investigação, o mesmo pesquisa o desenvolvimento humano com o passar da idade, desde o nascimento à juventude, por entender esse período como o mais apropriado enquanto modelagem que permite demonstrar empiricamente sua teoria de Epistemologia Genética (Caetano, 2010). No entanto, o teórico deixa claro que ela não se ancora em idades específicas para que cada estágio ocorra, assim como não se limita a analisar um indivíduo isolado e sim sua relação de aprendizagem com o meio (Piaget, 1970; 1980).

Assim, ao pensar a Epistemologia Genética elaborada a partir das bases piagetianas, vemos nesta a potencialidade para pensar aspectos da História, Filosofia e Sociologia das Ciências. A exemplo, vemos essa potencialidade expressa nas análises acerca das Histórias das Ciências desenvolvidas por Bartelmebs (2014). A autora aponta para a Epistemologia Genética e situa-nos de que “o que interfere no desenvolvimento da ciência são os mecanismos de transição entre um conteúdo e outro, o que implica construções cognitivas diferentes em diferentes etapas” (p. 151). Tal aspecto remete a como as inteligências nas ciências encontram-se articuladas aos estágios pelos quais o próprio inteligir das ciências passa, e o elaborar saberes ao longo destes.

Nesse sentido, neste trabalho, analisamos um episódio histórico que envolve a construção de conhecimentos astronômicos, trazendo outro aspecto muito relevante para a compreensão de como a ciência de fato é construída: a presença/atuação de mulheres nesse meio, em detrimento de sua pouca representatividade nos livros e discursos científicos.

É comum de se pensar que a construção das Ciências é desprovida de qualquer tipo de preconceito ou desigualdade, ou seja, que ela é algo neutro. No entanto, ao se estudar sob o viés de alguma das epistemologias feministas (Haraway, 1989; Rossiter, 1993; Fox-Keller, 1995; Schiebinger, 2001), nota-se que ela é produzida sob o privilégio epistemológico de um dominante, que entrelaça saber e poder e propaga a ideia de produção científica não relacionada ao mundo social e político. No entanto, torna-se visível que as Ciências são pensadas para e por homens e, justamente, por esse motivo, são apresentados com maior relevância feitos alcançados por homens e se omite o que é feito por mulheres (Dorlin, 2009). Os estudos de gênero nas Ciências vêm denunciando que a falta de mulheres, além de excluí-las, prejudica o avanço das áreas (Oreskes, 2019).

Como forma de evidenciar as questões de gênero presentes nas Ciências, desde as décadas de 1970 e 1980, vêm sendo desenvolvidas algumas vertentes dos estudos de gênero, dentre elas a de “Mulheres nas Ciências”, que se foca na invisibilidade das mulheres na área, na documentação e no estudo de mulheres ignoradas pela Ciência tradicional ao longo da história e na análise da carreira de mulheres bem sucedidas nas Ciências tradicionais, que alcançaram sucesso, apesar das barreiras (Citeli, 2000).

Portanto, baseando-se na necessidade de se evidenciar o trabalho de mulheres na Astronomia, o que é parte fundamental da compreensão da construção do empreendimento científico, e também no reconhecer das bases reflexivas e analíticas propiciadas pela Epistemologia Genética e se apropriando desta para pensar aspectos da História, Filosofia e Sociologia das Ciências, o presente manuscrito, recorte de uma

dissertação de mestrado, tem por objetivo realizar um estudo de caso sobre os processos de aprendizagens pelos quais uma mulher, a astrônoma Henrietta Swan Leavitt (1868 – 1921), percorreu para desenvolver a Relação Período-Luminosidade das estrelas variáveis cefeidas.

## 2 Epistemologia Genética: Situando as bases

A proposta da Epistemologia Genética diz respeito a pensar como o conhecimento é elaborado e como é possível conhecer com ele. Jean Piaget (1970; 1980; 1973) apresenta diversos conceitos que refletem os próprios processos psicológico e epistemológico do aprender. Nesta seção, trataremos dos conceitos de estágios e suas delimitações, bem como das noções de assimilação, acomodação, equilíbrio do sistema mental, elaboração de esquema, aspecto figurativo do conhecimento, experiência física e experiência lógico-matemática, abstração simples e abstração refletidora. Esses conceitos nos permitirão pensar como o conhecimento se dá e como ele é elaborado em nível psicológico, ou seja, como ocorrem os processos de construção e elaboração de um novo conceito, ideia ou conhecimento, dado por meio das interações sociais com o ambiente, os outros e consigo mesmo.

Piaget criou o método clínico e com ele iniciou as investigações sobre desenvolvimento na infância e a construção da inteligência. O termo “genética” de sua epistemologia está relacionado à gênese – não apresentada em um sentido estrito do que é tomado para compreender a Biologia, mas considerando os conhecimentos biológicos como parte dos processos. Para o mesmo, o pensar a gênese nos convida a pensar as condições pelas quais algo se torna possível, ou seja, pensar um processo de estruturação para o conhecimento, o que leva Jean Piaget a situar que “toda estrutura tem uma gênese” e “toda gênese parte de uma estrutura e chega a outra estrutura” (Piaget, 1999, p.126). Isso significa que para compreender o desenvolvimento da apreensão de um conceito, é necessário analisá-lo em termos das condições que o tornam possível, ou seja, sua gênese.

Um dos pontos principais da Epistemologia Genética é reconhecer que o conhecimento é uma elaboração a partir dos processos de aprendizagem, mostrando que um sujeito passa de um conhecimento em que há uma compreensão em menor complexidade, para um conhecimento de nível maior (em termos de complexidade), além de conceber inteligência como algo ligado à ação e adaptação ao meio (meio aqui considerado enquanto físico, subjetivo e discursivo). Piaget também utiliza o termo “sujeito epistêmico” e afirma que estudar o conhecimento é conhecer não apenas o assunto, mas como ele se desenvolve na mente do sujeito (Correia, Anjos, & Velloso, 2015).

Desse modo, a estrutura principal da Epistemologia Genética é um olhar voltado à interação entre o sujeito e o objeto, sendo então considerada uma teoria do conhecimento. Sob tal perspectiva, os conhecimentos se constroem à medida que interagem com outros conhecimentos de nível mais elementar e não de maneira linear de um para outro (Bartelmebs, 2014).

A construção do conhecimento, neste sentido, encontra-se atrelada a que “[...] um fato [o saber] será sempre o produto de composição de uma parte fornecida pelos objetos e de uma outra construída pelo sujeito” (Piaget & García, 2011, p. 37). Isso significa que um fato não existe por si só, mas é construído pela interação, e, por isso, a produção dos fatos requer que os investigadores, ao longo das interações, elaborem um conjunto de esquemas e conceitos que as representem, na medida em que ocorrem. Ainda se destaca que o conhecimento do fato (do conhecido), dessa forma, exige adaptação daquele que o enfrenta, interferindo na construção lógica do pensamento e reconstruindo-o, ou seja, criando um nível de

conhecimento com maior nível de complexidade e investimento de inteligências em relação ao objeto (Bartelmebs, 2014).

Esse investimento e desenvolvimento de inteligências, que torna possível o conhecimento do objeto, é apresentado pela Epistemologia Genética, ao considerar o sujeito cognoscente como aquele que passa por várias etapas de desenvolvimento ao longo da vida (o que o faz desenvolver potenciais intelectivos), ao mesmo tempo em que faz com que o objeto a ser conhecido torne-se algo que passa por várias etapas interacionais. Isso permite elaborar, a partir de tais relações, esquemas lógicos de compreensão do mesmo.

Esse desenvolvimento resulta do equilíbrio entre assimilação e acomodação, elaborando um esquema mental equilibrado que dá possibilidades de outros olhares, pensares e ações frente ao mundo. Este esquema equilibrado gera uma mudança cognitivo-comportamental que confere outros modos de ser, estar e agir, ou seja, de adaptar-se a partir do conhecimento (de tal aspecto elabora-se o conceito de adaptação). Dessa forma, o sujeito assimila dados do exterior a um esquema mental já elaborado-equilibrado, de maneira recognitiva, reprodutiva e generalizadora, adaptando as estruturas mentais já existentes, ou seja, acomodando o novo conhecimento (elaborando um novo esquema mental que comporte tal complexidade da relação com o objeto conhecido). Isso mostra que todo novo conhecimento é influenciado pelo já existente no indivíduo, que foi elaborado a partir de interações anteriores e equilibrado em um esquema mental que é tomado como referência em sua compreensão-interação frente ao mundo. Resumidamente, a assimilação ocorre quando um novo conhecimento é relacionado na estrutura mental que o sujeito possui. Da mesma forma, à medida que novos fatores são considerados, novos aspectos são incorporados (acomodados) pela estrutura cognitiva, calibrando-a em um novo esquema mental e possibilitando que a adaptação ocorra – fazendo com que o sujeito-esquema se modifique de algum modo, a fim de incorporar esse conhecimento (Abreu et al., 2010).

Evidencia-se que tais processos descritos por Jean Piaget (1970; 1973; 1980), refletindo sobre a relação entre o processo do conhecer com a estruturação da mente – de modo dinâmico pelos fluxos do sistema de equilíbrio, assimilação, acomodação, adaptação e esquematização –, tornando possível a elaboração de um esquema mental acerca do conhecido, dá indícios estruturais para compreender, também, a estruturação dos conceitos em uma dimensão dos conhecimentos históricos. Ou seja, considera-se que a estruturação dá possibilidade à esquematização para a compreensão, o uso e a elaboração dos conceitos dos quais lançamos mão para o conhecer.

A compreensão desses processos dá-se ao compreender que tal dinâmica pode ser entendida em uma relação com estágios. No procedimento de compreensão de tais “estágios”, Piaget os descreve em relação àquilo tratado enquanto estágios de desenvolvimento e inteligência de um indivíduo, ou seja, de modos de compreender o mundo – em relação com a dinâmica de desenvolvimento destes. Como já foi dito e é extensamente difundido, Piaget estudou crianças de diferentes idades para estabelecer esses estágios e, apesar de frequentemente estarem atrelados a faixas etárias, eles não se delimitam a isso; é possível limitar os mesmos estágios na compreensão do desenvolvimento de uma aprendizagem específica, ou, no caso específico deste trabalho, no desenvolvimento de um conceito científico. São eles aqui apresentados, primeiramente dessa forma, apenas como exemplificação.

**Estágio 1:** O desenvolvimento infantil se estende do nascimento até aproximadamente dois anos de idade. Neste estágio, o indivíduo apresenta uma inteligência sensório-motora. Seu aprendizado ocorre através de reflexo e observação, ao longo do qual atinge o equilíbrio biológico e cognitivo que constrói as primeiras noções de causalidade, tempo, espaço e linguagem.

**Estágio 2:** Denominado estágio pré-operatório, é onde o sujeito constitui uma estrutura operatória inicial. Em crianças, o equilíbrio é geralmente atingido por volta dos 4 ou 5 anos e nele permanecem até os 7 ou 8 anos. Neste estágio, apresenta-se a inteligência simbólica ou semiótica, sendo esta inteligência relacionada também a um estágio pré-operatório. Nela, o pensamento desenvolve sistemas de representação, estruturas, classificação e de conservação do ambiente que observa. Há neste estágio uma operação que se dá em ao menos dois vetores: a interlocução da inteligência articulando linguagens e símbolos, bem como o estabelecimento de relações no que toca às imagens e aos sentidos (Wardsworth, 1996). Compreende-se que algo apresentado inicialmente se conserva, apesar de alguma mudança; por exemplo, ao colocar água em uma forma e esta no congelador. Mesmo após a formação de gelo, sabe-se que na forma ainda existe a água e não outro material diferente.

Ressalta-se que a articulação do Estágio 2 com o Estágio 3 recorre ao prefixo “pré” em relação aos processos de operações concretas pela compreensão do estabelecimento de articulação entre o potencial de simbolizar e operar semióticas, no que tange às inteligências e estruturas das inteligências, enquanto uma condição necessária para a compreensão de processos estruturais e sistemas complexos. Todavia, compreende-se que as inteligências acionadas-efetuadas nos modos de simbolizar, representar e estabelecer semióticas distinguem-se dos processos de ordenação, estruturação e sistematização de pensamentos (Piaget, 2010) – o que coloca em questão o uso do prefixo enquanto modo de nomear tal estágio (Wardsworth, 1996).

**Estágio 3:** O estágio operatório concreto apresenta a capacidade da criança coordenar ações bem ordenadas, podendo fechar estruturas ou sistemas completos. O equilíbrio ocorre por volta dos 9 ou 10 anos de idade e nele a criança permanece por mais um a três anos. Neste estágio ocorre a transição de uma inteligência operatória concreta para operatória formal, sendo está o último tipo de inteligência que se atinge.

**Estágio 4:** O último estágio de desenvolvimento, que atinge o equilíbrio por volta dos 14 e 15 anos e durando a vida toda, leva o nome de operatório formal. Tal estágio representa o processo de elaboração de um esquema mental equilibrado que permite a compreensão do objeto a partir de um nível de abstração do conhecido, associado a uma linguagem lógico-matemática/aritmética. É nesse estágio que se torna possível uma compreensão dos fatores e operações relacionadas a um conhecimento, sua possibilidade de reversibilidade para compreensão em sua derivação e integração operatória.

Para o pensar epistemológico genético, essa elaboração-equilíbrio de um novo conceito/conhecimento se relaciona a três níveis de interação, que são os níveis intra-inter-trans. O nível intra define a assimilação inicial de um fato, ou seja, a equilíbrio e acomodação do objeto em si no esquema lógico. O nível inter se refere à mudança de atributos dos objetos dotados de propriedades absolutas para sistemas de relações. Nesse nível, apresenta-se a assimilação e incorporação recíproca entre sistemas e subsistemas no pensamento (Bartelmebs, 2014).

Por fim, há o nível trans. Segundo Piaget (1975, p. 16),

esta terceira forma de equilíbrio não se confunde com a segunda, pois acrescenta uma hierarquia às simples relações entre colaterais. Na verdade, uma totalidade é caracterizada por suas leis próprias de composição, constituindo um ciclo de operações interdependentes e de ordem superior aos caracteres particulares dos subsistemas.

Vê-se assim, que a passagem de um nível para outro ocorre pela necessidade endógena construída a partir da exógena inicial. Isso significa que a Epistemologia Genética, ao tratar da estruturação cognitiva

do conhecimento adquirido pela observação e interação com o ambiente, é não apenas biológica, mas também ambiental (Bartelmebs, 2014) e biopsicossocial (Piaget, 1970).

Esse desenvolvimento dos saberes-conceitos perpassa três etapas estruturantes que atravessam do contexto psicológico das ações até atingirem o caráter extemporâneo, estrutural e que reconstitui a gênese temporal nas ligações lógico-matemáticas depuradas. A primeira etapa se refere à função semiótica, ou seja, “a interiorização em imagens e a aquisição da linguagem [que] permitem ‘a condensação das ações sucessivas em representações simultâneas’” (Abreu et al., 2010, p. 364). Nessa etapa, ainda que inicial, já existe um quadro operativo de esquema pré-lógico a partir da percepção espaço-temporal ligado ao segundo estágio. A segunda etapa se refere já às operações concretas, apresentando antecipação e retroação coordenada a fim de entender a reversão necessária para refazer e conservar o ponto de partida para o conhecimento, mas ainda preso a objetos concretos em si. Por fim, na terceira etapa, a pessoa supera o real e seu conhecimento não necessita da mediação de algo concreto para se relacionar ao necessário (Abreu et al., 2010).

Fica evidente, neste sentido, que a Epistemologia Genética explica a elaboração de conhecimento pelo ser humano e quais são seus processos naturais-cognitivos, de modo prático e teoricamente detalhado. O que se torna compreendido, neste sentido, é que “a ênfase está, portanto, na construção, ou melhor, na reconstrução dos caminhos pelos quais o indivíduo evoluiu de um estado inicial pré-linguístico até um determinado estado atual, onde é amplamente capaz de um formalismo linguístico” (Abreu et al., 2010, p. 364).

Vale ressaltar que Piaget (1975) propõe que a assimilação de conteúdo e sua esquematização é dada por meio de esquemas objetivos, que se estruturam extemporaneamente com o passar do desenvolvimento natural-cognitivo da pessoa, o que provoca mutuamente continuidade e ruptura a fim de reconhecer a lógica-matemática<sup>8</sup> da própria assimilação de conteúdo. Isso ocorre por meio de três tipos de processos:

**Assimilação generalizadora:** Ocorre quando esquemas estruturantes se modificam para assimilar novos objetos da realidade, generalizando-o e tendendo à formalização.

**Assimilação reconhecedora (discriminante):** Ocorre com a capacidade do esquema de buscar um (ou mais) objeto específico, partindo de uma determinada característica.

**Assimilação recíproca:** Ocorre com a fusão de dois ou mais esquemas generalizados de maneira hierárquica. Para Piaget, “só nos aproximamos da estrutura das coisas por aproximações sucessivas, nunca definitivas” (p. 365).

Existe ainda uma camada do processo que se direciona às expectativas sociais do processo de conhecimento. Aqui se destacam os conceitos de assimilação e adaptação, que podem processar esse limite tênue entre natural e social na modernidade. A assimilação se refere à incorporação, modificada ou não, de certa informação às estruturas existentes na cognição, enquanto a adaptação se refere ao organismo se modificando para incorporar a nova informação.

---

<sup>8</sup> Toma-se aqui a lógica-matemática em dois sentidos: i) como um sistema de pensamento que considera as relações representacionais de fatores em interação que tornam algo possível (uma estrutura de funcionamento que pode ser compreendida, representada e esquematizada); e ii) enquanto uma linguagem representacional que permite o pensar, organizar o pensamento e estruturá-lo – um uso de inteligência que requer as bases de percepção, associação, representação, atuação e abstração.

São os comportamentos, não as pessoas, que estão em estágios; a idade é um indicador e não um critério de desenvolvimento; é a necessidade lógica, não a verdade, a questão central; a construção do conhecimento não é uma tarefa individual, mas social (p. 365).

Tendo isso em vista é que a Epistemologia Genética nos permite analisar um episódio histórico, a fim de entender como ocorreu a estruturação de um novo conceito na Ciência, fazendo, de certo modo, analogia e associação aos estágios do desenvolvimento humano. Se operacionalizamos tal articulação, isso se dá pela compreensão de que a epistemologia genética não se ancora apenas no pensar a relação entre momentos de vida e de desenvolvimento cognitivo em um sujeito, mas enquanto uma perspectiva epistemológica. Dizemos com isso que compreendemos enquanto uma epistemologia (Piaget, 2010, 1999, 1980, 1973; Piaget & García, 2011) os processos pelos quais compreendemos a elaboração de saberes e usos das inteligências, e instrumento potente de análise para articulação nos processos de construção de saberes e de seus desenvolvimentos. Assim, ao considerarmos o desenvolvimento-elaboração de um conhecimento, vemos a evocação de inteligências que são representadas pelo pensar piagetiano (Piaget, 1978, 1975), elementos que se evidenciam na história das ciências e nos processos de composição de conhecimento.

Assim, a percepção, evidenciação e manipulação de um objeto em sua relação espaço-temporal e perceptível-evidenciável (estágio 1), relacionam-se ao processo de representação, simbolização e semiótica dos fenômenos (estágio 2), bem como nos processos de organização, estruturação e sistematização de saberes (estágio 3) e na possibilidade de extrapolação, abstração, levantamentos, formulação e outros processos possíveis (estágio 4) – sendo tais processos, inteligências e ‘estágios’ característicos da composição dos saberes-ciências, para além da psicologia de um sujeito humano (Piaget & García, 2011).

### **3 Movimento Metodológico**

Neste manuscrito, colocamo-nos a buscar compreender os processos de aprendizagem pelos quais a astrônoma Henrietta Swan Leavitt percorreu para desenvolver a Relação Período-Luminosidade das estrelas variáveis cefeidas, sob a ótica da Epistemologia Genética de Jean Piaget.

Para tal, desenvolvemos a presente investigação por meio de uma pesquisa de cunho qualitativo. Com isso, ressalta-se que o olhar visa a compreensão das qualidades, especificidades e singularidades do fenômeno estudado, de modo que não buscamos esgotar a compreensão do caso, mas sim buscamos elaborar descrições interpretativas e percepções que nos permitam compreender os aspectos da qualidade do fenômeno da aprendizagem que tornou tal concepção possível (Triviños, 1987).

Esta pesquisa é de cunho exploratório, de modo que busca explorar o caso Henrietta Leavitt, apresentando aspectos descritivos, interpretativos e da exploração do episódio em questão. Esta modalidade de pesquisa busca um movimento dual de: i) elaborar compreensões acerca do fenômeno explorado, deixando bases para pesquisas futuras e outras informações que possam valer-se destas; ii) elaborar um conhecimento acerca do caso investigado, ao passo que a própria exploração permite a elaboração de saberes-conhecimentos sobre o mesmo (Lüdke & André, 1986; Marconi & Lakatos, 2003). Ressalta-se que explorar os fenômenos atinge os processos de entender sobre o estudado, ao passo que a pesquisa enfoca em, também, dar subsídios para trabalhos futuros.

Para isso, estabelecemos como as bases da pesquisa o estudo de caso de Henrietta Leavitt e o desenvolvimento da compreensão da Relação Período-Luminosidade das estrelas variáveis cefeidas, ou seja, a elaboração desse saber. O estudo de caso tem por objetivo focalizar em um “objeto de estudo” específico, buscando compreendê-lo em seu detalhamento. Nessa modalidade de pesquisa não se busca uma abrangência numérica, mas o olhar sobre um acontecimento específico (Marconi & Lakatos, 2003).

Nossa base para a compreensão do caso foram os registros bibliográfico-documentais (Triviños, 1987; Marconi & Lakatos, 2003) escritos pela própria autora, como fonte de registro diretamente elaborado por esta. Tais escritos encontram-se disponíveis na HOLLIS, a Biblioteca digital da Universidade de Harvard. Foram analisados dois textos, sendo eles o “1777 variáveis nas Nuvens de Magalhães” (*1777 variables in the Magallanic Clouds*) (Leavitt, 1908) e o “Períodos de 25 Estrelas Variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães” (*Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud*) (Leavitt & Pickering, 1912).

Para compreendermos os processos de aprendizagem que Leavitt percorreu para o desenvolvimento da RPL, implicamos o uso de uma análise hermenêutica guiada por conceitos piagetianos, ou seja, fazemos uso das descritivas das dinâmicas de gênese dos conhecimentos emprestadas pela Epistemologia Genética para interpretativa e análise do caso, guiando-nos pela chave conceitual que esta disponibiliza: esquemas, assimilação generalizadora, assimilação reconhecadora, assimilação recíproca e níveis de interação intra-inter-trans.

Assim, esta análise foi operacionalizada em dois movimentos: i) A apresentação de uma descritiva do caso de Henrietta Leavitt e o desenvolvimento da compreensão da Relação Período-Luminosidade das estrelas variáveis cefeidas, com enfoque no processo de contextualização, apresentação e descrição do caso – característico do estudo de caso e recurso analítico deste (Marconi & Lakatos, 2003); ii) A apresentação de uma analítica hermenêutico-conceitual (Ghedin, 2004; Walker & Avant, 1995), ancorada na chave de conceitos piagetianos.

#### **4 Um estudo de caso: Henrietta Leavitt e o desenvolvimento da Relação Período-Luminosidade**

O Observatório da Universidade de Harvard foi construído na década de 1840 a fim de contribuir com a Astronomia nos Estados Unidos. Em 1876, Edward Charles Pickering (1846 – 1919) foi contratado como diretor, e, diferentemente de todos da sua época, que utilizavam das observações para definir posições e movimentos das estrelas, Pickering buscava descobrir seu brilho e composição. Além disso, ele desejava criar uma catalogação com o máximo possível de estrelas observadas da Terra. Para isso, apenas o telescópio da Universidade de Harvard – na cidade de Cambridge, EUA, não seria suficiente. Assim, ele buscou e conseguiu o apoio financeiro de Catherine Wolfe Bruce (1816 – 1900) para construir um Observatório no Hemisfério Sul, escolhendo a cidade de Arequipa, no Peru, como sede. Dessa forma, o Observatório de Harvard, então com dois grandes telescópios, possuía uma grande quantidade de novas fotografias e informações para serem analisadas e catalogadas, o que resultou na demanda de novas pessoas

para o trabalho. Foi assim que surgiram as chamadas “Calculadoras de Harvard”<sup>9</sup>, quando Henrietta Swan Leavitt foi contratada (Johnson, 2005).

Henrietta Leavitt, nasceu em 04 de julho de 1868, formou-se na *Society for Collegiate Instruction of Women*, mais tarde *Radcliffe College*, em 1892. Ingressou no Observatório da Universidade de Harvard no ano seguinte, inicialmente como assistente voluntária, com o intuito de aprender mais sobre Astronomia e foi contratada em 1895 pelo diretor Edward Pickering. Era conhecida por ser silenciosa e concentrada em seu trabalho (Sobel, 2016). Desde sua contratação, ela aprendeu e assimilou conceitos – como as noções de classificação estelar e conceitos matemáticos básicos<sup>10</sup> empregados na Astronomia Observacional – já estabelecidos sobre análise, catalogação e classificação de estrelas, detendo-se sempre no tipo de estrelas variáveis cefeidas, ou seja, aquelas que tem um ciclo de alteração de brilho, ou magnitude<sup>11</sup>, variando de 0,1 a 2 magnitudes a cada 1 a 70 dias (American Association of Variable Star Observers [AAVSO], 2011).

Depois de 1903, Leavitt foi designada ao trabalho de analisar a Nebulosa de Órion, objeto que foi fotografado por dez anos a partir dos dois Observatórios da Universidade no Hemisfério Norte (em Cambridge, EUA) e no Sul global (em Arequipa, Peru). Para as análises, Leavitt tinha uma placa fotográfica positiva da nebulosa e várias placas negativas, ou seja, de cores invertidas: as estrelas antes brancas sobre o céu preto, ficavam pretas sobre um fundo branco no aparato. Ela então decidiu sobrepor a positiva na negativa para examinar as estrelas com uma lupa. A maioria das estrelas se “cancelavam”, mas oito novas variáveis não.

Se considerarmos os estágios de desenvolvimento de Piaget, conforme já aqui discutido, não apenas para o desenvolvimento infantil, mas para o de conceitos científicos, podemos dizer que esta foi a primeira etapa estruturante (que tem função semiótica) e também a passagem pelo estágio 1 e o início do estágio 2 de desenvolvimento de uma inteligência sensório-motora acerca da relação RPL, pois foi ali que ela aprendeu a manusear os equipamentos e a fazer as leituras de placas necessárias para esse tipo de estrelas. Assim, com dois meses desse trabalho, ela já havia descoberto 77 variáveis e depois outras 200 nas duas Nuvens de Magalhães. Henrietta Leavitt analisou cada estrela que pôde dessas Nuvens, catalogando-as no trabalho “1777 Variáveis nas Nuvens de Magalhães”, onde apresentou os máximos e mínimos de cada uma delas o melhor que podia (Sobel, 2016).

A gênese do conhecimento que se refere à Relação Período-Luminosidade ocorreu em 1904, quando Henrietta Leavitt comparou duas fotografias da Pequena Nuvem de Magalhães feitas com o telescópio Bruce e descobriu inúmeras estrelas variáveis. Com a descoberta interessante, ela decidiu avaliar outras placas e encontrou 57 novas variáveis. Para encontrar os períodos, analisou uma sequência de 16 placas com exposições de 2 a 4 horas e diferença de dois ou três dias, mostrando que muitas dessas estrelas tinham um curto período. Um ano mais tarde, o número de estrelas já era de 992 nessa região. Já sobre a Grande Nuvem de Magalhães, foram encontradas 808 novas variáveis (Leavitt, 1908).

---

<sup>9</sup> As Calculadoras de Harvard foram um grupo de mulheres que trabalharam como assistentes no Observatório da Universidade de Harvard. Elas eram as responsáveis por realizar a catalogação de objetos astronômicos, anotando posição, magnitude e outras informações sobre eles. Dentre os nomes mais conhecidos das Calculadoras, além de Henrietta Leavitt, estavam Cecília Payne, Annie Jump Cannon, Williamina Fleming e Antonia Maury.

<sup>10</sup> Para o cálculo de posições das estrelas e do horário de observação (da fotografia analisada). Como o Observatório de Harvard utilizava chapas fotográficas de telescópios situados em posições geográficas diferentes, era necessário manter um padrão de horário/data e posição relativa das estrelas observadas.

<sup>11</sup> Magnitude aparente está relacionada diretamente à intensidade de brilho de uma estrela vista a partir do referencial da Terra (AAVSO, 2011).

Na Tabela II do seu trabalho (vide figura 1), ela apresentou um catálogo com 969 estrelas descobertas na Pequena Nuvem, tendo nas colunas: o número de Harvard, as coordenadas x e y, a menor e a maior magnitude e a amplitude observada. Na sexta coluna, encontram-se a diferença entre a quarta e a quinta coluna, incluindo o erro de cada quantidade. Para as variáveis que não ficam visíveis na maior magnitude, a magnitude da estrela mais fraca, porém visível, é dada na quinta coluna em *itálico* (Leavitt, 1908). Após a sexta coluna, a tabela é replicada para que mais dados sejam mostrados lado a lado.

Harv. No.	x	y	Br.	Fl.	R.	Harv. No.	x	y	Br.	Fl.	R.	Harv. No.	x	y	Br.	Fl.	R.
809	1907	9287	12.4	13.8	1.4	1357	9479	8136	14.7	15.7	1.0	1400	10304	10786	14.0	14.8	0.8
810	4205	11520	11.7	13.8	2.1	1358	9486	8164	14.8	16.0	1.2	1401	10318	8046	14.7	15.8	1.1
811	4298	12295	11.9	13.0	1.1	1359	9497	8472	15.0	16.3	1.3	1402	10322	5281	14.5	15.2	0.7
812	4421	11640	12.2	12.9	0.7	1360	9507	8932	14.8	15.8	1.0	1403	10324	8948	15.1	16.2	1.1
813	4585	11774	11.7	13.0	1.3	1361	9544	7225	15.1	16.3	1.2	1404	10328	9206	14.8	15.8	1.0
814	5586	11440	12.5	13.2	0.7	821	9570	6141	11.3	12.1	0.8	1405	10334	7881	14.1	15.2	1.1
1323	6639	5040	14.2	15.0	0.8	1362	9574	7680	14.4	15.0	0.6	1406	10374	8043	15.8	16.5	0.7
1324	6762	6237	14.1	14.7	0.6	822	9581	6805	13.5	14.6	1.1	1407	10427	8399	15.1	16.2	1.1
1325	7062	6290	15.2	16.0	0.8	1363	9585	6865	14.0	15.0	1.0	1408	10467	9214	15.4	16.5	1.1
1326	7342	7194	13.7	14.5	0.8	1364	9586	8995	15.8	16.4	0.6	1409	10498	10682	15.4	16.7	1.3
1327	7366	11187	14.2	14.8	0.6	1365	9594	6124	13.8	14.8	1.0	1410	10515	9334	14.8	15.7	0.9
1328	7374	5606	12.7	13.7	1.0	1366	9687	9062	14.8	16.3	1.5	1411	10534	7369	14.0	14.7	0.7
1329	7460	12545	14.4	15.5	1.1	1367	9705	8040	14.6	15.2	0.6	1412	10544	6187	14.5	15.6	1.1
1330	7582	7884	14.7	15.9	1.2	1368	9734	7788	14.6	15.3	0.7	1413	10546	6744	14.6	16.2	1.6
1331	7642	7324	14.1	15.5	1.4	1369	9758	8337	13.2	14.0	0.8	1414	10571	8489	14.9	15.6	0.7
1332	8025	6216	14.6	15.5	0.9	1370	9763	6969	14.0	14.6	0.6	1415	10597	7418	14.3	15.3	1.0
1333	8199	5276	14.0	14.7	0.7	1371	9827	9344	15.3	16.8	1.5	1416	10614	7755	14.1	15.2	1.1
1334	8214	5859	13.6	14.3	0.7	1372	9866	7601	14.5	15.7	1.2	1417	10614	8345	14.9	15.8	0.9
1335	8417	5266	14.2	14.8	0.6	1373	9876	8774	14.1	14.7	0.6	1418	10636	8364	14.9	16.1	1.2
817	8511	12207	12.6	13.7	1.1	1374	9884	6726	13.9	15.3	1.4	1419	10646	7950	14.5	15.2	0.7
815	8564	5186	14.3	15.2	0.9	1375	9885	5706	15.3	16.6	1.3	1420	10649	9186	15.9	17.0	1.1
1336	8617	7978	14.8	15.5	0.7	1376	9887	5659	14.9	16.3	1.4	1421	10655	7274	14.1	14.6	0.5
1337	8706	4904	14.6	15.5	0.9	1377	9894	7554	14.0	14.7	0.7	1422	10663	6353	14.6	16.1	1.5
1338	8724	5752	14.2	15.0	0.8	1378	9898	9518	15.5	16.2	0.7	1423	10665	6685	15.0	16.1	1.1
820	8774	17366	14.0	14.8	0.8	1379	9913	8062	15.0	16.0	1.0	1424	10686	9692	15.0	16.0	1.0
1339	8782	7694	14.8	15.7	0.9	1380	9922	8894	15.8	16.6	0.8	1425	10697	10476	14.3	15.4	1.1
1340	8806	6624	14.6	15.8	1.2	1381	9935	8317	14.7	15.5	0.8	1426	10709	8864	14.2	14.8	0.6
816	8842	5244	14.2	15.2	1.0	1382	9952	7916	14.0	15.1	1.1	1427	10724	8594	14.9	15.6	0.7
1341	8892	4754	14.5	14.9	0.4	1383	9967	5536	14.9	15.9	1.0	824	10734	9857	11.5	12.9	1.4
1342	9027	6013	12.7	13.8	1.1	1384	9974	8362	14.7	15.2	0.5	1428	10816	10243	15.5	16.7	1.2

**Figura 1** - Parte da Tabela II de Variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães.

**Fonte:** Leavitt, 1908.

Leavitt fez o mesmo procedimento para a Grande Nuvem de Magalhães, onde encontrou mais 800 novas variáveis, no qual a astrônoma alertava que as magnitudes estimadas ainda estariam em revisão (Leavitt, 1908).

A região onde se encontra a Grande Nuvem é muito maior que a Pequena. Assim, para analisar a região norte da Grande Nuvem, Henrietta utilizou seis placas centradas aproximadamente com a mesma declinação. Ao fazer isso, Leavitt encontrou apenas 8 variáveis longe do centro, mas acreditava que existiriam mais, mesmo que em menor quantidade, se comparando à quantidade no centro da Nuvem. A esperança de identificar um padrão, por parte de Leavitt, demonstrou um cognitivo que pode ser entendido como já no Estágio 3 de desenvolvimento, pois apresentava a utilização de uma inteligência simbólica, além de passar para a segunda etapa estruturante, relativa às operações concretas, envolvendo antecipações e retroações, ao buscar um padrão em seus dados. As oito estrelas mencionadas são descritas na Tabela V (vide figura 2). Nesta se apresentam: na primeira coluna o número de Harvard; na segunda e na terceira colunas a ascensão reta e a declinação para 1900; na terceira e na quarta colunas a magnitude observada mais brilhante e mais fraca; e na última coluna encontra-se a amplitude observada (Leavitt, 1908).

Harvard No.	R. A. 1900.	Dec. 1900.	Br.	Ft.	R.	Harvard No.	R. A. 1900.	Dec. 1900.	Br.	Ft.	R.
	<i>h. m. s.</i>	<i>o /</i>					<i>h. m. s.</i>	<i>o /</i>			
2883	4 55 54	-64 50.7	13.0	14.2	1.2	2887	5 11 41	-66 16.8	14.9	15.4	0.5
2884	5 4 37	-65 44.5	14.0	15.0	1.0	2888	15 0	-65 55.6	13.7	14.6	0.9
2885	10 10	-64 57.4	14.3	15.3	1.0	2889	15 34	-66 4.0	14.4	15.3	0.9
2886	10 58	-65 33.1	13.3	14.0	0.7	2890	24 50	-65 57.1	13.6	14.4	0.8

Figura 2 - Tabela V de Variáveis adicionais.

Fonte: Leavitt, 1908.

A observação sistemática das magnitudes aparentes das estrelas variáveis na Pequena Nuvem serviu de gatilho externo, ou seja, de ponto de partida para a análise de seus períodos, a fim de construir uma nova estrutura cognitiva. Leavitt notou que um grupo menor dessas estrelas variáveis possuíam um comportamento de variação de magnitude específico, e a partir desse grupo (das estrelas variáveis cefeidas, que possuem variação periódica bem definida em seu ciclo) ela seguiu suas análises. Esses dados estão descritos na Tabela VI (Figura 3): na primeira coluna o Número Harvard, na segunda, na terceira e na quarta as magnitudes máximas, mínimas e a diferença. Na quinta coluna está a época de medição, expressa em dias e decimais, após o Meio Dia de Greenwich do Dia Juliano 2.410.000, e na sexta coluna está o período. Já na sétima coluna é apresentado o tempo aproximado de aumento do mínimo ao máximo; o desvio médio de uma única medida em relação à curva de luz expresso em magnitude está na coluna seguinte. Nas três últimas colunas estão a data da primeira foto da variável, o número de períodos observados desde então, e o número de placas medidas (Leavitt, 1908).

Harvard No.	Max.	Min.	Range.	Epoch.	Period.	Min. to Max.	Average Dev.	Earliest Observation.	No. Periods.	No. Plates.
					<i>d.</i>	<i>d.</i>				
818	13.6	14.7	1.1	4.0	10.336	1.7	.12	1890	566	44
821	11.2	12.1	0.9	97.	127.	49.	.06	1890	45	89
823	12.2	14.1	1.9	2.9	31.94	3.	.13	1890	184	56
824	11.4	12.8	1.4	4.	65.8	7.	.12	1889	94	83
827	13.4	14.3	0.9	11.6	13.47	6.	.11	1890	448	60
842	14.6	16.1	1.5	2.61	4.2897	0.6	.06	1896	843	26
1374	13.9	15.2	1.3	6.0	8.397	2.	.10	1893	574	42
1400	14.1	14.8	0.7	4.0	6.650	1.	.11	1893	724	42
1425	14.3	15.3	1.0	2.8	4.547	0.8	.09	1893	1042	33
1436	14.8	16.4	1.6	0.02	1.6637	0.3	.10	1893	2859	22
1446	14.8	16.4	1.6	1.38	1.7620	0.3	.09	1896	2052	21
1505	14.8	16.1	1.3	0.02	1.25336	0.2	.10	1896	2335	25
1506	15.1	16.3	1.2	1.08	1.87502	0.3	.09	1896	1560	23
1646	14.4	15.4	1.0	4.30	5.311	0.7	.06	1896	681	24
1649	14.3	15.2	0.9	5.05	5.323	0.7	.10	1893	894	32
1742	14.3	15.5	1.2	0.95	4.9866	0.7	.07	1893	954	28

Figura 3 - Períodos de Variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães.

Fonte: Leavitt, 1908.

Após apresentar os dados, Leavitt fez suas análises. Ela demonstrou que parecia ser uma regra o fato das estrelas variáveis cefeidas passarem a maior parte do tempo mais pálidas, o máximo brilho ser muito breve e o aumento não ocupar mais de um sexto ou um décimo de todo o período. Outra constatação (a mais importante de todas) é a de que “as variáveis mais brilhantes possuem os períodos mais longos” (Leavitt, 1908, p. 107). Além disso, ela destacou também que as de maior período parecem ser tão regulares

quanto as com períodos de um dia ou dois. Esse momento pode ser compreendido como aquele no qual houve uma nova acomodação na estrutura cognitiva, quando, partindo de conhecimentos já assimilados, um novo nível de conhecimento foi construído.

Em 1912, a Circular 173 do Observatório de Harvard apresentou o “Período de 25 variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães”, onde constam os períodos calculados por Leavitt de novas variáveis cefeidas e a confirmação de suas constatações anteriores (Leavitt & Pickering, 1912).

A Tabela I (vide figura 4) apresenta os períodos das 25 estrelas calculadas até então, ordenadas por duração. Na primeira coluna está o Número Harvard, na segunda e na terceira as magnitudes máximas e mínimas, na quarta coluna está a época de medição expressa em dias e decimais após o Meio Dia de Greenwich do Dia Juliano 2.410.000 e na quinta coluna está o período, expresso em dias. Organizadas dessa forma, é fácil perceber a relação entre a magnitude aparente e o período das estrelas. As duas últimas colunas referem-se aos resíduos de máximo e mínimo de magnitude que surgem ao se construir o gráfico da figura 1 do documento original (aqui apresentada como Figura 5b, mais à frente).

TABLE I.  
PERIODS OF VARIABLE STARS IN THE SMALL MAGELLANIC CLOUD.

H.	Max.	Min.	Epoch.	Period.	Res. M.	Res. m.	H.	Max.	Min.	Epoch.	Period.	Res. M.	Res. m.
			<i>d.</i>	<i>d.</i>						<i>d.</i>	<i>d.</i>		
1505	14.8	16.1	0.02	1.25336	-0.6	-0.5	1400	14.1	14.8	4.0	6.650	+0.2	-0.3
1436	14.8	16.4	0.02	1.6637	-0.3	+0.1	1355	14.0	14.8	4.8	7.483	+0.2	-0.2
1446	14.8	16.4	1.38	1.7620	-0.3	+0.1	1374	13.9	15.2	6.0	8.397	+0.2	-0.3
1506	15.1	16.3	1.08	1.87502	+0.1	+0.1	818	13.6	14.7	4.0	10.336	0.0	0.0
1413	14.7	15.6	0.35	2.17352	-0.2	-0.5	1610	13.4	14.6	11.0	11.645	0.0	0.0
1460	14.4	15.7	0.00	2.913	-0.3	-0.1	1365	13.8	14.8	9.6	12.417	+0.4	+0.2
1422	14.7	15.9	0.6	3.501	+0.2	+0.2	1351	13.4	14.4	4.0	13.08	+0.1	-0.1
842	14.6	16.1	2.61	4.2897	+0.3	+0.6	827	13.4	14.3	11.6	13.47	+0.1	-0.2
1425	14.3	15.3	2.8	4.547	0.0	-0.1	822	13.0	14.6	13.0	16.75	-0.1	+0.3
1742	14.3	15.5	0.95	4.9866	+0.1	+0.2	823	12.2	14.1	2.9	31.94	-0.3	+0.4
1646	14.4	15.4	4.30	5.311	+0.3	+0.1	824	11.4	12.8	4.	65.8	-0.4	-0.2
1649	14.3	15.2	5.05	5.323	+0.2	-0.1	821	11.2	12.1	97.	127.0	-0.1	-0.4
1492	13.8	14.8	0.6	6.2926	-0.2	-0.4							

Figura 4 - Períodos de Estrelas Variáveis da Pequena Nuvem de Magalhães.

Fonte: Leavitt & Pickering 1912.

Passando pelo que poderíamos associar ao final do Estágio 3 e entrada no 4, Leavitt realizou a adaptação do novo conhecimento acomodado. A relação foi mostrada de forma ainda mais clara no gráfico da figura 1 do trabalho original (Figura 5a), onde a abscissa representa os períodos em dias e a ordenada corresponde às magnitudes máximas e mínimas. Já na figura 2 do original (Figura 5b), foi apresentado um gráfico no qual a abscissa é o logaritmo dos períodos.

Dessa forma, duas linhas retas puderam ser traçadas para os mínimos e para os máximos mostrando que existe uma relação entre o brilho de estrelas variáveis e seus períodos, equilibrando assim todos os processos que ocorreram até então. “O logaritmo do período aumenta por volta de 0,48 para cada aumento de uma magnitude” (Leavitt & Pickering, 1912, p. 2). Nesse momento ocorre a terceira etapa estruturante (onde o real é superado e pensa-se sobre o “possível”, quando suposições a partir do concreto são feitas) (Abreu et al., 2010), quando Leavitt supôs que “como essas variáveis encontram-se

aproximadamente à mesma distância da Terra, seus períodos são aparentemente associados às suas reais emissões de luz, como determinado por suas massas, densidade e brilho superficial.” (p. 2). Essa similaridade da distância pode ser exemplificada da seguinte forma: duas casas em uma cidade distante encontram-se aproximadamente à mesma distância de quem as mede, mesmo o observador estando em bairros diferentes, porque a distância entre as cidades é muito mais significativa que a diferença entre as casas (Sobel, 2016).

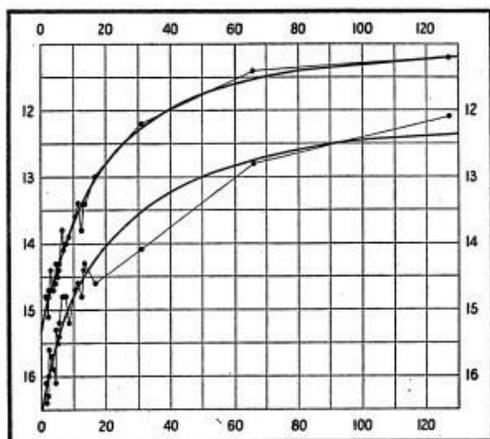


FIG. 1.

Figura 5a - Gráfico de período por magnitude.

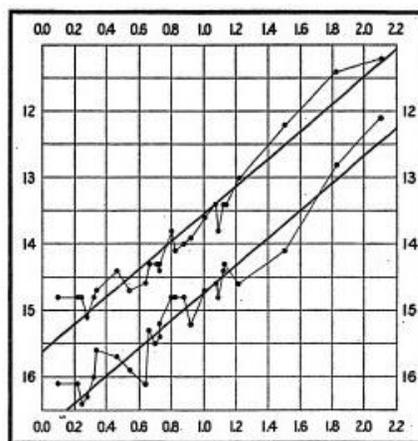


FIG. 2.

Figura 5b - Gráfico de período em logaritmo por magnitude.

**Fonte:**  
Leavitt &  
Pickering  
1912.

Sendo assim, ela afirmava que esse tipo de variável teria sua magnitude real atrelada aos ciclos de intensidade, possibilitando utilizá-las como marcadores de grandes distâncias, apresentando assim novos possíveis processos de assimilação e acomodação. Por exemplo, Ejnar Hertzsprung (1873 – 1967) aprendeu com Henrietta e começou a fazer gráficos tentando relacionar uma característica com outra das estrelas. Além dele, Henry Norris Russell (1877–1957) também utilizou as estrelas de Leavitt para entender características estelares. Porém, é importante mencionar que, por uma série de fatores, não muito bem compreendidos<sup>12</sup>, a própria Leavitt não seguiu nenhuma dessas linhas de pesquisa, e continuou estudando magnitudes de outras áreas do céu (Sobel, 2016).

Partindo da Relação Período-Luminosidade de Leavitt e adaptando uma dedução feita por Hertzsprung, o astrônomo estadunidense Harlow Shapley (1885–1972) tentou determinar a distância de aglomerados globulares distantes. Ele fez isso para todas que tinham cefeidas, assumindo que a relação desenvolvida valia para qualquer região do céu e não apenas para as Nuvens de Magalhães. Shapley reconhecia a importância da relação de Leavitt e afirmava que se não fossem os problemas de saúde que teve ao longo de seus estudos, ela teria feito muito mais. Além disso, Shapley acreditava que as cefeidas eram a chave para uma teoria de variação, luminosidade<sup>13</sup> e distribuição de objetos galácticos (Sobel, 2016).

Analisando o episódio histórico, pode-se ainda identificar a presença da tríade intra-inter-trans:

<sup>12</sup> Discussões um pouco mais aprofundadas podem ser lidas no artigo de Silvério, Sitko, & Figueirôa (2022a) e no trabalho completo apresentado no VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (Silvério, Sitko, & Figueirôa, 2022b, no prelo).

<sup>13</sup> Luminosidade é uma grandeza intrínseca às estrelas, é a quantidade de energia irradiada por ela em um determinado tempo (Oliveira Filho & Saraiva, 2017).

**Nível intra:** Ocorre com a passagem que Leavitt fez de descobrir e catalogar estrelas variáveis para medir suas magnitudes máximas e mínimas e períodos de oscilação;

**Nível inter:** Ocorre quando um padrão foi estabelecido, e Leavitt notou que existia uma relação entre a magnitude máxima ou mínima de certo tipo de estrela variável e seu período;

**Nível trans:** Ocorre a Leavitt ao concluir, no artigo de 1912, que se existia essa relação, então seria relevante determinar as paralaxes dessas estrelas variáveis, o que permitiria calibrar a Relação Período-Luminosidade e determinar distâncias das estrelas.

Além disso, as formas de assimilação também estão presentes:

**Assimilação generalizadora:** Enquanto trabalhava no Observatório de Harvard, Henrietta Leavitt tinha conhecimento de que não importava a região no céu, em qualquer área existiam estrelas variáveis e todas estas poderiam ser catalogadas através do mesmo processo, comparando as placas fotográficas de uma mesma região em diferentes momentos;

**Assimilação reconhecadora:** Henrietta notou que as estrelas cefeidas presentes na Pequena Nuvem de Magalhães permitiam inferir uma relação específica entre período e magnitude aparente;

**Assimilação recíproca:** Por fim, apesar de não desenvolver a ideia, Leavitt concluiu que existia uma relação entre as luminosidades das variáveis cefeidas e seus períodos, o que nos auxilia, até os dias de hoje, a entender outras características das estrelas.

Observa-se assim que, ao longo de 18 anos trabalhando no Observatório da Universidade de Harvard, Henrietta Leavitt passou pelos estágios de desenvolvimento de aprendizagem, o que, por meio da análise feita, demonstra a possibilidade de se olhar episódios históricos através da Epistemologia Genética nos termos piagetianos.

## 5 Considerações Finais

A descoberta de Leavitt é uma das mais impactantes contribuições do Observatório de Harvard na Astronomia. Depois de calibrada e bem aplicada ao problema das distâncias espaciais, sua Relação Período-Luminosidade permitiu Harlow Shapley aumentar as fronteiras do Universo e, alguns anos mais tarde, auxiliou Edwin Powell Hubble (1889 – 1953) e outros astrônomos a demonstrar que, além da Via Láctea não ser a única no Universo, que este está em expansão. Atualmente, astrônomos do mundo todo continuam utilizando essa relação empírica para definir a taxa de expansão do Universo. Devido à sua importância, existe uma grande luta pelo reconhecimento da Relação Período-Luminosidade como sendo a Lei de Leavitt, assim como a relação de expansão é a Lei de Hubble-Lemaître<sup>14</sup>.

Através do estudo de caso proposto neste trabalho, por meio da análise de registros bibliográficos-documentais da própria astrônoma, foi possível identificar os processos de aprendizagem, segundo a Epistemologia Genética, descrita por Piaget, os quais podem ser utilizados não somente para o desenvolvimento da criança, mas também para interpretar o desenvolvimento de um conhecimento

---

<sup>14</sup> Seguindo resolução votada pelo membros da União Astronômica Internacional em 2018 que recomenda a renomeação da “Lei de Hubble” para “Lei de Hubble-Lemaître”, reconhecendo a importância do astrônomo belga para a Teoria da Expansão do Universo (International Astronomical Union [IAU], 2018).

científico. Quando Leavitt ingressou no Observatório em 1895, ela se encontrava aprendendo e assimilando novos conceitos ligados à área de estudo. Oito anos mais tarde, em 1903, logo que se deteve na catalogação de estrelas variáveis, concluiu a primeira etapa estruturante (e o estágio 2), referente à “ambientação” com os dados. O Estágio 3 de desenvolvimento, bem como a segunda etapa estruturante, aparecem ainda no primeiro manuscrito, de 1908, no qual Leavitt demonstrou a utilização de uma inteligência simbólica, ao buscar o padrão de variabilidade das estrelas, ao comparar os dados em questão. Aí podem ser notadas operações concretas, a partir das tabelas produzidas com as observações. Ao final desse trabalho, quando ela constatou que “as variáveis mais brilhantes possuem os períodos mais longos”, vê-se um novo nível de conhecimento se construindo.

No segundo manuscrito, publicado em 1912, Henrietta passou pelo Estágio 4 de desenvolvimento. Ela realizou a adaptação do novo conhecimento acomodado e equilibraram-se todos os processos que ocorreram até então; nessa mesma fase, apresentou-se a terceira etapa estruturante, na qual se supera o concreto e real, e chega-se ao “possível”, que é quando as operações concretas, a partir dos dados de magnitude aparente e período, são extrapoladas para uma relação válida para todas as variáveis cefeidas, utilizando o conceito de luminosidade. Além disso, identificou-se também que, enquanto iniciante dos estudos de catalogação estelar, Leavitt apresentou processos de assimilação generalizadora e nível de interação intra, ao conhecer novos objetos de estudo. No primeiro manuscrito, ela apresentou assimilação reconhecadora e partiu para o nível de interação inter, ao selecionar determinadas estrelas e observar seus padrões e, por fim, no segundo manuscrito, a assimilação recíproca surgiu junto com o nível trans, ao relacionar os diferentes conhecimentos, padrões, e abstrair o pensamento para a relação RPL, completando os processos de aprendizagem apresentados anteriormente.

A partir dos resultados encontrados, foi possível traçar uma sequência de passos (possivelmente) seguidos por Leavitt, através da compreensão das fases de seu pensamento sobre a Relação Período-Luminosidade, a partir dos estágios de desenvolvimento. A partir desse cenário, considera-se como potencialidade de estudos futuros o aprofundamento nessas diferentes fases do processo de aprendizagem de Leavitt, como forma de se compreender melhor questões como “por que ninguém conseguiu elaborar a relação antes de Leavitt?”, ou mesmo, levando em conta questões mais sociais que poderiam ter interferido em sua forma de pensar, e que também nos levam ao questionamento mais atual de “por que a lei não leva seu nome, como acontece com cientistas homens como Newton, Hubble e Lemaître?”.

Questões como estas estão inseridas nas discussões sobre mulheres nas Ciências. Tratar de um assunto como a Epistemologia Genética, jogando luz sobre o caso de uma mulher na Astronomia, além de suscitar visibilidade às mulheres na área, também mostra o processo cognitivo pelo qual qualquer pessoa passa ao longo do estabelecimento de um novo conceito. O episódio histórico possibilitou a abordagem de aspectos da área de História, Filosofia e Sociologia das Ciências, que vem se apresentando como uma grande motivadora para o Ensino de Ciências, e atrelado à questão de gênero nas ciências, também é um motivador para o interesse e participação das meninas e mulheres na área.

## **Agradecimentos**

Sendo derivado da pesquisa de mestrado da primeira autora, que é bolsista pela Fundação Amazônia de Amparo à Estudos e Pesquisas (Fapespa), os autores agradecem pelo apoio financeiro da instituição para a realização da pesquisa.

## Referências

- Abreu, L. C., Oliveira, M. A., Carvalho, T. D., Martins, S. R., Gallo, P. R., & Reis, A. O. A. (2010). A epistemologia genética de Piaget e o construtivismo. *Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano*, 20(2), 361–366.
- American Association of Variable Star Observers (AAVSO). (2011). *Manual para observação visual de estrelas variáveis*. Cambridge. Recuperado de [http://www.aavso.org/sites/default/files/publications\\_files/manual/portuguese/PortugueseManual.pdf](http://www.aavso.org/sites/default/files/publications_files/manual/portuguese/PortugueseManual.pdf)
- Bartelmebs, R. C. (2014). Psicogênese e história das ciências: Elementos para uma epistemologia construtivista. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 16(2), 147–166. doi:10.1590/1983-21172014160208
- Caetano, L. M. (2010). A epistemologia genética de Jean Piaget. *ComCiência*, (120).
- Citeli, M. T. (2000). Mulheres nas ciências: mapeando campos de estudo. *Cadernos Pagu*, 15, 39–75.
- Correia, K. C. d. S., Anjos, M. B., & Velloso, V. P. (2015). Uma interface preliminar da epistemologia genética e a história da ciência. In *Anais X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC*.
- Dorlin, E. (2009). *Séxo, género y sexualidades. Introducción a la teoría feminista*. (1ª ed). Buenos Aires: Nueva Visión.
- Fox-Keller, E. (1995). Gender and Science: Origin, History, and Politics. *Osiris*, 10, 26-38.
- Ghedin, E. (2004). Hermenêutica e pesquisa em educação: Caminhos da investigação interpretativa. In *Anais do II Seminário internacional de pesquisa e estudos qualitativos* (pp. 1–14). USC.
- Haraway, D. (1989). *Primate visions: gender, race, and nature in the world of modern science*. New York: Routledge.
- IAU (2018). *IAU members vote to recommend renaming the Hubble law as the Hubble-Lemaître law*. Retrieved from <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau1812/>
- Johnson, G. (2005). *Miss Leavitt's Stars*. (1ª ed). Nova York: Atlas Books.
- Leavitt, H. S. (1908). 1777 variables in the Magallanic Clouds.
- Leavitt, H. S., & Pickering, E. (1912). Circular 173: Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos da metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas.
- Oliveira Filho, K. S., & Saraiva, M. F. O. (2017). *Astronomia & Astrofísica*. (4ª ed.) São Paulo: Editora Livraria da Física.

- Oreskes, N. (2019). Perspectives from the History and Philosophy of Science. In: *Why Trust Science?* Princeton University Press, ProQuest Ebook Central.
- Piaget, J. (1970). *Gênese das estruturas lógicas elementares* (Á. Cabral, Trad.). Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. (1973). *Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento* (A. Cretella, Trad.). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Piaget, J. (1974). *A epistemologia genética e a questão da pesquisa psicológica*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos.
- Piaget, J. (1975). *A equilibração das estruturas cognitivas: o problema central do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. (1978). *Fazer e compreender* (C. L. P. Leite, Trad.). São Paulo: EDUSP.
- Piaget, J. (1980). *O homem e suas ideias*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Piaget, J. (1999). *Seis estudos de psicologia* (24ª ed.). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Piaget, J. (2010). *A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação*. Rio de Janeiro: Editora LTC.
- Piaget, J., & García, R. (2011). *Psicogênese e história das ciências*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Rossiter, M. (1993). The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies Of Science*, 23(2), 325-341.
- Schiebinger, L. (2001). *O feminismo mudou a ciência?* Bauru: EDUSC.
- Silvério, B. A., Sitko, C. M., & Figueirôa, S. F. M. (2022a). A Rede do Tempo de Henrietta Leavitt e a Relação Período-Luminosidade: Sequência didática sobre construção da Ciência. *Vitruvian Cogitationes*, 3(2), 114-125.
- Silvério, B. A., Sitko, C. M., & Figueirôa, S. F. M. (2022b). Análise feminista de correspondência sobre Henrietta Leavitt, a astrônoma quase indicada ao Prêmio Nobel. In *Anais do VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*. No prelo.
- Sobel, D. (2016). *The Glass Universe: How the ladies of the Harvard Observatory took the measure of the stars*. Nova York: Penguin Random House LLC.
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Editora Atlas.
- Walker, L. O., & Avant, K. C. (1995). Concept development. In L. O. Walker & K. C. Avant (Orgs.), *Strategies for theory construction in nursing*. Norwalk: Appleton & Lange.
- Wardsworth, B. J. (1996) *Inteligência e afetividade da criança na teoria de Piaget*. São Paulo: Editora Pioneira.

## ENSINO NÃO FORMAL, INFORMAL E DIVULGAÇÃO DA ASTRONOMIA: CONTRIBUIÇÕES DE UM GRUPO DE ESTUDOS

 *Thaiana Magna Moura Saldanha*<sup>1</sup>  
 *Leonardo Tavares de Oliveira*<sup>2</sup>  
*Fernando Martins de Paiva*<sup>3</sup>  
*Francisco Gomes Menezes da Silva*<sup>4</sup>  
*Larissa Almeida Batista*<sup>5</sup>

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo delinear ações de ensino e divulgação da astronomia, mediadas pelo Grupo de Estudos em Astronomia Zênite (GEAZ), para a comunidade acadêmica e não acadêmica da região Centro-Sul do Ceará, nos diferentes espaços de ensino. Apresenta um relato de experiência da atuação do grupo em contextos de ensino não formal, informal e divulgação da astronomia, mostrando, quantitativamente, a relevância destas atividades para as instituições da região. Destaca-se também a importância de discussões em torno dos conhecimentos dos participantes sobre essa antiga ciência. Dispondo de um planetário itinerante, telescópio e de realizações de palestras e oficinas, o grupo promove ações mediante agendamentos, junto ao professor coordenador. As intervenções são desenvolvidas na Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu, nas instituições solicitantes e em eventos nos diversos espaços de ensino. No período de três anos, aproximadamente 7.000 pessoas participaram das ações, sendo a maioria deste público oriundo de instituições públicas. Ao longo das visitas, foi possível dirimir várias dúvidas dos participantes, expor conteúdos de forma diferenciada e notar que as atividades mais entusiasmantes para o público ocorreram com o planetário itinerante e telescópio.

**Palavras-chave:** Divulgação da Astronomia; Ensino de Astronomia; Espaços de Ensino; GEAZ.

## ENSEÑANZA NO FORMAL, INFORMAL Y DIFUSIÓN DE LA ASTRONOMÍA: APORTES DE UN GRUPO DE ESTUDIO

**Resumen:** Este artículo tiene como objetivo delinear acciones de enseñanza y divulgación de la astronomía, mediadas por el *Grupo de Estudios de Astronomía Zênite (GEAZ)*, para la comunidad académica y no académica de la región Centro-Sur del Estado de Ceará, en diferentes espacios de enseñanza. Presenta un relato de experiencia del desempeño

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Ceará, Iguatu, Brasil. E-mail: thaiana.saldanha@prof.ce.gov.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Ceará, Iguatu, Brasil. E-mail: leonardo.tavares@uece.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Ceará, Iguatu, Brasil. E-mail: fernando.martins@uece.br

<sup>4</sup>Universidade Estadual do Ceará, Iguatu, Brasil. E-mail: fernando.gomes@aluno.uece.br

<sup>5</sup>Universidade Estadual do Ceará, Iguatu, Brasil. E-mail: larissa.almeida@aluno.uece.br

del grupo en contextos de enseñanza y divulgación no formal, informal de la astronomía, mostrando, cuantitativamente, la relevancia de estas actividades para las instituciones de la región. También se destaca la importancia de las discusiones en torno al saber/saber de los participantes sobre esta ciencia milenaria. Con un planetario itinerante, un telescopio y conferencias y talleres, el grupo promueve acciones con cita previa, junto con el profesor coordinador. Las intervenciones se desarrollan en la Facultad de Educación, Ciencias y Letras de Iguatu, en las instituciones solicitantes y en eventos en los diversos espacios de enseñanza. En el período de tres años, aproximadamente 7.000 personas participaron de las acciones, la mayoría provenientes de instituciones públicas. Durante las visitas se pudieron resolver varias dudas de los participantes, exponer contenidos de una manera diferente y señalar que las actividades más emocionantes para el público se desarrollaron con el planetario itinerante y el telescopio.

**Palabras clave:** Divulgación de la Astronomía; Enseñanza de la Astronomía; Espacios de Enseñanza; GEAZ.

## **NON-FORMAL, INFORMAL TEACHING AND DISSEMINATION OF ASTRONOMY: CONTRIBUTIONS FROM A STUDY GROUP**

**Abstract:** The purpose of this article is to delineate astronomy teaching and dissemination actions, mediated through the *Grupo de Estudos em Astronomia Zênite* (GEAZ in the Portuguese abbreviation), for the academic and non-academic community in the Center-South region of Ceará, at the different teaching spaces. It presents an experience report of the acting of group in contexts of non-formal, informal education and dissemination of astronomy, showing, quantitatively, these activities to the institutions of the region. It also highlights the importance of discussions around the participants experience/knowledge about this ancient science. With an itinerant planetarium, telescope and lectures and workshops achievements, the group promotes actions through scheduling with the coordinating professor. The mediations are developed at the Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu (FECLI), at the requesting institutions and at events in the various teaching spaces. In a three-year period, around 7 thousand people participated in the actions, in which the most of this audience came from public institutions. During the visits, it was possible to clarify several doubts of the participants, expose contents in a different way and note that the most exciting activities for the public occurred with the itinerant planetarium and telescope.

**Keywords:** Astronomy Dissemination; Astronomy Teaching; Teaching Spaces; GEAZ.

### **6 Introdução**

A busca pela compreensão do cosmo, diretamente relacionada ao desejo e necessidade de conhecimento da humanidade, nos enveredou num caminho de conhecimentos astronômicos que se mostram conectados com as demais ciências. Desta forma, podemos afirmar que a interdisciplinaridade ensejada pela astronomia possibilita a construção ampla de saberes nos diversos ambientes de ensino desta ciência que, por sua vez, é também estimulada pelo seu interessante aspecto motivador (Langhi e Martins, 2018).

Neste sentido, a educação não formal – organizada e planejada, porém livre de obrigações legais (Marandino *et al.*, 2003) – em astronomia, quando bem explorada em seus espaços não formais de ensino – observatórios, planetários, museus ou centros de ciências, associações, clubes e grupos, entre outros – pode ser uma atividade não só complementar à educação formal, conforme sugere Brasil (2017) na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), mas como parte do processo de ensino e aprendizagem de forma planejada, sistemática e articulada (Langhi e Nardi, 2009), podendo também promover a aproximação entre ciência e sociedade por meio da divulgação científica.

No Brasil, segundo Marques e Freitas (2015a), existem 472 instituições de educação não formal em astronomia, sendo a maior concentração na região sudeste (54%) e sul (18%) do país. Além disso, Longhini, Gomide e Fernandes (2013) afirmam que a maioria dos profissionais que atuam com educação em astronomia, no âmbito da extensão, normalmente por meio de projetos de divulgação científica, são graduados em física, com pós-graduação em física ou astronomia. Ademais, em geral, também é evidenciado que a maior parte dos profissionais envolvidos é oriunda dos cursos de graduação em física e, novamente, da região sudeste.

Diante da realidade informada, e reconhecendo a relevância desse campo de estudo, alunos e professores do curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu (FECLI), unidade interiorana da Universidade Estadual do Ceará (UECE), fortemente entusiasmados e instigados pela participação no 19º Encontro Nacional de Astronomia (ENAST), em 2016, idealizaram a proposta de criação do *Grupo de Estudos em Astronomia Zênite* (GEAZ), que passou a existir como grupo de estudos institucionalizado do curso em 2017.

Inicialmente, com a proposta de contribuir na formação acadêmica dos integrantes do grupo – tomando como base o que diversos autores apresentam sobre as dificuldades na formação inicial dos professores que lecionam conteúdos de astronomia na educação básica, principalmente nos cursos de física (Bretones e Compiani, 2001; Langhi e Nardi, 2010; Longhini, 2009) – o GEAZ realizava encontros para fundamentar e discutir os conhecimentos de astronomia de cada integrante do grupo. Neste período, além dos diversos tópicos estudados, passamos a organizar e a participar de eventos científicos na área ou correlacionados e a manusear alguns equipamentos do curso, a saber: telescópio, luneta e o planetário móvel. A partir deste momento, de forma não organizada, e nem intencional, dispondo-se também de conversas inesperadas, ou seja, realizando a educação informal (Gaspar, 1992), o GEAZ inicia suas atuações nessa forma de educação com base no uso dos referidos instrumentos.

Dentre os equipamentos citados, destacamos o planetário itinerante, adquirido em 2011 pelo curso de Licenciatura em Física, por meio do projeto intitulado “Astronomia Viva”, com recursos da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Segundo Vilaça, Langhi e Nardi (2013), os planetários são ambientes não formais de ensino, que podem ser responsáveis por uma educação formal (através de formações docentes), não formal (com o atendimento ao público das escolas) e de divulgação científica (com atendimento ao público em geral). Então, tal projeto, com durabilidade de 24 meses, tinha por finalidade levar o planetário por todo o interior do Ceará, abrangendo o público, tanto em espaços formais, que se dá em “ambiente escolar ou outros estabelecimentos de ensino [...] cujo conhecimento é sistematizado” (Langhi e Nardi, 2009, p. 4402-2), como também, em espaços informais, nos quais os conhecimentos são compartilhados em um convívio sociocultural de forma que o “ensino e aprendizagem ocorrem espontaneamente, sem que [...] os próprios participantes do processo deles tenham consciência” (Candotti *et al.*, 2002, p. 173).

Ainda em 2017, o GEAZ passou a ser responsável pelos equipamentos de observação pertencentes ao curso e começou a receber as escolas da região Centro-Sul do Ceará, no Campus Multi-Institucional Humberto Teixeira (CHT), onde é ofertado o curso de Licenciatura em Física da UECE-FECLI. Nessas visitas, o grupo faz uso do planetário itinerante, telescópio e de palestras sobre temas relacionados à astronomia, no Laboratório de Ensino e Estudos de Astronomia (LEEA) do curso.

Posteriormente, essas ações de divulgação e ensino foram ampliadas a partir do momento em que o professor coordenador do grupo aprovou, junto à Pró-reitoria de Extensão da UECE, o projeto denominado “Escolas no Zênite: Divulgando a Astronomia nas Escolas Públicas da Região Centro-Sul do Ceará”. Com a atuação unificada entre o GEAZ e o referido projeto, o grupo passa a ter estudantes bolsistas remunerados e voluntários. Desta forma, o GEAZ expande suas ações de estudos, ensino e divulgação da astronomia.

Conforme Arruda, Zapparoli e Passos (2019), as redes sociais, em particular o Facebook, podem contribuir para a aprendizagem, em astronomia, das comunidades que partilham de interesses comuns em determinados assuntos. A partir desta perspectiva, tanto quanto divulgar o próprio grupo/curso e sua atuação, foram criadas páginas do GEAZ em mídias sociais para difundir o trabalho realizado. Neste momento, a partir da divulgação do grupo, além das visitas das escolas ao CHT, o GEAZ passou a ir às escolas públicas, particulares, instituições de ensino superior e a comunidades não acadêmicas, buscando divulgar e ensinar conceitos básicos sobre essa antiga ciência, nos distintos espaços de ensino, na concepção da educação não formal e informal.

A partir das vivências proporcionadas pelo GEAZ no tocante ao processo de ensino e aprendizagem de astronomia, e da necessidade de compartilhá-las, apresentamos este relato de experiência que tem por objetivo socializar as ações desenvolvidas pelo grupo para a divulgação e ensino da astronomia em distintos espaços educativos. Desse modo, informamos o quantitativo de colaborações e realização de eventos, visitas às instituições de ensino, municípios atendidos e número total de participantes nessas ações, destacando o percentual de pessoas contempladas oriundas das entidades públicas e particulares. Além disso, apresentamos, ainda, nossas percepções sobre o ensino da astronomia na Educação Básica, a partir das ações desenvolvidas.

## 2 Fundamentação Teórica

A curiosidade e o fascínio em compreender os elementos e fenômenos do universo, aliada à interdisciplinaridade, fazem com que a astronomia seja essa ciência admirável, motivadora (Langhi e Martins, 2018) e esteja presente nos diferentes contextos de aprendizagens, ocorrendo por meio de três formas de educação: formal, não formal e informal.

A educação formal, que ocorre nos espaços formais de ensino – como escolas, universidades e outras instituições de ensino (Martins, 2014) – é caracterizada por ser institucionalizada e apresentar uma organização curricular trabalhada de forma sistemática, com obrigatoriedade assegurada por lei (Ghanem e Trilla, 2008; Langhi e Nardi, 2009; Marandino *et al.*, 2003).

A presença de conteúdos sobre astronomia na educação formal brasileira – principalmente na educação básica – é tratada de forma a complementar outras disciplinas. Por exemplo, apenas com a

publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998), que essa ciência passa a ser parte obrigatória nas disciplinas de Ciências e Geografia da Educação Básica.

Com a homologação da BNCC, os conteúdos de astronomia passaram a compor o currículo da Educação Básica, a partir das unidades temáticas Terra e Universo (Ensino Fundamental) (BRASIL, 2017) e Vida, Terra e Cosmos (Ensino Médio) (Brasil, 2018). A partir da referida legislação, faz-se necessária a inclusão da astronomia aos currículos de formação de professores da área de ciências da natureza. Vale dizer que poucos cursos de licenciatura em física (apenas 15% dos cursos) têm disciplinas de astronomia como obrigatória, conforme dados indicados em Junior, Reis e Germinaro (2014).

Neste sentido, os professores carecem das noções básicas sobre astronomia, pois apresentam dificuldades ao ensiná-la, implicando – por parte dos docentes – a busca por fontes midiáticas e no apego aos livros didáticos – que muitas vezes apresentam erros conceituais (Bretones, 2006; Langhi, 2004; Langhi e Nardi, 2010; Langhi e Nardi, 2007). Tais desafios evidenciam a necessidade de aprimoramentos na formação inicial dos docentes da Educação Básica a respeito do conteúdo de astronomia, conforme apontam os trabalhos de Bretones (1999) e Langhi e Nardi (2010).

Por outro lado, a educação não formal, que ocorre nos chamados espaços não formais de ensino – fora do ambiente escolar – é dividida em duas categorias: locais que são instituições e que não são instituições (Martins, 2014; Jacobucci, 2008), é livre de obrigações legislativas, sempre de caráter coletivo que envolva práticas educativas organizadas e que não seguem um currículo (Langhi e Nardi, 2009; Marandino *et al.*, 2003).

Neste caso, a aprendizagem é centrada no participante, e este realiza as escolhas conforme seu interesse nos conteúdos ou temas que pretende conhecer (Marques e Freitas, 2015b). Ainda segundo Langhi e Nardi (2009), Marques e Freitas (2015b) e Jacobucci (2008), zoológicos, parques ecológicos, centro de ciências, institutos de pesquisas, ONGs, museus, planetários, observatórios astronômicos, cinemas, teatros, clubes, associações ou grupos de astronomia, entre outros, caracterizam-se como espaços que possibilitam a educação não formal. De acordo com Langhi e Nardi (2009), existem cerca de 230 institutos e clubes amadores de astronomia, 30 planetários e 95 observatórios astronômicos. Todos esses espaços desempenham papel fundamental no ensino e divulgação da astronomia no país. Além disso, a BNCC sugere que os alunos tenham contato com a educação não formal, como modo de complementação ao ensino formal, em particular, em relação à educação em astronomia proposta pelo referido documento (Brasil, 2017).

Não menos importante é a educação informal que, para Martins (2014), pode acontecer nos espaços informais de ensino – dentro ou fora do ambiente escolar. Conforme Gaspar (1992), a educação informal não se constitui de um sistema organizado ou estruturado, e nem intencional, valendo-se da decorrência de acontecimentos do dia a dia entre familiares, amigos ou conversas casuais. Alguns casos específicos de educação informal em astronomia são: observações ocasionais do céu noturno ou eventual visita a grupo de astronomia amadora, ambos como uma distração (Langhi e Nardi, 2009).

A divulgação científica, presente nos diferentes espaços não formais de educação, vem crescendo junto ao desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação (TICs) e pelo aumento da quantidade de mídias (Azevedo, 2017). Para Bueno (1985), a divulgação científica compreende a utilização recursos e técnicas que transmitam conhecimentos científicos para a população em geral. Mas, com base em Marandino *et al.* (2003), essa prática não possui uma definição comum. Entretanto, há um consenso ao se afirmar que a divulgação possibilita uma contribuição na complementação do processo de ensino e

aprendizagem nos ambientes não escolares – inclusive da astronomia (Marandino *et al.*, 2003; Langhi e Martins, 2018).

Neste sentido, para Carneiro e Longhini (2015), a característica interdisciplinar da astronomia e sua capacidade de impulsionar o desenvolvimento tecnológico asseguram seu papel importante como desencadeadora da divulgação científica para sociedade, além de despertar habilidades como a observação e o senso crítico.

Diante do exposto, podemos afirmar que a aprendizagem em astronomia pode acontecer num contexto de educação formal, não formal e informal, bem como na divulgação da astronomia nos museus de ciências, planetários, observatórios, mídias sociais, entre outros.

### 3 Metodologia

As atividades desenvolvidas pelo GEAZ foram propostas e implementadas ao longo dos seus três primeiros anos (2017-2019). Inicialmente, as reuniões mensais eram dedicadas aos estudos e aprofundamentos de temas sobre astronomia. Nestes encontros os materiais de estudo (livros, artigos científicos e os módulos do Observatório Nacional do curso de EaD: cosmologia) selecionados pelo professor coordenador eram compartilhados entre os membros do grupo para serem estudados e apresentados semanalmente.

Além das apresentações, o professor coordenador e um dos membros do GEAZ, já graduado em Física, realizaram formações para os demais integrantes, ministrando aulas expositivas e dialogadas sobre temas que exigiam ferramentas matemáticas mais complexas.

Diante da realidade do curso de Licenciatura em Física da UECE-FECLI não apresentar em seu fluxograma disciplinas voltadas à astronomia, os integrantes do GEAZ continuam com os estudos nessa área, como também buscam com mais frequência a participação em eventos científicos, com apresentação de diversos trabalhos resultantes dos estudos e das atividades desenvolvidas pelo grupo, as quais serão apresentadas a seguir.

A princípio, a única atividade para o público era constituída por observações astronômicas noturnas no CHT. Entretanto, tendo em vista que os conteúdos de astronomia devem ser abordados na Educação Básica (Brasil, 2017, 2018), passamos a mostrar grande diligência pela divulgação e ensino da astronomia nas escolas da região Centro-Sul do Ceará.

Desse modo, a partir dos planejamentos mensais do grupo, decidimos por receber as instituições no *campus*, com o intuito de estimular o interesse dos alunos pela astronomia. Nestas ocasiões a astronomia é divulgada e ensinada de forma simples, através de sessões planetárias, observações com telescópio e palestras. Além dos discentes e docentes das escolas, tais atividades são disponibilizadas a todos os presentes.

Por outro lado, estando ciente das dificuldades enfrentadas pelas escolas públicas quanto ao deslocamento de seus estudantes, o GEAZ, atualmente, também realiza visitas às instituições interessadas. Neste momento ocorrem várias atividades: sessões no planetário itinerante, observações solares com o telescópio e oficinas de construção e lançamento de foguetes com garrafas de Polietileno Tereftalato (PET).

Vale destacar que tais visitas, assim como todas as ações desenvolvidas pelo grupo, são totalmente sem fins lucrativos. Ambas são realizadas mediante agendamento junto ao professor coordenador do GEAZ, para sistematizar as ações, com ênfase à importância do ensino da astronomia na Educação Básica. Após esse momento, é providenciada a preparação dos espaços/equipamentos e orientação dos membros do grupo quanto aos temas e atividades que serão apresentadas aos estudantes e professores das escolas solicitantes.

Com a finalidade de atender um grande número de pessoas, principalmente de discentes, o grupo recebe e visita instituições públicas e privadas de todos os níveis de ensino. Além das atividades desenvolvidas diretamente voltadas para as instituições de ensino, também colaboramos nas realizações de eventos científicos ou não científicos de outras instituições, como realizamos também os nossos próprios eventos. Essas ações visam atingir um público com maior diversidade de perfil socioeconômico.

Para mensurar a quantidade de participantes nessas e nas ações desenvolvidas para as escolas, lançamos mão de listas de frequências, pois segundo Gil (2008, p. 148) uma “coleta de dados a partir de registros estatísticos é muito mais simples do que qualquer procedimento direto”.

As atividades desenvolvidas, independentemente do local, têm como escopo motivar e despertar a curiosidade e o interesse do público, além de potencializar a socialização de conhecimentos e as interações entre os participantes e os membros do GEAZ. Segundo pesquisa realizada por Langhi e Nardi (2010), a astronomia observacional é um dos sete conteúdos essenciais da área de conhecimento em questão. Dessa forma, as nossas observações astronômicas são realizadas com o telescópio do tipo Toya, de montagem equatorial e de distância focal igual a 200 mm. Não é um aparelho moderno, mas é adequado para observações solares e lunares. Dispõe de um conjunto de lentes e oculares com distâncias focais que variam de 4,0 mm a 25 mm, como também de filtro para realizar as observações solares. Além do telescópio, há uma luneta que eventualmente é usada. Durante a atividade, explicamos detalhadamente o funcionamento do telescópio e o astro observado. Como a maioria das visitas ocorrem no período diurno, ficamos limitados apenas a realizar observação solar e, eventualmente, lunar. Neste momento, o telescópio é disponibilizado ao público e as observações ocorrem por meio de orientações mediadas por dois dos membros do grupo que fazem a regulagem, montagem e operação do equipamento, além do atendimento aos participantes.

Com capacidade máxima de vinte e cinco pessoas, o planetário itinerante, da marca Asterdomus, tem uma cúpula com diâmetro de cinco metros. Para realização das sessões são necessários três membros. Atualmente temos duas exibições de, aproximadamente, vinte e cinco minutos cada, iniciadas com uma simulação do céu noturno sem nenhuma poluição luminosa. Em uma delas é realizada uma viagem espacial conhecendo alguns planetas do sistema solar, meteoros e cometas. Na outra apresentação são exploradas as constelações de Leão, Órion, Touro, Cruzeiro do Sul, entre outras. As duas sessões têm suas particularidades, mas nada impede que ambas sejam realizadas tanto para o público adulto, quanto para o infantil. Tais sessões no planetário contribuem para melhor divulgação e ensino da astronomia nos espaços das comunidades acadêmicas e não acadêmicas, além de aproximar a comunidade do conhecimento científico, pois segundo Langhi e Nardi (2009), o planetário constitui um espaço não formal para o ensino de astronomia, por possibilitar a socialização do conhecimento nessa área, organizado fora do sistema formal de ensino.

Conforme afirmam Iachel *et al.* (2009), poucos alunos da Educação Básica

têm a oportunidade de discutir e aprender temas relacionados a esta ciência em sala de aula, pois muitas vezes sua abordagem é feita de maneira bastante limitada, baseando-se simplesmente em estudos de livros textos, os quais frequentemente apresentam conteúdos

timidamente explorados ou então com graves falhas didáticas (Iachel et al., 2009, p. 4502-1).

Desta forma, as palestras ministradas no LEEA, por um membro do grupo, trazem temas sobre astronomia em geral e ocorrem quando recebemos visitas de escolas no CHT. Os temas são escolhidos conforme a série escolar dos participantes, com base nos assuntos/conteúdos que possivelmente esses alunos tenham visto. Desta maneira, favorecem o aprendizado para que haja uma maior interação com o público e oportuniza a eles dirimir dúvidas, dando início, assim, a uma discussão científica.

É válido ressaltar que as discussões e debates em torno do assunto ocorrem durante todo o decorrer das atividades, pois nos diversos espaços há membros do GEAZ disponíveis, além do coordenador e colaboradores, para sanar as curiosidades dos participantes sobre astronomia e física.

Segundo o site da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), olimpíada aberta às instituições públicas e privadas de ensino fundamental, médio e superior, que consiste em construir e lançar foguetes de garrafas PET, empolga os alunos, professores e familiares. E é com esse mesmo intuito que decidimos replicar tais oficinas. Para esta atividade, consultamos previamente a instituição para saber da disponibilidade de um local adequado, de preferência descampado, para os lançamentos. Em seguida, solicitamos, com antecedência, os materiais necessários de acordo com o número de participantes, que é um público definido pela escola, para na data agendada estar tudo organizado, e assim darmos início à oficina que, nesta etapa, ocorre em uma sala de aula. Neste momento, dois membros do grupo explicam detalhadamente o passo-a-passo para a construção dos foguetes e os conceitos físicos envolvidos. Uma vez produzidos, finalmente os foguetes são lançados, fase em que podemos verificar se a construção foi bem-sucedida, assim como a percepção dos fenômenos. É válido destacar que quando vamos às instituições, na maioria das vezes, é levado apenas o planetário, pois o telescópio é um equipamento frágil para deslocamento e dificilmente a escola/CREDE disponibiliza um transporte que seja adequado para levar todos os equipamentos e o número suficiente de membros que garantam a execução de todas as atividades.

Outra atividade essencial para garantir a realização das ações do GEAZ é a manutenção dos equipamentos e laboratório utilizados pelo grupo. Semestralmente, além da manutenção citada, produzimos ainda o inventário do LEEA e um levantamento dos materiais que precisam ser repostos/adquiridos, pois no decorrer do período letivo, vez ou outra, compramos materiais, como: oculares, filtros solares e luzes do planetário. Como o grupo não possui apoio financeiro de nenhum órgão público ou privado, tentamos manter as condições necessárias para viabilizar o uso destes equipamentos e a aquisição de novos, por meio de vendas e rifas de camisas e canecas sobre temas voltados à astronomia.

A divulgação dessas ações desenvolvidas pelo GEAZ ocorre através das publicações, dos registros fotográficos, nas páginas do Facebook<sup>6</sup> e Instagram<sup>7</sup> do grupo. Nessas páginas também são divulgadas notícias e curiosidades gerais sobre astronomia, astrofísica e cosmologia, além das astrofotografias, estas produzidas pelos membros do grupo.

Geralmente, o conhecimento da existência desse grupo, principalmente para as escolas de outras regiões, se dá através dessas páginas, as quais proporcionam o primeiro contato com GEAZ. Há também o auxílio do setor de divulgação da UECE/FECLI e do curso de Licenciatura em Física nas redes sociais e

---

<sup>6</sup><https://www.facebook.com/zeniteestudosemastronomia/>

<sup>7</sup><https://www.instagram.com/grupozeniteuece/>

sites institucionais, além da colaboração dos membros do grupo e das próprias escolas que já participaram realizando a divulgação de tais atividades em suas redes sociais.

#### 4 Resultados e Discussão

Com a intenção de estimular a curiosidade científica dos discentes, conforme as orientações da BNCC, e tendo em vista as intervenções já desenvolvidas e divulgadas pelo GEAZ, percebemos aumento na procura dos agendamentos de nossas ações por parte de várias instituições, sobretudo da região Centro-Sul do Ceará.

O planejamento das atividades tem se mostrado decisivo no tocante ao despertar do interesse das pessoas pela astronomia. Além disso, concordamos com Schivani (2010, p. 124) quando afirma que “a astronomia possui características que de forma quase natural desperta a curiosidades dos indivíduos por onde transita. Mesmo que seja uma curiosidade ainda ingênua, ela possui rico potencial para criticizar-se”.

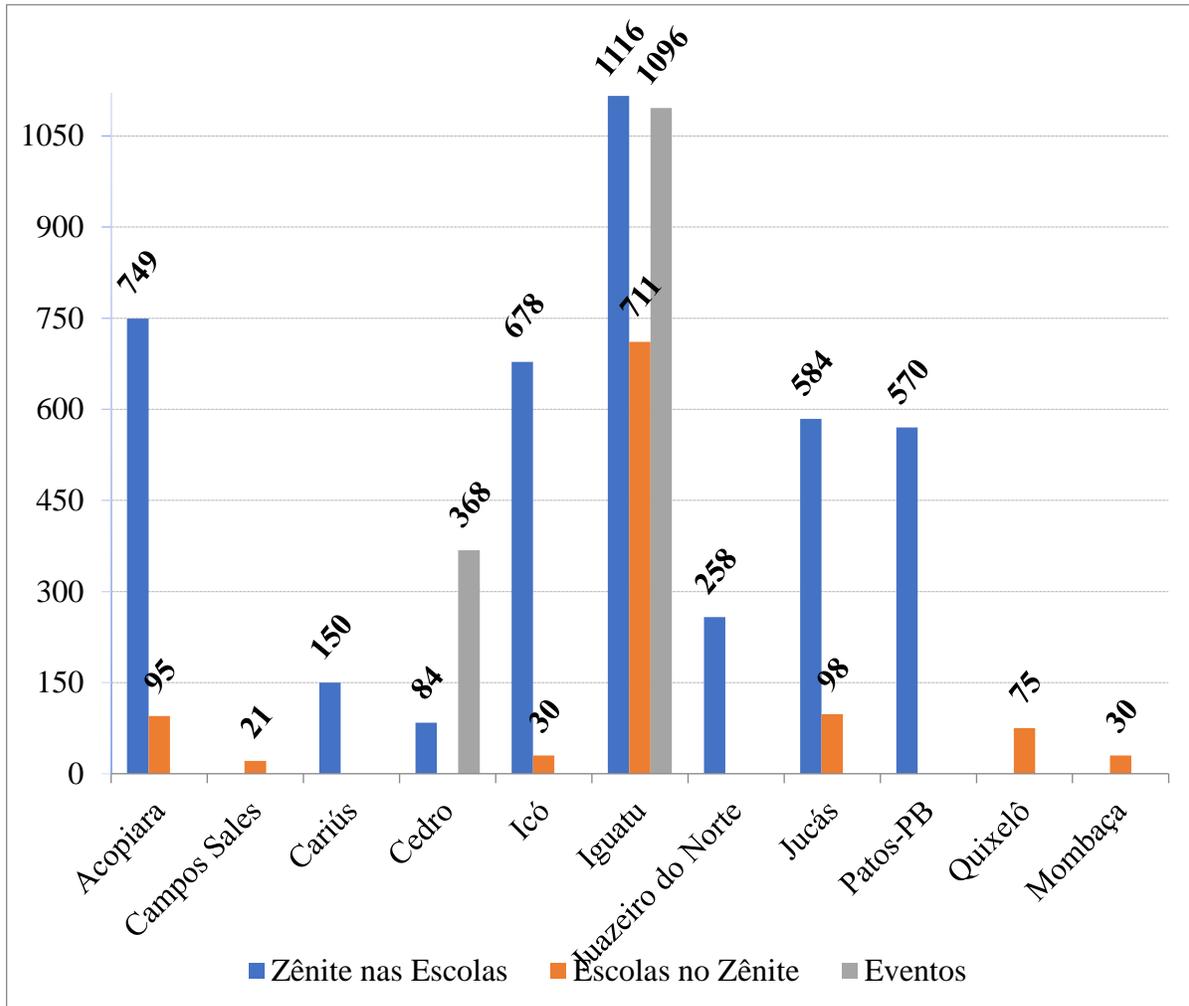
Até dezembro de 2019, recebemos 15 visitas de escolas de Ensino Fundamental e 12 de escolas de Ensino Médio. São instituições de várias cidades do interior do Ceará: Acopiara, Campos Sales, Cariús, Icó, Iguatu, Jucás, Quixelô e Mombaça. Em relação às visitas nas próprias instituições de ensino, conseguimos alcançar duas escolas de Ensino Fundamental, 10 escolas de Ensino Médio, quatro Institutos Federais e uma Universidade. É importante ressaltar que algumas destas instituições receberam mais de uma visita do GEAZ, e os municípios cearenses atendidos nessas ações foram: Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Juazeiro do Norte e Jucás. Além destes, o município de Patos, na Paraíba. Tais visitas foram realizadas em várias instituições de ensino que, segundo Martins (2014), são caracterizadas como espaços formais de ensino. Porém, mesmo estando dentro destes ambientes, a educação oportunizada neste momento é caracterizada como uma educação não formal, pois não segue um currículo e é livre de orientações legais (Langhi e Nardi, 2009; Marandino *et al.*, 2003).

Além disso, colaboramos em 13 eventos nos diversos tipos de espaços de ensino formal, nãoformal e informal: Feiras das Profissões, Seminários sobre Astronomia, Encontro de Pesquisa e Ensino de Física da FECLI, II Encontro de Física do IFCE-Cedro, Brinciar vai à Praça, entre outros. Por fim, o GEAZ promove eventos de observação dos fenômenos astronômicos, a exemplo do Trânsito de Mercúrio e Eclipses, bem como observações ocasionais do céu noturno, no CHT. Nessas ocasiões, além de promovermos uma educação não formal, também propiciamos a educação informal, pois algumas destas atividades não se constituem de um sistema organizado e nem proposital (Gaspar, 1992).

A metodologia descrita neste artigo foi utilizada para todas as escolas, assim como as atividades desenvolvidas e apresentadas. O Gráfico 1 apresenta a distribuição do número de participantes atendidos por município durante o ‘Zênite nas Escolas’ (atividades desenvolvidas para escolas da Educação Básica, no CHT), ‘Escolas no Zênite’ (ações realizadas nas próprias instituições solicitantes) e colaborações/realizações de eventos.

**Gráfico 1** - Número de participantes atendidos por município em cada ação.

**Fonte:** Autores.



De acordo com o Gráfico 1, o número total de participantes nas ações desenvolvidas pelo GEAZ é de 6.713 onde, aproximadamente, 44% deste público foi atendido a partir de solicitações realizadas por instituições do município de Iguatu. Uma justificativa plausível para esse percentual é que o curso de Licenciatura em Física da UECE-FECLI, ao qual o grupo é vinculado, funciona no município em questão. Ao analisarmos o quantitativo dos participantes, notamos que cerca de 89% acessaram nossas ações a partir dos agendamentos oriundos das instituições públicas. É válido destacar que todas as escolas particulares solicitantes situam-se no município de Iguatu.

No entanto, apesar de tais intervenções propiciarem um cenário motivador, conforme afirmam Langhi e Martins (2018), corroboramos com Langhi e Nardi (2010), quando afirmam que a deficiência por parte do público em relação à astronomia deve-se, sobretudo, às falhas/ausências do ensino desta ciência, na Educação Básica, que podem estar associadas à má formação dos professores em astronomia, pois, segundo Junior, Reis e Germinaro (2014), apenas 15% dos cursos de licenciatura em física ofertavam essa

disciplina em sua grade curricular. Tendo em vista que as noções básicas em astronomia são necessárias aos professores de ciências/física da área, uma solução para sanar essa lacuna formativa seria a inserção nos currículos dos cursos de licenciaturas da área de ciência da natureza a disciplina de Astronomia Básica, conforme sugerido por Santo e Esteves (2012).

O acesso à diversidade de conhecimentos científicos precisa ser garantido aos estudantes da Educação Básica. Nesse sentido, a BNCC orienta que os conteúdos relativos à área de ciências da natureza sejam abordados nas escolas, possibilitando situações nas quais os discentes possam participar de conversas científicas (BRASIL, 2018).

Uma vez que as conversas mediadas pelo GEAZ apresentam um caráter científico, os participantes das ações, em sua maioria, demonstram deficiências no que se refere ao conhecimento científico sobre astronomia. Dentre as dúvidas mais frequentes dos discentes, pode-se destacar aquelas relativas aos eclipses: Como ocorrem? Por que acontecem? Qual a diferença entre eclipse solar e lunar?

Outras curiosidades bastante questionadas dizem respeito a cor e composição do Sol, ao equipamento utilizado para observá-lo com segurança, quantidade de planetas visíveis a olho nu, lua e suas crateras, lua sangrenta e a velocidade da luz. Além disso, são recorrentes entre os participantes noções equivocadas sobre astro luminoso e iluminado, distâncias da Lua e planetas à Terra, distinção de planetas e estrelas, ou de galáxias e nuvens, como por exemplo, a grande e a pequena Nuvem de Magalhães.

Após a leitura de Schivani (2010, p. 125) entendemos que esses questionamentos podem ser utilizados “para enriquecer o diálogo e a curiosidade ingênua, tornando-a mais crítica, epistemológica, especialmente quando há um diálogo entre o formal e o não formal”. Neste sentido, concordamos com o autor quando ele diz que a curiosidade é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem independente da disciplina.

Em cada subdivisão da Figura 1 é mostrado um pouco sobre como e onde aconteceram várias destas atividades: A) Alunos da E. E. M. Prof. Luís Gonzaga da Fonseca Mota do município de Quixelô, na sessão planetária realizada no CHT; B) Adolescentes do Centro Educacional Cenequista Ruy Barbosa de Iguatu fazendo observação solar no campus (CHT); C) Discentes da Escola Dom José Mauro do município de Jucás, na palestra realizada no LEEA; D) Adolescentes aguardando a sessão planetária realizada na E. E. M. Vivina Monteiro do município de Icó; E) Observação Solar realizada no IFCE de Iguatu; F) Palestra intitulada “O que a astronomia nos ensina acerca da Terra e do Universo?”, realizada no IFCE - Cedro; G) Crianças na sessão planetária do evento o “Brincar vai à praça”, realizado na praça São José em Iguatu; H) Adolescentes em atividade informal de Observação Lunar no CHT; I) Planetário no evento “Semana de Integração 2019.2” do curso de Licenciatura em Física da UECE-FECLI.



**Figura 1** - Legenda Ações das Escolas no Zênite (A), (B) e (C), Zênite nas Escolas (D), (E) e (F) e participação em Eventos (G), (H) e (I).

**Fonte:** Autores.

No decorrer das visitas foi possível notar que para muitos estudantes, e até mesmo para os próprios professores, tratou-se da primeira aproximação com equipamentos e conteúdos apresentados pelo grupo, provocando entusiasmo aos jovens e adultos, pois, segundo Bretones (2014), o primeiro contato com o Cosmo é sempre algo especial e marcante. Para Schivani (2010, p. 126) a “astronomia mostra-se com grande potencialidade, pois não faltam palavras e temas que despertam a curiosidade e mexem com o imaginário das pessoas em geral, especialmente jovens e crianças”.

A divulgação das ações do GEAZ em mídias sociais propiciou a publicidade do curso de Licenciatura em Física da UECE/FECLI, tendo em vista o significativo número de seguidores do grupo nas redes sociais. Verificamos também um aumento considerável na procura pelo curso, podendo sinalizar um reflexo das ações do GEAZ, pois em conversas com os membros, diversas pessoas afirmaram saber da existência do curso após participarem das atividades desenvolvidas ou de acompanharem a divulgação.

Além do projeto de extensão, destacamos o desenvolvimento, no âmbito do GEAZ, de um trabalho de conclusão de curso de caráter investigativo/reflexivo das ações do grupo, a partir das perspectivas dos docentes.

## 5 Considerações Finais

Buscou-se aqui delinear as ações desenvolvidas pelo GEAZ, único grupo na região Centro-Sul do Ceará a desempenhar atividades de divulgação e ensino de astronomia, contribuindo assim à formação científica no interior cearense.

No decorrer das ações, a ausência do ensino de astronomia ficou evidente quando uma parte significativa dos participantes afirmou ser seu primeiro contato com astronomia, além das diversas dúvidas apresentadas. Estas geraram debates e possibilitaram a exposição de novos conteúdos de maneira diferenciada.

A metodologia utilizada possibilitou instigar os envolvidos, facilitando o entendimento dos fenômenos astronômicos, apesar do déficit nos conteúdos de astronomia na Educação Básica.

O entusiasmo dos estudantes verificado ao longo das atividades, a divulgação do grupo e sua atuação em mídias sociais, promoveram um aumento da procura por agendamentos das nossas ações, inclusive com a repetição de algumas instituições solicitantes.

A partir das observações realizadas durante as intervenções, percebeu-se mais interesse e curiosidade dos participantes, sobretudo nos momentos das sessões planetárias e observações com o telescópio.

As ações decorrentes da atuação do GEAZ, além de oportunizarem espaços de formação aos seus membros, revelaram a importância do grupo junto à comunidade acadêmica e não acadêmica, sobretudo no que se refere à divulgação e ao ensino da astronomia para a população da região Centro-Sul do Ceará.

## Agradecimentos

À Pró-reitoria de Extensão – PROEX da Universidade Estadual do Ceará, pelo apoio financeiro;

À professora Maria Márcia Melo de Castro Martins, pelas colaborações na revisão do trabalho;

A todos os membros do GEAZ, por tornarem possíveis as ações de divulgação e ensino de astronomia propostas pelo grupo.

## Referências

Arruda, S. de M., Zapparoli, F. V. D., & Passos, M. M. (2019). Aprendizagem de Astronomia em grupos do Facebook. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(2), 383-413. Recuperado em 22 Agosto de 2020, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n2p383/40734>.

Azevedo, M. P. (2017). Mídias e TICs no papel da Divulgação científica brasileira e o Educomunicador no EaD. *Anais do Congresso Nacional de Educação*, Curitiba, PR, Brasil. Recuperado em 5 de Agosto de 2020. Disponível em: <[https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/23350\\_11998.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/23350_11998.pdf)>

Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base*. Brasília: MEC. Recuperado em 26 de Junho de 2020. Disponível em:

[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf).

Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base*. Brasília: MEC. 2018.

Recuperado em 26 de Junho de 2020. Disponível em:

[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf).

Brasil. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF. Recuperado em 27 de Junho de 2020. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>.

Bretones, P. S. (2006). A astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu. *Tese (Doutorado em Ciências)* – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Recuperado em 5 de Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/a-astronomia-na-formacao-continuada-de-professores-e-o-papel-da-racionalidade-pratica-para-o-tema-da-observacao-do-ceu>.

Bretones, P. S., & Compiani, M. (2001). Disciplinas introdutórias de astronomia nos cursos superiores do Brasil. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, 20(3), 61-82. Recuperado em 19 de Agosto de 2020

[https://www.researchgate.net/publication/317613329\\_Disciplinas\\_introdutorias\\_de\\_Astronomia\\_nos\\_cursos\\_superiores\\_do\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/317613329_Disciplinas_introdutorias_de_Astronomia_nos_cursos_superiores_do_Brasil).

Bretones, P. S. (1999). Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil.

*Dissertação (Mestrado de Geociências)* - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Recuperado em 5 de Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/disciplinas-introdutorias-e-astronomia-nos-cursos-superiores-do-brasil>.

Bretones, P. S. (2014). *Jogos para o ensino de astronomia*. (2a ed.). Campina – SP: Editora Átomo.

Bueno, W. da C. (1985). Jornalismo Científico: conceito e funções. *Ciência e Cultura*. Campinas, 37(9), 1420-1427. Recuperado em 5 de Agosto de 2020 <https://biopibid.ccb.ufsc.br/files/2013/12/Jornalismo-cient%C3%ADfico-conceito-e-fun%C3%A7%C3%A3o.pdf>.

Candotti, E. et al. (2002). *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ. Recuperado em 6 de Agosto de 2019. Disponível em:

[http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes\\_Educacao/PDFs/cienciaepublico.pdf](http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/cienciaepublico.pdf).

Carneiro, D. L. C. M., & Longhini, M. D. (2015). Divulgação científica: As representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, 20, 7-35. Recuperado em 22 de Agosto de 2020

<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/204/307>.

Gaspar, A. (1992). O Ensino Informal de Ciências: de sua viabilidade e interação com o ensino formal à concepção de um centro de ciências. *Caderno Catarinense Ensino de Física*, 9 (2), 157-163. Recuperado

em 4 de Agosto de 2020. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7493/6872>.

Ghanem, E. & Trilla, J. (2008). *Educação formal e não-formal: pontos e contrapontos*. São Paulo: Summus Editorial.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6a ed.). São Paulo: Atlas. Recuperado em 1 de Julho de 2020. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>.

Iachel, G. *et al.* (2009). A montagem e a utilização de lunetas de baixo custo como experiência motivadora ao ensino de astronomia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), 4502-1-4502-7. Recuperado em 24 de Junho de 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n4/v31n4a16.pdf>.

Jacobucci, D. F. C. (2008). Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. *Em Extensão*, 7 (1), 55-66. Recuperado em 03 de Agosto de 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/20390/10860>.

Júnior, A. J. R., Reis, T. H., & Germinaro, D. R. (2014). Disciplinas e Professores de Astronomia nos Cursos de Licenciatura em Física das Universidades Brasileiras. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, 18, 89-101. Recuperado em 3 de Agosto de 2020. Disponível em: <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/202/269>.

Langhi, R. (2004). Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)* - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP. Recuperado em 5 de Agosto de 2020. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90856/langhi\\_r\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90856/langhi_r_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Langhi, R., & Martins, B. A. (2018). Um estudo exploratório sobre os aspectos motivacionais de uma atividade não escolar para o ensino da Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(1), 64-80. Recuperado em 7 de Junho de 2020 <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n1p64/36175>.

Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111. Recuperado em 5 de Agosto de 2020 <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055/12760>.

Langhi, R., & Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), 4401-1-4402-11. Recuperado em 30 de Junho de 2020 <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n4/v31n4a14.pdf>.

Langhi, R., & Nardi, R. (2010) Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *Ensaio*, 12(2), 205-224. Recuperado em 5 de Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00205.pdf>

Longhini, M. D. (2009). Universo representado em uma caixa: Introdução ao estudo da astronomia na formação inicial de professores de física. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, 7, 31-42. Recuperado em 24 de Junho de 2020. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/125/153>.

Longhini, M. D., Gomide, H. A., & Fernandes, T. C. D. (2013). Quem somos nós? Perfil da Comunidade Acadêmica Brasileira na Educação em Astronomia. *Ciência & Educação*, 19(3), 739-759. Recuperado em 15 de Junho de 2020 <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n3/14.pdf>.

Marandino, M *et al.* (2003). A Educação Não Formal e a Divulgação Científica: o que pensa quem faz? *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Bauru, SP, Brasil. Recuperado em 30 de Julho de 2020 <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/orais/ORAL009.pdf>.

Marques, J. B. V., & Freitas, D. (2015a) Instituições de Educação Não-Formal de Astronomia no Brasil e sua Distribuição no Território Nacional. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, 20, 37-58. Recuperado em 4 de Agosto de 2020. <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/215/309>.

Marques, J. B. V., & Freitas, D. (2015b). Educação não-formal e divulgação científica na área de Astronomia no Brasil – caracterizando uma comunidade de práticas. *Latin American Journal of Science Education*, 2(1), 12028-1-12028-15. Recuperado em 4 de Agosto de 2020. Disponível em: [http://www.lajse.org/may15/12028\\_Marques.pdf](http://www.lajse.org/may15/12028_Marques.pdf).

Martins, B. de A. (2014). Um estudo exploratório sobre os aspectos motivacionais de uma atividade não escolar para o ensino da Astronomia. 2014. 190f. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências)* – Instituto de Física, UFMS, Campo Grande, 2014. Recuperado em 3 de Agosto de 2020 <https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/2245/1/Bruno%20de%20Andrade%20Martin.s.pdf>.

O que é a MOBFOG. *OBA*, 2020. Recuperado em 30 de Junho de 2020. <http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&pag=conteudo&idconteudo=586&idcat=29&subcat=>.

Santo, M. A. do E., & Esteves, F. C. (2012). Projeto "Olhando para o Céu no Sul Fluminense. Primeiras e futuras contribuições" *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29(1), 183-192. Recuperado em 23 de Junho de 2020 <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n1p183/21617>.

Schivani, M. (2010). Educação não formal no processo de ensino e difusão da Astronomia: ações e papéis dos clubes e associações de astrônomos amadores. 2010. 161f. *Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)* - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Recuperado em 2 de Fevereiro de 2023. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-27092010-095727/es.php>.

Vilaça, J., Langhi, R. & Nardi, R. (2013). Planetários enquanto espaços formais/não-formais de ensino, pesquisa e formação de professores. *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Águas de Lindóia, SP, Brasil. Recuperado em 19 de Agosto de 2020. Disponível em: [http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0290-1.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0290-1.pdf).

## **SPACEENGINE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: INVESTIGANDO O SISTEMA SOLAR E A VIABILIDADE DA VIDA FORA DA TERRA**

 *Uiliam Alves Almeida*<sup>1</sup>  
 *Roberto Ferreira Claudino*<sup>2</sup>  
 *Tânia Maria Hetkowski*<sup>3</sup>  
 *Mariana Lemos Moreira*<sup>4</sup>  
 *Maria Eduarda da Silva Cruz*<sup>5</sup>  
 *Ernande Oliveira Souza*<sup>6</sup>  
 *Jacquelline Viana Fernandes*<sup>7</sup>

**Resumo:** Este trabalho, apresentado no II Seminário Virtual de Astronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), propôs uma Sequência Didática (SD) para o Ensino de Astronomia voltada ao 9º do Ensino Fundamental da Educação Básica, na área de Educação em Ciências, a partir do tema “Sistema Solar e a viabilidade da vida humana fora da Terra”, numa abordagem Transdisciplinar. As habilidades da BNCC EF09CI14 e EF09CI16 nortearam construção da SD e adotamos como ferramenta didática principal o *software* Astronômico *SpaceEngine*. Na apresentação mostramos a dinâmica da proposta e algumas funcionalidades do *software* bem como este auxiliaria o professor na abordagem dos conteúdos. Os sujeitos da pesquisa eram estudantes das licenciaturas de Física, Química, Biologia e Pedagogia. A coleta de dados foi realizada por um questionário *on-line* de participação voluntária. Os resultados expressaram as percepções dos sujeitos da pesquisa sobre o modelo em questão. Constatamos que a maioria avaliou a proposta de forma positiva. Tais análises mostram que o trabalho alcançou seu objetivo gerando possibilidades de ampliações e melhorias futuras.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia; Transdisciplinaridade; Software; Sequência Didática.

## **SPACEENGINE COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA: INVESTIGANDO EL SISTEMA SOLAR Y LA VIABILIDAD DE LA VIDA FUERA DE LA TIERRA**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB), Vitória da Conquista, Brasil. Email: [uiliamlvesalmeida@gmail.com](mailto:uiliamlvesalmeida@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB), Itapetinga, Brasil. Email: [roberto@uesb.edu.br](mailto:roberto@uesb.edu.br)

<sup>3</sup> Universidade do Estado da Bahia, (UNEB), Salvador, Brasil. Email: [taniah@uneb.br](mailto:taniah@uneb.br)

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB), Vitória da Conquista, Brasil. Email: [mariana.lm1008@gmail.com](mailto:mariana.lm1008@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB), Itapetinga, Brasil. Email: [duds769@gmail.com](mailto:duds769@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB), Itapetinga, Brasil. Email: [nandesouza1984@gmail.com](mailto:nandesouza1984@gmail.com)

<sup>7</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, (UESB)04, Vitória da Conquista, Brasil. Email: [linevife@gmail.com](mailto:linevife@gmail.com)

**Resumen:** Este trabajo, presentado en el II Seminario Virtual de Astronomía de la Universidad Estatal del Suroeste de Bahía (UESB), propuso una Secuencia Didáctica (SD) para la Enseñanza de la Astronomía dirigida al 9º de la Enseñanza Fundamental de Educación Básica, en el área de Educación en Ciencias, con base en el tema “Sistema Solar y la viabilidad de la vida humana fuera de la Tierra”, en un enfoque Transdisciplinar. Las habilidades del BNCC EF09CI14 y EF09CI16 guiaron la construcción del SD y adoptamos el *software* astronómico *SpaceEngine* como nuestra principal herramienta de enseñanza. En la presentación mostramos la dinámica de la propuesta y algunas características del software y también cómo ayudaría al docente en el abordaje de los contenidos. Los sujetos de investigación fueron estudiantes de pregrado en Física, Química, Biología y Pedagogía. La recolección de datos se llevó a cabo a través de un cuestionario en línea con participación voluntaria. Los resultados expresaron las percepciones de los sujetos de investigación sobre el modelo en cuestión. Encontramos que la mayoría evaluó la propuesta positivamente. Dichos análisis muestran que la obra logró su objetivo, generando posibilidades de futuras ampliaciones y mejoras.

**Palabras clave:** Enseñanza de Astronomía; Transdisciplinariedad; Software; Secuencia didáctica

## ***SPACEENGINE AS A DIDACTIC TOOL FOR ASTRONOMY TEACHING: INVESTIGATING THE SOLAR SYSTEM AND THE VIABILITY OF LIFE OUTSIDE EARTH***

**Abstract:** This work, presented at the II Virtual Seminar on Astronomy at the State University of Southwest Bahia (UESB), proposed a Didactic Sequence (SD) for Teaching Astronomy aimed at the 9th of Elementary School of Basic Education, in the area of Education in Sciences, based on the theme “Solar System and the viability of human life outside Earth”, in a Transdisciplinary approach. The skills of the BNCC EF09CI14 and EF09CI16 guided the construction of the SD and we adopted the *SpaceEngine* Astronomical *software* as the main didactic tool. In the presentation we show the dynamics of the proposal and some features of the *software* as well as how it would help the teacher in approaching the contents. The subjects of research were undergraduate students in Physics, Chemistry, Biology and Pedagogy. Data collection was carried out through an online questionnaire with voluntary participation. The results express the perceptions of the research subjects about the model in question. We found that the majority evaluated the proposal positively. Such analyzes show that the work achieved its objective, generating possibilities for future expansions and improvements.

**Keywords:** Astronomy Teaching; Transdisciplinarity; Software; Didactic Sequence.

### **1. Introdução**

Ao longo de nossas vidas tem sido necessário conhecermos o planeta em que habitamos e as condições que tornam possível a nossa permanência e a dos demais seres vivos na Terra, entretanto, a partir da evolução tecnológica, e da exploração de recursos naturais, vislumbrando maior conforto humano alinhado ao aumento da produção de bens de consumo, deparamo-nos com a elevação em escalas inimagináveis da degradação dos recursos naturais necessários e indispensáveis para a manutenção da vida no planeta. Nesse sentido, faz-se necessário conscientizar os jovens estudantes de que suas ações individuais são inegavelmente importantes

para preservar o planeta que habitam, diante da certeza de que não há outro astro no Sistema Solar capaz de abrigar a vida humana de forma natural como a conhecemos.

Neste contexto, a Astronomia é uma área do conhecimento interessante para ser discutida no ambiente escolar por diversos fatores, dentre eles, o fascínio histórico da busca incansável do ser humano pelo desconhecido, a evolução da ciência e da tecnologia oriundas da intrigante exploração espacial e da necessidade das pessoas compreenderem os astros que orbitam o Sol, para entender que o planeta Terra é o único local possível para a sobrevivência da espécie humana. Como afirma Pilling (2017, p.04), *“com exceção da Terra, os outros planetas do Sistema Solar não apresentam condições para o desenvolvimento da vida, principalmente por não apresentarem temperatura em que a água se apresente no estado líquido”*.

A Base Nacional Comum Curricular de 2018 orienta para o Ensino Fundamental na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias sobre a importância de se trabalhar conteúdos referentes à Astronomia. No tópico Competências Específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, o documento norteia também que o profissional de educação utilize tecnologias digitais como fonte de produção de conhecimento: *“Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética”* (Brasil, 2018, p. 324).

Proporcionar aos estudantes o despertar de uma visão crítica do mundo mostra que estamos inseridos no meio que nos envolve; dessa forma, somos responsáveis em garantir que as futuras gerações tenham um lugar com condições mínimas para viver. Nesse sentido, importante compreendermos o conhecimento de uma forma plural, característica que se atrela em vertentes da Transdisciplinaridade. Para Ribeiro e Freire (2021), a abordagem Transdisciplinar dos conteúdos vai para além do que é abordado nos componentes curriculares, pois os autores defendem que esta abordagem alinha os conteúdos trabalhados em sala de aula com a bagagem adquirida pelo aluno durante a vida. Assim, o conceito transdisciplinar mantém o diálogo entre os conhecimentos e a diversidade das culturas, abrindo um leque para novos saberes (D’Ambrosio,1997).

A abordagem transdisciplinar no Ensino de Astronomia possibilita aos professores explorar ferramentas e acessórios do cotidiano dos estudantes, para que possam compreender a importância dos conhecimentos ensinados em sala de aula alinhados com sua realidade, os quais criam pontes para conhecimentos distintos, levando os ouvintes a entender que não há necessidade de limitar os debates em uma disciplina ou em um único tema, mas há diversas metodologias. Adotando essa maneira de ensinar, o professor cativa os alunos e dispõe de uma ótima estratégia para o Ensino de Astronomia. Pelos resultados apontados, é possível haver conexão e aprendizados significativos, conforme apontam Ribeiro & Ferreira (2021) em sua pesquisa sobre o tema.

As barreiras encontradas pelo professor para ministrar conteúdos de Ciências, Física e áreas afins nunca foram tarefas tranquilas em nosso país. Sendo assim, nossas escolas precisam amparar-se em ferramentas de baixo custo e de fácil utilização, as quais tornam o trabalho escolar produtivo e cativante para os estudantes e produtivo para o educador (Rezende & Ostermann, 2005).

O uso das tecnologias digitais em sala de aula, além de tornar dinâmica a compreensão dos conteúdos por parte dos alunos, fornece ao professor ferramentas para tornar a aula atrativa aos alunos. Ademais, a tecnologia é utilizada pelos jovens no momento atual. Assim, a escolha de um tema que utiliza como ferramenta didática principal de sua abordagem um recurso tecnológico agrega as recomendações das diretrizes nacionais.

A adoção de recursos tecnológicos pelas escolas é uma estratégia positiva para minimizar a escassez de instrumentos didáticos, como laboratórios e observatórios científicos. Essas ferramentas são necessárias à aplicação prática dos conhecimentos teóricos trabalhados em sala de aula. Nesse sentido, o uso de simuladores e *softwares* auxiliam os profissionais da área na abordagem dos conteúdos e construção do conhecimento (Zara, 2011).

A Sequência Didática - SD é uma importante ferramenta para orientação do professor, principalmente ao ministrar aulas com auxílio de recursos didáticos atípicos aos rotineiros, como um laboratório, uso de recursos tecnológicos, aulas de campo entre outros. Zabala (1998, p.18) define Sequência Didática como “*um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos*”.

Destaca-se que a SD possibilita a construção do conhecimento, organiza os materiais a serem utilizados em sala para abordar os conteúdos, otimizando e direcionando o trabalho do professor e do aluno. Nessa perspectiva, este trabalho apresenta um modelo de Sequência Didática que irá subsidiar ferramentas ao profissional da área de educação, auxiliando-o a ministrar uma aula sobre a temática citada, amparados pelo conceito de transdisciplinaridade e pelas orientações da BNCC.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo construir e avaliar uma Sequência Didática com tema Sistema Solar e a Viabilidade da Vida Humana fora da Terra em uma abordagem Transdisciplinar, através de simulações produzidas no software *SpaceEngine*. A proposta de SD apresentada tem potencial para auxiliar o professor nos debates entre os jovens estudantes acerca da necessidade de cuidar da nossa “casa” e conservar os recursos básicos indispensáveis para a vida na Terra. Filosoficamente, a proposta adota o texto “O Pálido Pondo Azul” para uma reflexão coletiva da insignificância humana em meio à imensidão do Universo, frente a possibilidade de escassez dos recursos naturais necessários para a humanidade, e com a certeza de que não haverá outro lugar capaz de nos abrigar, como espécie, de forma segura e natural na órbita Solar. Sendo assim, gostando ou não, a Terra é onde temos que habitar por enquanto (Sagan, 1994).

## **2. *SpaceEngine***

A importância das tecnologias digitais, como o software *SpaceEngine*, no processo de Ensino e Aprendizagem em Astronomia são indispensáveis, considerando as possibilidades e a qualidade dos instrumentos de observação como, por exemplo, telescópios, principalmente quando o que se está estudando necessita de um detalhamento mais específico. Enfatizamos as potencialidades do *software* pela possibilidade de observação do momento atual em que se

encontra o objeto, bem como da simulação, de geotecnologia e da exploração das virtualidades. A BNCC sugere a utilização desses recursos tecnológicos no Ensino de Ciências, logo a Sequência Didática apresentada adota o *software* astronômico *SpaceEngine* como ferramenta didática substancial a alunos e professores para o entendimento de Astronomia no Ensino Fundamental II.

Este simulador astronômico, ou seja, um processador de grafismos 3D em tempo real está disponível para *download* de forma gratuita na internet pelo site: (<https://spaceengine.org/download/spaceengine/>). Ele proporciona ao professor navegar pelo Universo conhecido, visitando planetas, Luas, estrelas, asteroides, nebulosas, galáxias e outros objetos cósmicos, com imagens próximas ao conhecido desses objetos. No site oficial [www.SpaceEngine.org](http://www.SpaceEngine.org) o *software SpaceEngine* (SpaceEngine.org, 2022, p.01) é entendido como:

(...) um universo virtual realista que você pode explorar em seu computador. Você pode viajar de estrela em estrela, galáxia em galáxia, pousando em qualquer planeta, lua ou asteroide com a capacidade de explorar sua paisagem alienígena. Você pode alterar a velocidade do tempo e observar qualquer fenômeno celestial que desejar. Todas as transições são complementares contínuas e este universo virtual tem um tamanho de bilhões de anos-luz de diâmetro e contém trilhões e trilhões de sistemas planetários. A geração procedural é baseada em conhecimento científico real, portanto, a *SpaceEngine* retrata o Universo de maneira como ele é pensado pela ciência moderna. Objetos celestes reais também estão presentes se você quiser visitá-los incluindo os planetas e luas de nosso Sistema Solar, milhares de estrelas próximas com exoplanetas recém-descobertos e milhares de galáxias conhecidas atualmente.

Operar o *SpaceEngine* não é difícil, entretanto se faz necessário compreender suas coordenadas, suas funcionalidades, seus controles de renderização e as configurações de um computador (com capacidade para *playout* de gráficos em *Ultra High Definition UDD e HDR High Dynamic Range*).

A gama de possibilidades para aplicabilidade do *SpaceEngine* em sala de aula é incomensurável, em especial para temas ligados ao Universo. Na proposta de SD apresentada, foram abordadas as características dos planetas e algumas Luas do Sistema Solar e o que os tornam inabitáveis ou inviáveis para a vida de seres vivos.

A seguir, alguns exemplos de imagens exploradas na SD, bem como outras possibilidades de abordagens possíveis de realizar com auxílio do *SpaceEngine*.

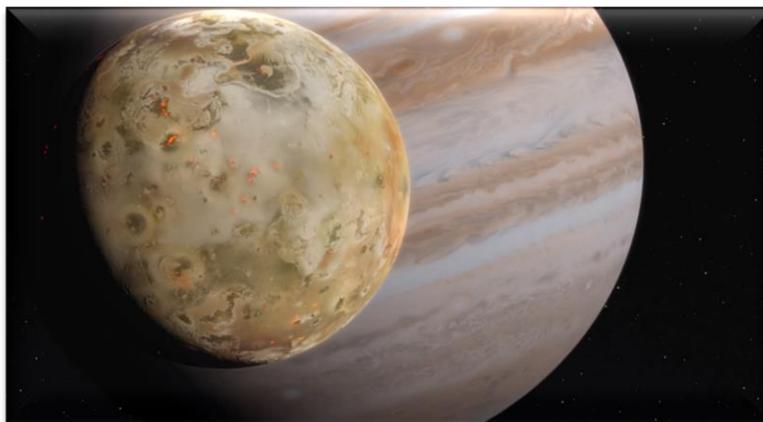
Na Figura 1 visualizamos o Planeta Terra sobreposto ao seu satélite natural Lua, na qual é possível observar a predominância da água líquida em sua superfície, condição essencial para vida, que na Terra encontra-se no estado líquido devido à localização de nosso planeta na Zona Habitável da sua estrela.



**Figura 1** - Terra e Lua.

**Fonte** -*SpaceEngine.org*, (2022)

Na figura 2 aparece IO como uma das quatro grandes Luas de Júpiter. Possui intensa atividade vulcânica, condições estas similares às terrestres em seu período primordial.



**Figura 2** – IO

**Fonte** -*SpaceEngine.org*, (2022).

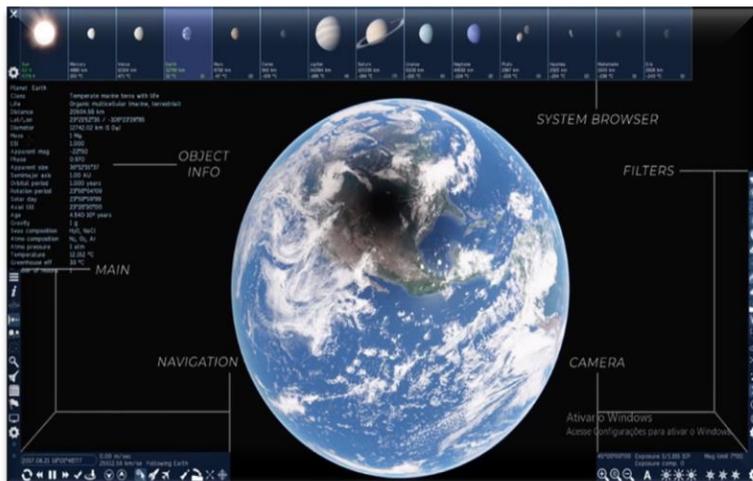


**Figura 3 - Saturno.**

**Fonte - SpaceEngine.org, (2022).**

Saturno é considerado o mais belo mundo vizinho da Terra, com seus anéis formados por cristais de gelo de água e componentes residuais de material rochoso exposto na Figura 3.

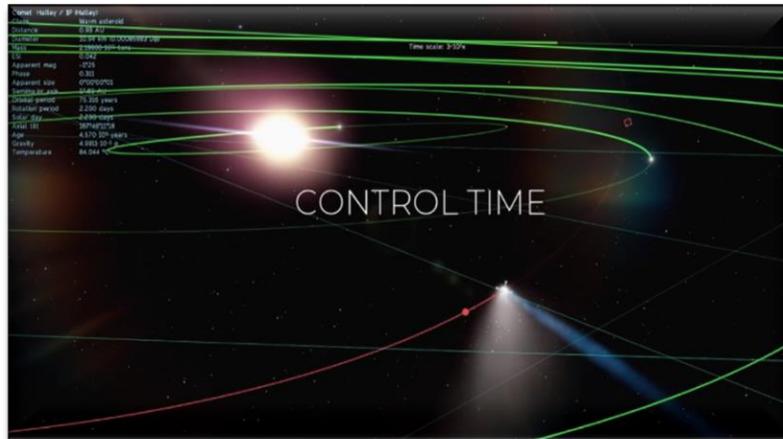
Além da observação dos planetas, é possível aterrissar no astro, retirar atmosferas, água e nuvens, identificar características técnicas dos objetos por meio da legenda e, com um click, podemos sair da Terra e viajar até Júpiter na velocidade do som ou da luz. Esses são alguns exemplos das funções do *SpaceEngine*, demonstrados na Figura 4.



**Figura 4 - Ferramentas do *SpaceEngine*.**

**Fonte - SpaceEngine.org (2022).**

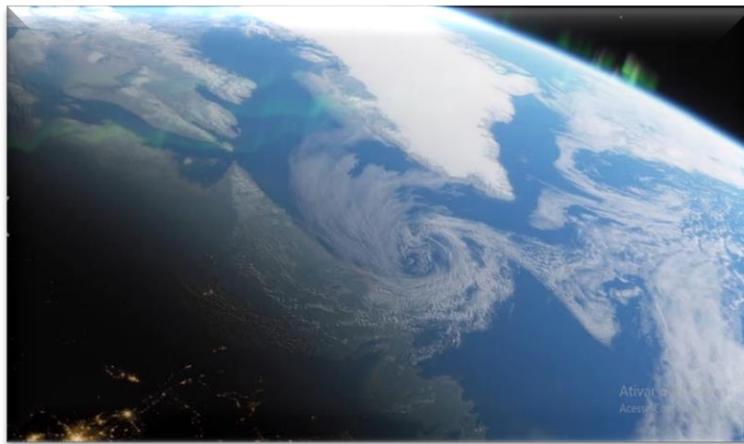
Avançar, parar ou voltar no tempo é uma possibilidade ao operar o *SpaceEngine*, podendo escolher dia, mês e ano. O *software* torna viável retornar à década de 1980, revendo a passagem do cometa Halley próximo ao Sol e da órbita terrestre, apresentado na Figura 5.



**Figura 5** -Halley e Órbitas.

**Fonte** - *SpaceEngine.org*, (2022).

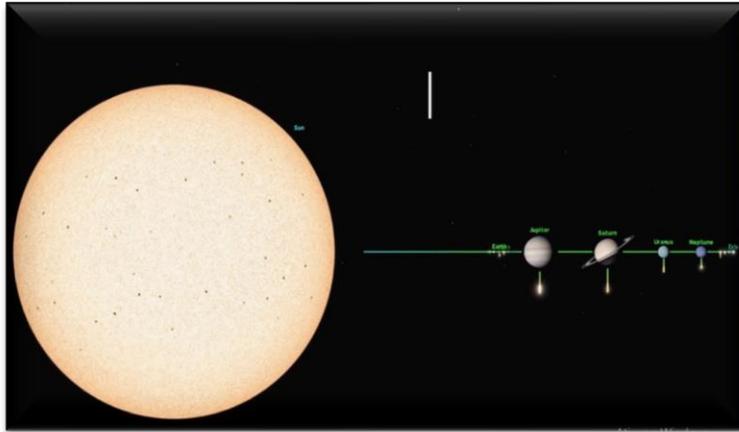
Na Figura 6, podemos observar um dos mais intrigantes fenômenos naturais terrestres: as Auroras. Elas acontecem nos polos do planeta Terra e são oriundas da interação entre o campo magnético e a atmosfera terrestre com o plasma solar. Este fenômeno também é possível de se observar através do *SpaceEngine*.



**Figura 6** – Auroras.

**Fonte** -*SpaceEngine.org*, (2022).

Muitas vezes, entender o diâmetro dos astros do Sistema Solar é uma tarefa complexa para o professor explicar em sala de aula, mas este *software* dispõe da função que alinha os planetas. Assim, é possível imaginar a diferença de proporções desses astros. Na Figura 7 temos a demonstração do alinhamento dos astros do Sistema Solar.



**Figura 7-** Alinhamento dos planetas.

**Fonte -** *SpaceEngine.org*, (2022).

### 3. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa aplicada, de caráter quantitativo e qualitativo. A escolha se deve às características das informações necessárias para avaliação do tema pesquisado, já que buscamos analisar as percepções dos sujeitos da pesquisa aliado aos percentuais de escolhas de suas respostas. Knechtel (2014, p. 106) define e diferencia as particularidades de cada uma delas:

Tanto a pesquisa qualitativa quanto a quantitativa têm por preocupação o ponto de vista do indivíduo: a primeira considera a proximidade do sujeito, por exemplo, por meio da entrevista; na segunda, essa proximidade é medida por meio de materiais e métodos empíricos.

O uso de dados quali-quantitativos auxilia o pesquisador a fazer um estudo mais aprofundado do objeto em questão, pois se utiliza da eficiência e pragmatismo dos números dentro da perspectiva quantitativa e nesse sentido dá ao pesquisador uma visão ampla acerca das percepções dos sujeitos da pesquisa sobre o material em questão, e por sua vez no modelo qualitativo o pesquisador pode aprofundar no diagnóstico da questão aplicada possibilitando a ele fazer um estudo individualizado das percepções de alguns sujeitos sobre o questionamento feito.

Os sujeitos<sup>8</sup> da pesquisa foram 22 estudantes de licenciaturas dos cursos de Física, Biologia, Química e Pedagogia inscritos no seminário e que aceitaram voluntariamente participar da pesquisa, correspondendo à aproximadamente 53% das pessoas que responderam voluntariamente ao questionário.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionário, cujo preenchimento era voluntário. Devido à pandemia<sup>9</sup> do Covid-19<sup>10</sup>, a apresentação da SD foi realizada por meio de um evento<sup>11</sup> *on-line*.

### 3.1. Concepção e Elaboração da SD

Para a construção da SD, usamos como orientação as habilidades EF09CI14 e EF09CI16 da Base Nacional Comum Curricular de 2018 (Brasil, 2018, p. 351), que orientam respectivamente o seguinte:

Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.

Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).

Após pesquisa de material bibliográfico sobre as potencialidades do Ensino Transdisciplinar de Astronomia na literatura disponível e aprofundamento teórico sobre os objetivos das habilidades de interesse (EF09CI14 e EF09CI16), delimitamos “Sistema Solar e viabilidade de vida fora da Terra” como tema norteador da atividade; o 9º ano do Ensino Fundamental II como público-alvo para aplicação da SD; e o *software SpaceEngine* como a ferramenta didática.

Para do desenvolvimento do roteiro da SD, utilizamos como ferramenta didática principal o *software astronômico SpaceEngine* (planetário 3D interativo e *software* de Astronomia, desenvolvido pelo astrônomo e programador russo Vladimir Romanyukna na década passada). Por meio dele, é possível a exploração de todo o Universo conhecido, estando disponível para *download* de forma gratuita, ele dispõe de uma dinâmica operacional relativamente fácil. O *software* é carregado por imagens com escalas próximas das reais conhecidas no Universo. Como aporte teórico, utilizamos dois livros didáticos: “Inovar 9: Ciências da Natureza” de Sônia Lopes e Jorge Audino, e o livro “Companhia das Ciências 9: Ciências da Natureza: de João Usberco e José Manuel Martine”. A escolha desse material foi facultada devido a sua relação pertinente com

---

<sup>8</sup> Projeto analisado pelo conselho de ética, CEE nº 45652820.5.0000.0057, aprovado pelo parecer final nº 4.840.510.

<sup>9</sup> Disseminação mundial de uma nova doença.

<sup>10</sup> Novo vírus da família do coronavírus.

<sup>11</sup> No ato da inscrição, os sujeitos tinham acesso ao TLE, sua autorização da participação na pesquisa se dava ao responder o questionário. Os sujeitos não eram identificados.

as habilidades e competências orientados pela BNCC, além de sua linguagem de fácil compreensão do conteúdo proposto. No livro Inovar, os autores Lopes & Audino (2018, p; 03) explicitam o compromisso desse material com as diretrizes do Ministério da Educação:

Esta coleção resulta de profunda e permanente pesquisa acerca não só da evolução do processo educacional brasileiro como também da evolução da educação nos diferentes países do mundo. Nessa pesquisa, foi dada ênfase aos critérios definidos pelo Ministério da Educação, como forma de assegurar total coerência entre a proposta pedagógica da coleção e a orientação da política educacional brasileira.

A abordagem Transdisciplinar proposta pela SD desenvolvida em nosso trabalho tem o intuito de possibilitar uma reflexão filosófica sobre uma constatação empírica frente a certeza que nenhum dos outros 7 planetas e seus satélites do Sistema Solar, muito menos nenhum objeto que orbitam o Sol pelo Cinturão de Asteroides ou de Kuiper, gozam da capacidade de acomodar os humanos na sua naturalidade. É evidente que as pessoas necessariamente precisam preservar os recursos naturais, bem como as condições que tornam possíveis a vida na Terra, como desde o simples cuidado com o descarte dos resíduos sólidos até a conservação das florestas e atmosfera. Espera-se possibilitar a reflexão sobre o fato de que cada indivíduo é responsável pela conservação do nosso planeta em detrimento das gerações que aqui estarão para os próximos anos. A apresentação da proposta de Sequência Didática desenvolvida neste trabalho e a gravação de todo o evento podem ser conferidas no link: <https://www.youtube.com/watch?v=P0QfWwF-p7U&t=3295s> ou pelo scanner do QR code de acesso rápido na da Figura 8 a seguir:



**Figura 8** – Acesso rápido a gravação do evento.

**Fonte** - Elaborado pelos autores, (2021).

### **3.2. Avaliação da SD**

No intuito de avaliarmos a SD sob a perspectiva de professores em formação, apresentamos a Sequência Didática no II SEMINÁRIO VIRTUAL DE ASTRONOMIA DA UESB

– EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA E TRASDISCIPLINARIDADE, evento organizado pelo Núcleo de Pesquisa em Astronomia (NUPESA)<sup>12</sup> que aconteceu em 6 encontros com periodicidade quinzenal de agosto a novembro de 2021, explorando um tema de Astronomia por encontro. No dia 30 de setembro de 2021, foi a vez do tema: Sistema Solar, momento em que dentre as demais programações, ocorreu a apresentação da SD em tela. Neste dia, o encontro contou com a participação de aproximadamente 100 pessoas, entre elas, alunos de Ensino Médio, docentes e discentes de cursos de licenciatura e bacharelado nas áreas de Ciências de universidades baianas e professores da Educação Básica. No período de realização do Seminário, o mundo atravessava os impactos da COVID-19 e em meio a essa pandemia, a alternativa segura de realização do evento foi a forma remota. Todos os encontros foram transmitidos pelo canal oficial do grupo NUPESA na plataforma digital *YouTube*. No término da apresentação, um questionário desenvolvido na plataforma *Google Forms* foi submetido aos participantes com adesão voluntária significativa dos inscritos, materializando assim suas percepções e sugestões acerca da SD apresentada, opiniões sobre a funcionalidade da proposta e do uso do *software* como ferramenta didática bem como da sugestão Transdisciplinar. Apresentamos abaixo as perguntas:

1 - *Sequência Didática proposta ajudaria de alguma maneira no processo de ensino e aprendizagem?*

2 - *Você usaria a sequência didática proposta em sala de aula?*

3 - *Como considera o nível de dificuldade na execução da atividade proposta?*

4 - *O discente apresentou dicas de abordagem transdisciplinar para serem aplicadas durante as aulas com o uso do software SpaceEngine. Em que níveis você avalia estas dicas?*

5 - *Você já usou algum software para ensino em sua prática docente? Qual?*

6 - *De zero a dez onde 0 representa muito ruim e 10 excelente, qual a sua nota para a sequência didática apresentada?*

### **3.3. Apresentação da SD**

A apresentação da SD aconteceu em aproximadamente 30 minutos. O objetivo da comunicação foi apresentar aos participantes a proposta de uma Sequência Didática – SD - que os possibilita ministrar aulas sobre Astronomia, a partir da temática “Sistema Solar e a viabilidade da vida humana fora da Terra”, em uma abordagem Transdisciplinar com uso do *software* astronômico *SpaceEngine* como ferramenta didática principal para a transposição. A sugestão de execução da SD em sala de aula é de 4 horas aulas divididas em dois momentos, sendo eles:

- 1) No primeiro momento, o Sistema Solar é apresentado, bem como as características dos planetas e os principais corpos celestes que orbitam o Sol, associados a um “bate papo” sobre o tema, avaliando seus conhecimentos prévios sobre os planetas, sobre objetos cósmicos (o Sol, Lua e Terra) provocando um debate de quais planetas do Sistema Solar seriam capazes de abrigar a espécie humana caso a Terra, em uma situação hipotética,

---

<sup>12</sup> Grupo de pesquisa formado por estudantes e professores da UESB, *campus* de Itapetinga.

não pudesse abrigar nossa espécie e também questionar o que estamos fazendo para proteger nosso *habitat*.

- 2) No segundo momento na sala de vídeo ou no auditório, os estudantes serão apresentados ao *software SpaceEngine*, que por sua vez deverá estar conectado no retroprojetor. Em seguida, será iniciada a jornada a bordo do *software*, começando pela com a observação panorâmica da forma espiralada da *Via Láctea*, seguida de uma identificação da localização do Sol frente à infinidade de outras estrelas, planetas e objetos cósmicos daquela posição.

Apresentamos um apanhado geral das características físicas dos planetas e algumas Luas de gigantes gasosos que orbitam o Sol, enfatizando os aspectos que os tornam inviáveis à vida humana em condições naturais nesses objetos, tendo como exemplo a composição da atmosfera, posição em relação à estrela, temperatura, existência ou não do campo magnético, entre outras.

Mergulhamos na imensidão cósmica, onde a primeira parada é o Sol. Nesse momento, apresentamos as principais características e fenômenos que tornam possível a manutenção da vida humana na Terra. Citamos desde a posição do planeta em sua órbita na zona habitável da estrela, existência o campo magnético e a atmosfera que a protege da ação direta do Sol, chegando à capacidade de reter água em estado líquido, temperaturas amenas para o corpo humanos, gases que possibilitam toda a cadeia alimentar possível como oxigênio e gás carbônico entre outros. Partindo do Sol, o próximo passo foi visitar os oito planetas que o orbitam, começando por Mercúrio e chegando em Netuno, destacando as características que impossibilitam a sobrevivência humana nos demais planetas, características essas distintas das terrestres citadas anteriormente.

Foram pontos debatidos em cada astro que a nave *Space* visitou: Diâmetro aproximado, distância média do Sol, tempo de translação, tempo de rotação, temperatura na atmosfera do planeta, satélites naturais, composição da atmosfera em cada um deles, alguma curiosidade extra, salientando estas e outras informações disponibilizadas no próprio *software*.

Ao término da jornada, a bordo do *SpaceEngine*, apresentamos ao público como dica transdisciplinar a ser aplicada em sala de aula, o texto do Astrônomo e Astrofísico que por anos foi conselheiro da NASA<sup>13</sup> Carl Sagan “O Pálido ponto Azul”, remontando pela tela do computador a imagem registrada nas lentes da sonda espacial *Voyage*, ao passar por Saturno, em sua jornada pelo Sistema Solar. O texto do autor serviu como base para uma reflexão coletiva do quão o ser humano é pequeno frente à imensidão do Universo visto daquela posição. Além disso, baseado na jornada apresentada na SD alinhada com a imagem ali exposta, pôde-se perceber que não há outro lugar nos arredores do Sol capaz de nos acolher como espécie, ou parafraseando o próprio autor, “visitar pode, assentar-se ainda não. Gostando ou não, a Terra é onde teremos que ficar por enquanto” (Sagan 1994). O tema despertou diversos questionamentos e interações por parte do público, registrados no chat da plataforma do *YouTube* nas respostas do questionário.

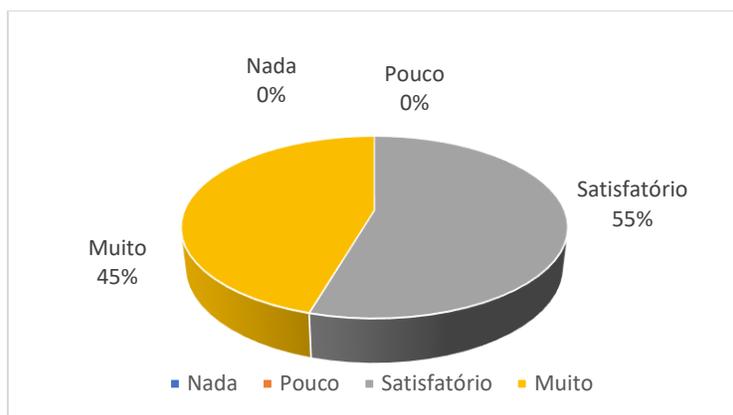
---

<sup>13</sup>NASA (*National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) é a agência norte americana que tem por função o desenvolvimento de tecnologias aeronáuticas e a exploração espacial

#### 4. Resultados e discussões

O formulário de avaliação (3.2) enviado aos participantes do seminário continha questões objetivas e subjetivas sobre as percepções do público sobre a Sequência Didática apresentada, bem como se esta poderia ser redimensionada na sala de aula. A adesão ultrapassou as expectativas e se demonstrou satisfatória com os objetivos do evento, uma vez que houve a participação de aproximadamente 100 pessoas, entre professores de Física e Ciências, também de alunos de cursos de licenciatura e bacharelado nas áreas de Física, Química, Biologia e Pedagogia. Além destes, alguns estudantes de pós-graduação e membros da sociedade civil. Os resultados aqui elencados representam os posicionamentos, as expectativas e as potencialidades da SD acerca da temática em tela pelos sujeitos participantes do evento e, conseqüentemente, dessa pesquisa limitado aos 22 discentes de licenciaturas nas áreas acima citadas.

Ao serem questionados se a Sequência Didática proposta ajudaria de alguma maneira no processo de Ensino e Aprendizagem, os participantes responderam, em sua maioria, de forma positiva, o que demonstra a adequação na escolha do tema, conforme indica a Figura 9.



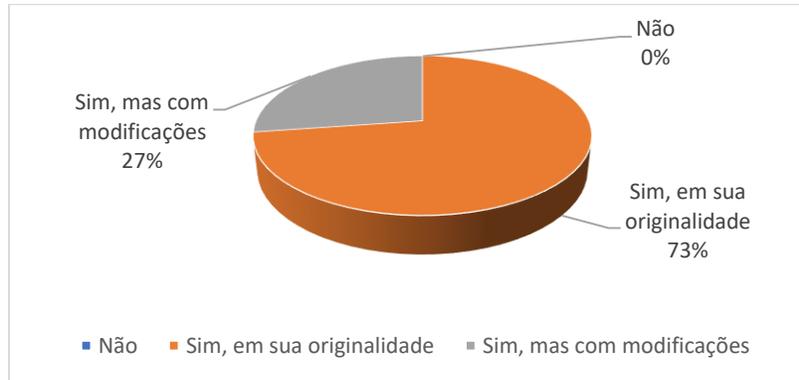
**Figura 9** - Respostas relativas à pergunta 01.

**Fonte** - Elaborado pelos autores, (2021).

Podemos constatar que 22 participantes da pesquisa, ou seja, 55% acreditam que a Sequência Didática – SD - ajudaria de forma satisfatória no processo de Ensino e Aprendizagem dos alunos e, 45% que ajudaria muito. Para esse questionamento não houve as respostas não ajudaria “Nada” ou ajudaria “Pouco”, demonstrando que, para esse público, a proposta de SD satisfaz e auxilia no processo Ensino e Aprendizagem em Astronomia para os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II.

Perguntamos aos sujeitos da pesquisa se estes adotariam a SD apresentada como potenciais instrumento em suas aulas. A maioria afirmou que adotaria. O percentual de 73% afirmaram que utilizariam em sua originalidade, ou seja, para este público a proposta da SD apresentada alcançou seu objetivo, conforme relato: “se eu fosse trabalhar esse tema em sala de aula, certamente usaria essa Sequência Didática” (Participante 01). Os outros 27% responderam

que aplicaria com modificações. Esse último resultado não desqualifica a SD, pois podemos dizer que o percentual demonstra que o professor pode adaptá-la, baseando-se no contexto social em que a turma está inserida.

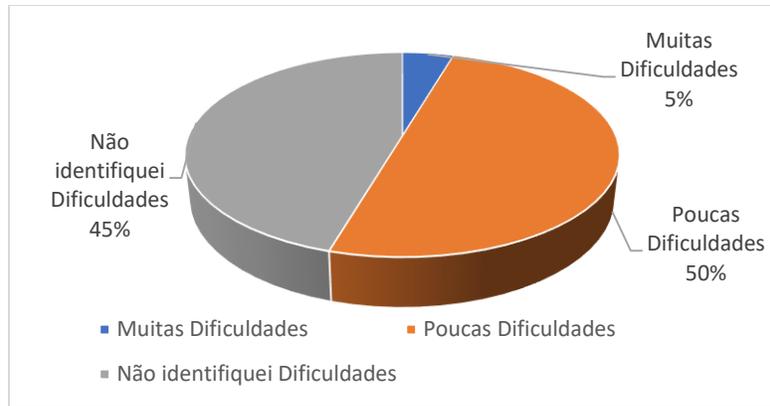


**Figura 10** -Respostas relativas à pergunta 02.

**Fonte** - Elaborada pelos autores (2021).

A terceira pergunta considerou o nível de dificuldade na aplicação da SD obtendo as respostas a seguir: 11 pessoas (50%) responderam “poucas dificuldades”, 45% dos participantes “não identificaram dificuldades” e apenas 5% encontraram “dificuldades”. Essa informação revelou que metade do público teria algum tipo de problema em aplicar a SD. Acreditamos que esse resultado deu-se por consequência da operacionalização do *software*, conforme os relatos do (Participante 02): “*O professor irá precisar ter o domínio de navegar no software*” e (Participante 03) “*Mexer em software nem sempre é fácil no primeiro momento*”.

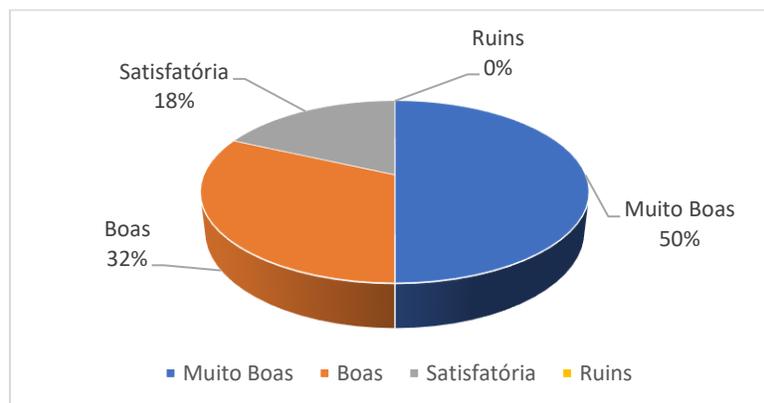
Podemos considerar que mesmo os estudantes de graduação, que teoricamente têm contato com ferramentas tecnológicas, imaginam haver complexidade no uso do *SpaceEngine*. Assim, baseado na análise dos números e dos comentários acima, projetamos elaborar um curso de formação sobre o uso do *software SpaceEngine* em oportunidades futuras.



**Figura 11** - Respostas relativas à pergunta 03

**Fonte** - Elaborada pelos autores (2021).

A quarta pergunta estava direcionada aos preceitos da transdisciplinaridade. Perguntamos se ela era potencial quando associada ao uso do *software SpaceEngine*: 50% das pessoas afirmaram que as sugestões foram “muito boas”; 32% responderam que foram “boas”; 18 % que foram “satisfatórias”, não havendo respostas na opção “ruim”, sendo esta última a de pior classificação neste questionamento. Um dos participantes externou sua opinião da seguinte forma: “*Satisfatória para quem tem interesse em buscar mais conhecimento sobre o espaço, principalmente para aquelas pessoas de difícil acesso a meios de comunicação*” (Participante 06). Analisando esse posicionamento, podemos afirmar que a SD potencializa ao aluno o contato com um ambiente desconhecido, considerando que em alguns casos alunos residentes em áreas com alto índice de vulnerabilidade social não possuem acesso a meios de comunicação ou ferramentas tecnológicas. Sendo assim, ele encontrará na escola a possibilidade de aprender sobre o Universo. A educação é mais que possibilitar conhecimento técnico para o sujeito-aluno, é proporcionar experiências inovadoras únicas.



**Figura 12** - Resposta relativa à pergunta 04

**Fonte** - Elaborada pelos autores, (2021).

Quando questionados se usam ou usaram *softwares* para o ensino nas suas práticas docentes, 50% dos participantes responderam que “Não”, 36% “Sim” e 14% “não se aplica, ou seja, quando “não se aplica” podemos considerar que estes profissionais não tiveram acesso, oportunidades, incentivo ou motivação para uso destas ferramentas tecnológicas em sala de aula. Este resultado não surpreende, considerando que os estudantes de licenciaturas têm contato com a docência apenas nos programas de indicação à prática docente como o PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, financiado pela CAPES<sup>14</sup>), nas Residências Pedagógicas ou nos estágios supervisionados dos cursos de graduação, distanciando-os das ações e atividades práticas de sua formação em nível superior, como mostra a Figura 13.



**Figura 13** - Resposta relativa à pergunta 05.

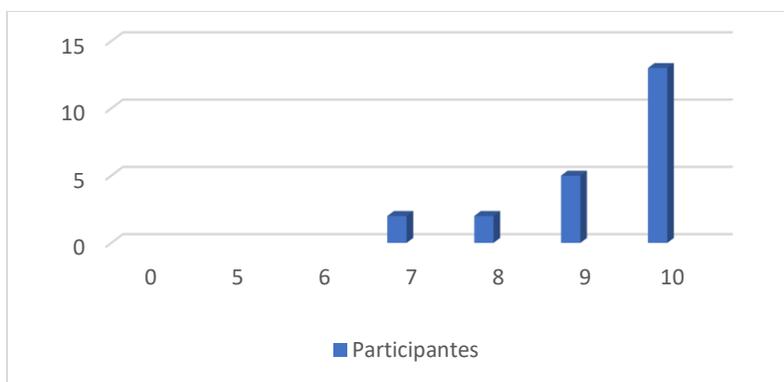
**Fonte** - Elaborada pelos autores, (2021).

Observando os cinco gráficos referentes às respostas dos estudantes de licenciatura que participaram do II SEMINÁRIO VIRTUAL DE ASTRONOMIA DA UESB, podemos enfatizar que a SD proposta superou as expectativas e as sugestões apresentadas pelos sujeitos da pesquisa serão consideradas nas futuras intervenções do NUPESA.

As respostas consideradas positivas dentro da pesquisa evidenciaram que a proposta de Sequência Didática apresentada foi satisfatória, como mostra as respostas à última pergunta do questionário investigativo: Qual sua nota a esta proposta de SD? 59% atribuíram nota 10; 22% conferiram nota 9; 9% concederam nota 8 e 10% dos participantes atribuíram nota 7, demonstrando que o trabalho superou as expectativas, conforme indica a figura 14:

---

<sup>14</sup> CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, é uma fundação ligado ao Ministério da Educação do Brasil que atua na consolidação da pós-graduação stricto sensu em todos os estados brasileiros.



**Figura 14** - Nota para a Sequência Didática.

**Fonte** - Elaborada pelos autores, (2021).

Para além das respostas diretas, os participantes da pesquisa se posicionaram acerca da apresentação da Sequência Didática por meio de comentários qualitativos tais como: “*Mostrou total domínio e conhecimento do assunto apresentado por ele e isso mostra que ele conhece perfeitamente o trabalho apresentado*” (Participante 07) e “*Excelente palestra, uma das melhores que assistir*” (Participante 08). Ademais, os comentários espontâneos retratam as percepções do público e embasam os dados quantificados.

Os dados registrados pelo NUPESA aqui nesse artigo possibilitam repensar práticas, construir Sequências Didáticas, promover ações expositivas, bem como explorar ferramentas lúdicas e tecnológicas, vislumbrando fornecer os produtos dessas construções ao profissional de educação. Isso pode permitir a eles abordar temas ligados aos conhecimentos sobre Astronomia e áreas afins em uma perspectiva Transdisciplinar. Por fim, pode contribuir de alguma forma na melhoria e evolução do processo de Ensino e Aprendizagem, tornando-o cada vez mais atrativo, dinâmico e produtivo às partes envolvidas.

## 5. Conclusões

Como resultados da pesquisa, destacam-se as manifestações de alguns sujeitos participantes acerca das dificuldades de aplicação da proposta de Sequência Didática frente às prováveis limitações dos equipamentos disponíveis nas unidades escolares para executar a renderização do *software*, bem como do conhecimento técnico do profissional de educação em operacionalizar o *SpaceEngine* como principais entraves para implementação da proposta da SD por parte dos discentes de licenciatura.

Frente a essa problemática que surgiu no decorrer da análise dos dados da pesquisa, uma porta se abriu para a necessidade de desenvolvimento de um curso ou minicurso que englobe, dentre outros fatores, o uso e operação do *software SpaceEngine*, visando agraciar professores atuantes bem como alunos de licenciatura a utilizarem esta ferramenta no Ensino de Astronomia em sala de aula. Esta ação está no radar do NUPESA e será concretizada muito em breve.

Diante do exposto, concluímos que a Sequência Didática em questão foi bem avaliada pelos estudantes das licenciaturas, sujeitos da pesquisa, logo o trabalho alcançou seu objetivo. A atividade proposta agora é mais uma ferramenta didática disponível para Ensino de Astronomia que ajudará docentes a ministrar suas aulas com temas ligados ao Sistema Solar e as condições que inviabilizam a vida humana fora dos limites da Terra.

## Referências

- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília.
- Brasil. Ministério da Educação. (2012). *Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa*. Brasília
- Cruz, M., Ferreira, R., Ribeiro, S. & Lima, E. (2021). Sistema Solar uma proposta Transdisciplinar. *Seminário Nacional e Seminário Internacional Políticas Públicas, Gestão e Práxis Educacional*, v. 8, n. 11.
- D'Ambrosio, U. (1997). *Transdisciplinaridade*. (1a ed.) São Paulo: Palas Athena.
- Freire, F. & Valente, A. (2001). *Aprendendo para a vida: os computadores na sala de aula*. (1ª ed). São Paulo: Cortez.
- Freitas, L., Morin, E. & Nicolescu, B. (1994). *Carta da transdisciplinaridade*. Portugal, Convento da Arrábida. Disponível em: [http://cetrans.com.br/assets/docs/CARTA-DA-TRANSDISCIPLINARIDADE1](http://cetrans.com.br/assets/docs/CARTA-DA-TRANSDISCIPLINARIDADE1.pdf). pdf. Acesso em: 24/07/2020.
- Knechtel, M. (2014). *Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada*. (1a ed.) Curitiba: Intersaberes.
- Lopes, S. & Audino, J. (2018). *Inovar 9: Ciências da Natureza*. (1a ed.). São Paulo: Saraiva.
- Nicolescu, B. (1999). *O Manifesto da Transdisciplinaridade*. Triom: São Paulo.
- Pilling, S. (2017) *Astrobiologia: aula 8 Zona de Habitabilidade*. São José dos Campos –SP, Universidade do Vale do Paraíba, p.4.
- Rezende, F. & Ostemann, F. (2005). Prática do professor e a pesquisa em ensino de física: Novos elementos para repensar essa relação, *Caderno Brasileiro de Ensino Física*, v.2, n.3.
- Ribeiro, S. & Ferreira, R. (2021). Planetas e Satélites Naturais uma proposta Transdisciplinar, *XVI Semana de Física – UESC*. Ilhéus – BA.
- Sagan, C. *O Pálido Ponto Azul*. (2a ed). Disponível em <https://www.paulopes.com.br/2016/02/carl-sagan-descreve-como-ve-no-universo-o-palido-ponto-azul.html#.Y1mJcXbMLIU>, [Acesso em 14 de setembro de 2021](#).
- Software Astronômico SpaceEngine*, disponível para download em <https://spaceengine.org/>,

[Acesso em 14 de setembro de 2021.](#)

Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. (1ª ed). Porto Alegre: Artmed.

Zara, R. (2011). Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física. Cascavel: *Anais UNIOESTE*, p. 265-272.

## ERROS CONCEITUAIS DE ASTRONOMIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS – PNLD 2021

 Paulo Henrique Azevedo Sobreira<sup>1</sup>  
 José Pedro Machado Ribeiro<sup>2</sup>

**Resumo:** Foram analisados os tipos de erros conceituais de Astronomia presentes em sete coleções de livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio, aprovadas no PNLD 2021. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi a Abordagem Qualitativa de Pesquisa em Educação e a técnica empregada foi a Análise de Conteúdo. Estabeleceram-se seis categorias prévias e cinquenta não previstas para os conceitos de Astronomia e índices quantitativos com tolerância de 10,0% para conceitos, páginas, índice final e nota, tal como determina o Edital nº 3/2019 do PNLD 2021. Tendo em vista que, de acordo com a legislação vigente no Brasil, os livros didáticos, para serem aprovados nos editais do Programa Nacional do Livro e do Material Didático, não podem apresentar erros conceituais, e que todas as coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovadas no PNLD 2021 continham um total de noventa e três erros conceituais em textos e em ilustrações de Astronomia, estas foram reprovadas por este estudo. Outros seis livros didáticos de Projetos Integradores que continham temas de Astronomia e que, por esta razão, também foram analisados, não apresentaram erros conceituais e foram, portanto, aprovados na avaliação realizada por esta pesquisa.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia; Educação em Astronomia; Livros didáticos; Ciências da Natureza.

## ERRORES CONCEPTUALES DE ASTRONOMÍA EN LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS NATURALES Y SUS TECNOLOGÍAS - PNLD 2021

**Resumen:** Se analizaron los tipos de errores conceptuales en Astronomía presentes en siete colecciones de libros de texto, que fueron aprobadas en el PNLD 2021 en el área de Ciencias Naturales y sus Tecnologías de la Enseñanza Secundaria. La metodología para la recolección de datos fue el Enfoque Cualitativo de investigación en Educación y se utilizó la técnica de Análisis de Contenido. Se establecieron seis categorías previas y cincuenta categorías no previstas para conceptos e índices cuantitativos de Astronomía con tolerancia del 10,0% para conceptos, páginas, índice final y nota, según lo determinado por el Edicto Público n.º 3/2019 del PNLD 2021. Teniendo presente que, de acuerdo con la legislación vigente en Brasil, los libros de texto, para ser aprobados en edictos públicos del Programa Nacional del Libro y Material Didático, no pueden presentar errores conceptuales, y que todas las colecciones de Ciencias Naturales y sus Tecnologías aprobadas en el PNLD 2021 contenían un total de noventa y tres errores

---

1 Planetário Juan Bernardino Marques Barrio, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil. E-mail: sobreira@ufg.br.

2 Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil. E-mail: zepedro@ufg.br.

conceptuales en textos e ilustraciones de Astronomía, estos fueron rechazados por este estudio. Otros seis libros de texto de Proyectos Integradores que contenían temas de Astronomía y que, por ello, también fueron analizados, no presentaban errores conceptuales y, por lo tanto, fueron aprobados en la evaluación realizada por esta investigación.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Astronomía; Educación en Astronomía; Libros de texto; Ciencias Naturales.

## CONCEPTUAL ASTRONOMY ERRORS IN TEXTBOOKS OF NATURAL SCIENCES AND ITS TECHNOLOGIES - PNLD 2021

**Abstract:** Were analyzed the types of conceptual errors in Astronomy present in seven collections of textbooks, which were approved in the PNLD 2021, in the area of Natural Sciences and its Technologies of Middle-High School. The methodology for data collection was the Qualitative Approach to Research in Education and the technique Content Analysis was used. Six categories and fifty unforeseen categories were established for Astronomy concepts and quantitative indices with a 10.0% tolerance for concepts, pages, final index and grade, as determined by Public Notice no.3/2019 of PNLD 2021. Bearing in mind that, in accordance with current legislation in Brazil, textbooks cannot present conceptual errors in order to be approved in public notices of the National Book and Teaching Material Program, and that all collections of Natural Sciences and their Technologies approved in the PNLD 2021 contained a total of ninety-three conceptual errors in texts and illustrations of Astronomy, the latter were rejected by our study. Another six textbooks from Integrator Projects that contained Astronomy themes and that, for this reason, were also analyzed, did not present conceptual errors and were therefore approved in the evaluation carried out in this research.

**Keywords:** Astronomy Teaching; Astronomy Education; Textbooks; Natural Science.

### 1 Introdução

No meio acadêmico há interesse pelos resultados dos trabalhos das equipes avaliadoras de livros didáticos do MEC – Ministério da Educação, tendo em vista que a sociedade espera que livros didáticos com erros conceituais não sejam aprovados. Essa orientação, inclusive, está determinada na Constituição Federal, no PNE – Plano Nacional de Educação e no PNLD – Programa Nacional do Livro e do Material Didático.

Perante o exposto, pesquisadores da área de Ensino e Educação em Astronomia, que é a área de interesse deste estudo, têm investigado os erros conceituais de temas astronômicos nos livros didáticos nas últimas décadas, antes e depois das avaliações oficiais do PNLD implantado pelo Decreto nº 91.542 de 19 de agosto de 1985 (Brasil, 1985).

Segundo Leite e Hosoume (2005), houve melhorias na qualidade das informações sobre Astronomia nos livros didáticos de Ciências nos últimos anos, especialmente após rigorosas e frequentes análises do PNLD.

Apesar de ter sido constatado maior cuidado com a qualidade dos livros didáticos, novos erros conceituais surgiram e outros permanecem e precisam ser monitorados a cada nova edição do PNLD.

Publicações sobre erros conceituais de Astronomia em livros didáticos do Ensino Médio, nas áreas de Física e Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ou revisões bibliográficas sobre Astronomia na área de Ciências da Natureza, foram produzidas por Leite e Hosoume (2005), Simões (2009), Lago e Mattos (2011), Monteiro e Nardi (2012), Prestes *et al.* (2012), Rodrigues e Leite (2012), Fiani, Sousa, Langhi e Silva (2014) e Oliveira (2015).

Levando em consideração que Livros didáticos no Brasil, ou em qualquer país, não podem apresentar falhas ou erros conceituais, sob o risco de serem reprovados em avaliações oficiais, o correto seria que os erros conceituais apontados por avaliadores especialistas fossem reparados pelas equipes editoriais antes dos livros didáticos serem disponibilizados para as escolas.

No caso do PNLD 2021, a equipe avaliadora de Ciências da Natureza foi selecionada pela Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, por meio do Edital Chamada Pública nº 25/2020 (Brasil, 2020).

Esta equipe contou com 94 avaliadores, sendo que apenas 3 deles (ou 3,2%) eram especialistas em Ensino e Educação em Astronomia. Essas informações estão disponíveis no Guia Digital PNLD 2021 (BRASIL, 2021) e nos currículos da Plataforma Lattes do CNPq (<https://lattes.cnpq.br>).

Como, em média, os assuntos de Astronomia estão em 5,5% das páginas dos 7 livros didáticos aprovados, seria razoável que ao menos 5,5% da quantidade de avaliadores dos conteúdos de Astronomia desses livros didáticos também fossem especialistas em Astronomia.

O fato de mesmo após a avaliação haver erros conceituais de Astronomia nos livros didáticos aprovados em 2021 aponta para a necessidade de se aumentar o número de especialistas em Astronomia na equipe avaliadora, bem como das editoras buscarem especialistas com essas qualificações antes de submeterem seus livros didáticos à avaliação.

Há que se destacar que existem critérios para Avaliações Pedagógicas nas bases legais do PNLD, de acordo com o Decreto nº 9.099 de 18 de julho de 2017 (BRASIL, 2017) e em seus respectivos editais, sendo proibido haver erros conceituais nas obras aprovadas.

Essa determinação também encontra respaldo na Constituição Federal onde se lê no artigo 206: “O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios: inciso VII - garantia de padrão de qualidade” (Brasil, 1988).

O referido princípio da qualidade também está presente na Lei nº 13.005 de 25 de junho de 2014 (BRASIL, 2014), responsável por aprovar as metas do PNE – Plano Nacional de Educação. A meta 7, especificamente, reforça a necessidade de se “Fomentar a qualidade da educação básica em todas as etapas e modalidades”.

Igualmente, a garantia do padrão de qualidade está caracterizada nos objetivos do Decreto nº 9.099, de 2017 - PNLD (Brasil, 2017), no inciso II do art. 2º, que expressa a obrigatoriedade de se “garantir o padrão de qualidade do material de apoio à prática educativa utilizado nas escolas públicas de educação básica”.

O Edital nº 3/2019, que estabelece as normas para o PNLD 2021 (BRASIL, 2019), apresenta as regras para a avaliação e classificação dos tipos de falhas nos livros didáticos do Ensino Médio e destaca que erros conceituais não são considerados falhas pontuais. Sendo assim, segundo o Edital,

8.2.2. *Serão consideradas falhas pontuais as não repetitivas ou constantes que possam ser corrigidas com simples indicação da ação de troca a ser efetuada pelo titular de direitos autorais.*

8.2.3. *Não serão consideradas falhas pontuais:*

**a. erros conceituais;**

b. *erros gramaticais recorrentes;*

c. *necessidade de revisão global do material;*

d. *necessidade de correção de unidades ou capítulos;*

e. *necessidade de adequação de exercícios ou atividades dirigidas;*

f. *supressão ou substituição de trechos extensos; e*

g. *outras falhas que ocorram de forma contínua no material didático.*

**8.2.4. A existência de quantidade de falhas pontuais em número superior ao equivalente a 10% (dez por cento) do total de páginas da obra (livro do estudante impresso e manual do professor) configurará a sua reprovação.**

8.3 *Da correção de falhas pontuais*

8.3.1. *Na hipótese do subitem 8.2.1.2, o titular de direito autoral deverá reapresentar a obra corrigida, conforme especificações do Anexos II, III, IV, V, VI e VII, no prazo de dez dias corridos, a contar da divulgação do resultado prévio, para verificação do atendimento das indicações do parecer.*

8.3.2. *A obra só será considerada aprovada para compor o Guia Digital do PNLD se as falhas apontadas no parecer forem devidamente sanadas e a nova versão corrigida for carregada no SIMEC. (BRASIL, 2019 p. 25 grifos dos autores).*

Como se vê, o subitem 8.2.4 destaca que a quantidade de **falhas pontuais** em número superior a 10,0% do total de páginas da obra configurará a reprovação dela.

Essa tolerância de 10,0% foi também empregada em todos os itens desta pesquisa, segundo o princípio do “benefício da dúvida” (*in dubio pro reo*) em favor das equipes editoriais, mesmo sabendo que, tal como especifica o item “a” do subitem 8.2.3, **erros conceituais** em Astronomia não são caracterizados como **falhas pontuais**.

Há, nesse Edital, além disso, critérios eliminatórios comuns a todos os livros didáticos. São eles:

## *2. Critérios Eliminatórios Comuns*

*2.1. Serão reprovadas as obras didáticas inscritas no PNL D 2021 que não atenderem ao disposto nos seguintes critérios eliminatórios comuns:*

- a. Respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas à Educação.*
- b. Observância aos princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano.*
- c. Coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica.*
- d. Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos.***
- e. Adequação e pertinência das orientações prestadas ao professor.*
- f. Observância às regras ortográficas e gramaticais da língua na qual a obra tenha sido escrita.*
- g. Adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico.*
- h. Qualidade do texto e adequação temática.*
- i. Qualidade dos materiais digitais.*
- j. Temas Contemporâneos Transversais (TCTs)(Brasil, 2019, p. 50, 53 e 54, grifos dos autores).*

No que se refere à precisão dos conceitos, que é o que interessa a este trabalho, é determinado que haja o seguinte:

### ***2.1.4. Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos***

*2.1.4.1. Em nome do respeito e da valorização das conquistas científicas mais recentes, bem como dos princípios de uma adequada mediação pedagógica, a obra didática deve:*

- a. Apresentar linguagem que seja atrativa aos jovens e que preserve a riqueza e a precisão conceitual indispensável para o ensino médio, em conformidade com a BNCC.***
- b. Explorar conceitos, informações e procedimentos corretos e atualizados em toda obra (no conjunto dos textos, atividades, exercícios, ilustrações, imagens, referências...).***

*c. Disponibilizar os últimos avanços sobre o ensino da argumentação, da inferência e do pensamento computacional.*

*d. Estar livre de indução ao erro, contradições ou ideias equivocadas.* (Brasil, 2019, p. 50, 53 e 54, grifos dos autores).

Isso posto, vale destacar que a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018) do Ensino Médio, que substituiu os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ Ensino Médio, apresenta temas de Astronomia associados à Competência Específica 2 (CECNTEM2) e em três habilidades (EM13CNT201, EM13CNT204 e EM13CNT209) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, integrada por Biologia, Química e Física.

No que diz respeito aos livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados no PNLD 2021 (Ensino Médio), sete coleções no total, sendo cada coleção composta por seis livros, nos quais, os temas de Astronomia são encontrados em um, dois ou três deles.

As coleções estão assim distribuídas: editora Moderna (4 obras), editora Scipione (1 obra), editora SM (1 obra) e editora FTD (1 obra).

Além desses, foram também aprovados seis livros de Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, embora treze livros tenham sido aprovados no PNLD, somente seis deles apresentam temas de Astronomia, e foram avaliados. Eles estão distribuídos da seguinte maneira: editora Saraiva (1 obra), editora Scipione (1 obra), editora SM (2 obras), editora Moderna (3 obras), Editora do Brasil (2 obras), editora IBEP (1 obra), editora Ática (1 obra), editora FTD (1 obra) e editora Universo dos Livros (1 obra).

É importante ressaltar que os professores selecionados e contratados pela Comissão Técnica da Secretaria de Educação Básica do MEC, por meio do Edital de Chamada Pública nº 25/2020 (Brasil, 2020), para fazerem as avaliações pedagógicas oficiais dos livros didáticos do PNLD 2021 (Ensino Médio) têm inteira responsabilidade técnica pelo serviço prestado.

Em relação às coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e Projetos Integradores – Ensino Médio aprovados do PNLD 2021, ainda não há publicações acadêmicas voltadas para a avaliação e identificação de erros conceituais de temas de Astronomia. Sendo assim, este trabalho apresenta uma análise independente e não oficial de todas essas coleções.

## **2 Metodologias para a coleta e a análise dos dados dos livros didáticos**

A metodologia que se utilizou para a coleta de dados foi a Abordagem Qualitativa de Pesquisa em Educação, cujas etapas são: reduzir, categorizar, classificar, sintetizar e comparar a informação (Ludke e André, 1986).

Empregou-se a técnica Análise de Conteúdo (BARDIN, 2010) para a coleta e análise de dados, donde há a leitura flutuante nos documentos escolhidos, cuja escolha documental se deu pela regra da Exaustividade (todos os livros).

Como a Análise de Conteúdo orienta que os indicadores precisam de Codificação, optou-se, neste caso, pela *fishing expeditions* (análise exploratória, para ver o que há). O Recorte definido para a unidade

de registro foi cada tema no documento, já para a unidade de contexto definiu-se: o livro didático do Ensino Médio, a unidade, o capítulo, o item, a(s) página(s) e o(s) parágrafo(s). Para a Enumeração, buscou-se verificar a presença ou a ausência de temas (elementos) de Astronomia nos livros didáticos. A Classificação e Agregação (categorização), por sua vez, foram realizadas por meio do processo de fornecimento do sistema de categorias prévias (caixas) por conceitos de Astronomia, além da abertura para o processo de Acervo com novas categorias não previstas.

Para a análise dos dados elaborou-se índices quantitativos para determinar uma nota para cada um dos livros didáticos, a partir dos indicadores de quantidades de categorias ou conceitos, tais como **Índice de Conceitos**, **Índice de Páginas**, **Índice Final** e **Nota**.

Como o Edital nº 3/2019 do PNLD 2021 determinou a tolerância de 10% para a quantidade de falhas pontuais, em relação ao número de páginas, este mesmo índice foi utilizado nesta pesquisa, quando da análise de todos os itens, mesmo sabendo que erros conceituais em Astronomia não podem ser considerados falhas pontuais.

O **Índice de Conceitos**( $I_c$ ) foi determinado pela divisão entre a quantidade de categorias que comportam falhas pontuais (erros conceituais) e o número de categorias com conceitos corretos. Quanto mais próximo de zero (0) for o índice, melhor avaliado será o livro didático e valores acima de 0,1 reprovam o livro.

$$I_c = \frac{\text{Número de erros conceituais}}{\text{Número de conceitos}} \quad (1)$$

O **Índice de Páginas**( $I_p$ ) foi determinado pela divisão entre a quantidade de páginas com falhas pontuais (erros conceituais) e o número de páginas que tratam de assuntos de Astronomia. Quanto mais próximo de zero (0) for o índice, melhor avaliado será o livro didático e valores acima de 0,1 reprovam o livro.

$$I_p = \frac{\text{Número de páginas com erros conceituais}}{\text{Número de páginas}} \quad (2)$$

O **Índice Final**( $I_f$ ) foi determinado pela soma dos Índices de Conceitos e de Páginas. Quanto mais próximo de zero (0) for o índice, melhor avaliado será o livro didático e valores acima de 0,1 reprovam o livro.

$$I_f = I_c + I_p \quad (3)$$

A **Nota** foi determinada pela subtração do valor máximo 10,0 pela multiplicação do Índice Final por 10,0. Quanto mais próximo de dez (10) for a nota, melhor avaliado será o livro didático e valores abaixo de 9,0 reprovam o livro.

$$Nota = 10 - (If \times 10) \quad (4)$$

É importante salientar, por fim, que a análise de dados a ser apresentada neste artigo será feita em profundidade e a descrição se dará a partir da organização de tabelas de acordo com cada uma das categorias.

### 3 Coleta dos dados dos livros didáticos do Ensino Médio

Tomando como referência a Abordagem Qualitativa de Pesquisa em Educação, foi feito um levantamento no texto da BNCC do Ensino Médio em busca de temas de Astronomia. Nessa empreitada, reduziu-se a abordagem à Competência Específica 2 (CECNTEM2) e às três habilidades (EM13CNT201, EM13CNT204 e EM13CNT209) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, integrada por Biologia, Química e Física, conforme a Tabela 1:

<b>Competência Específica 2 CECNTEM2</b>	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
<b>Habilidade EM13CNT201</b>	Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
<b>Habilidade EM13CNT204</b>	Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
<b>Habilidade EM13CNT209</b>	Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**Tabela 1** – BNCC – Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Competência Específica 2 e Habilidades associadas aos temas de Astronomia.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Analisando as informações da Competência Específica 2 e das três habilidades mencionadas é possível verificar que nelas há temas e conceitos peculiares de Astronomia que devem ser abordados nos livros didáticos do Ensino Médio.

Assim, foram classificados seis temas ou conceitos de Astronomia principais como Categorias Prévias (Caixas), que atendem também à técnica Análise de Conteúdo (BARDIN, 2010), e que constituem reduções e sínteses das habilidades para o Ensino Médio. São eles:

1. Modelos e origens da Terra e do Universo (Habilidade EM13CNT201);
2. Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo (Habilidade EM13CNT204);
3. Evolução Estelar (Habilidade EM13CNT209);
4. Origem dos Elementos Químicos (Habilidade EM13CNT209);
5. Sistema Solar: origem e estrutura (Habilidade EM13CNT209) e
6. Exoplanetas e Astrobiologia (Habilidade EM13CNT209).

A partir da análise exploratória dos livros didáticos ou *fishing expeditions*, durante a coleta dos dados, optou-se por acrescentar nessas “Caixas” ou Categorias Prévias 50 novas categorias não previstas, o que é denominado de processo de “Acervo”, (Bardin, 2010), tal como demonstrado na Tabela 2.

<b>Caixas de Categorias Prévias</b>	<b>Acervo de Categorias não previstas</b>
<b>1. Modelos e origens da Terra e do Universo</b>	Big Bang; Idade do Universo; Expansão do Universo; Radiação cósmica de fundo; Cosmologia; Etnocosmologias; Galáxias; Via Láctea; Parsec; Origem da Terra; Geocentrismo; Heliocentrismo; Forma e tamanho da Terra; Movimento Aparente do Sol no céu; Constelação; Campo magnético terrestre.
<b>2. Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo</b>	Leis de Kepler; Gravitação Universal; Curvatura do espaço-tempo; Velocidade de escape; Ausência de peso/Imponderabilidade; Rotação; Translação; Marés; Satélites Artificiais; Satélites Geoestacionários; Telescópios Espaciais.
<b>3. Evolução Estelar</b>	Evolução das estrelas; Nebulosas; Gigante Vermelha; Nebulosa Planetária; Anã Branca; Supernova; Estrela de Nêutrons/Pulsares; Buracos Negros.
<b>4. Origem dos Elementos Químicos</b>	Big Bang; Espectro da luz; Origem dos Elementos Químicos.
<b>5. Sistema Solar: origem e estrutura</b>	Sistema Solar; Planetas Telúricos ou rochosos; Planetas Jovianos ou gasosos; Planetas Anões; Satélites naturais; Cinturão de Asteroides; Asteroides; Meteoroides; Meteorito; Cometas.
<b>6. Exoplanetas e Astrobiologia</b>	Astrobiologia/Exobiologia; Zona habitável; Exoplanetas.

**Tabela 2** –Caixas e Acervo de Categorias de Astronomia para os livros didáticos do Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Como é possível observar na tabela 2, a categoria “Big Bang” foi repetida para as caixas *Modelos e origens da Terra e do Universo* e *Origem dos Elementos Químicos*.

A Figura 1, por sua vez, exhibe quais são os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e as Tabelas 3 e 4 são sobre os Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados para o PNLD 2021 (Ensino Médio).



**Figura 1** – Capas dos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. (1) 1 Moderna Lopes Rosso, (2) Moderna Plus, (3) Moderna Conexões, (4) Moderna Diálogo, (5) Scipione – Matéria, Energia e Vida: Uma abordagem interdisciplinar, (6) FTD – Multiversos, (7) Edições SM – Ser Protagonista.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

Editora	Coleção	Projetos com temas de Astronomia
Saraiva	Vamos juntos, Profe!	NÃO
Ática	De olho no futuro	NÃO
Scipione	#Novo Ensino Médio	NÃO
Moderna	Identidade em Ação	NÃO
Moderna	Moderna em Projetos	NÃO

Universo dos Livros Editora	Integrando Saberes	NÃO
IBEP	Integralis	NÃO
Moderna	 Práticas na Escola	SIM
Editora do Brasil	 Conhecer e Transformar	SIM
Editora do Brasil	 Integração e Protagonismo	SIM
Edições SM	 Jovem Protagonista	SIM
Edições SM	 Ser Protagonista	SIM
FTD	 +Ação Na escola e na comunidade	SIM

**Tabela 3** – Livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

A Tabela 4, a seguir, contém apenas os livros didáticos do PNLD 2021, Ensino Médio denominados Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Verificou-se, nesta análise, que nos seis livros de Projetos Integradores, que abordam temas de Astronomia, neles as Categorias foram corretamente apresentadas e não se constatou, nessas obras, nenhuma falha pontual (erro conceitual).

É possível observar pelos dados apresentados na Tabela 4 que somente seis dos treze livros de Projetos Integradores apresentam projetos com temas de Astronomia.

Categorias	Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias					
	Moderna: Práticas na Escola	Editora do Brasil: Conhecer e Transformar	Editora do Brasil: Integração e Protagonismo	Edições SM: Jovem Protagonista	Edições SM: Ser Protagonista	FTD: +Ação Na escola e na comunidade
<b>Nomes dos Projetos Integradores</b>	Proj. 5, Terraformação de Marte	Proj. 3, Roteiro 2, O movimento terraplanista	Proj. 1, Estamos sozinhos no Universo?	Proj. 1, Exoplaneta, Proj. 3, Mitos da Ciência: fake Science	Proj. 1, Quero ser um rocketscientist. Por que não?	Proj. 3, Ficção científica: ciência ou ficção?
Expansão do Universo						
Idade do Universo						
Big bang						
Radiação cósmica de fundo						
Forma e tamanho da Terra						
Galáxias						
Etnocosmologias						
Gravitação Universal						
Curvatura do espaço-tempo						
Buracos Negros						
Exobiologia						
Zona Habitável						
Exoplanetas						

**Tabela 4** – A cor cinza corresponde às frequências de Categorias nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

As Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam as frequências das Caixas de Categorias Prévias coletadas dos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

<b>Caixa de Categorias Prévias: 1. Modelos e origens da Terra e do Universo</b>							
<b>Acervo de Categorias não previstas</b>	<b>Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias</b>						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
1.1 Big Bang							
1.2 Idade do Universo							
1.3 Expansão do Universo							
1.4 Radiação cósmica de fundo							
1.5 Cosmologia							
1.6 Etnocosmologias							
1.7 Galáxias		1 erro					
1.8 Via Láctea		2 erros			1 erro		
1.9 Parsec		1 erro					
1.10 Origem da Terra	3 erros						
1.11 Geocentrismo		2 erros					
1.12 Heliocentrismo		2 erros					
1.13 Forma e tamanho da Terra	1 erro						
1.14 Movimento Aparente do Sol no céu	3 erros	1 erro					
1.15 Constelação	1 erro	3 erros					
1.16 Campo magnético terrestre		3 erros					
<b>TOTAIS</b>	<b>10 corretos</b> <b>8 erros</b>	<b>4 corretos</b> <b>16 erros</b>	<b>10 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>8 corretos</b> <b>6 erros</b>	<b>7 corretos</b> <b>3 erros</b>	<b>6 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>11 corretos</b> <b>0 erro</b>

**Tabela 5** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Modelos e origens da Terra e do Universo, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

<b>Caixa de Categorias Prévias: 2. Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo</b>							
<b>Acervo de Categorias não previstas</b>	<b>Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias</b>						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
2.1 Leis de Kepler							
2.2 Gravitação Universal							
2.3 Curvatura do espaço-tempo							
2.4 Velocidade de escape							
2.5 Ausência de peso/Imponderabilidade							
2.6 Rotação							
2.7 Translação							
2.8 Marés							
2.9 Satélites Artificiais							
2.10 Satélites Geoestacionários							
2.11 Telescópios Espaciais							
<b>TOTAIS</b>	<b>5 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>4 corretos</b> <b>7 erros</b>	<b>8 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>8 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>6 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>6 corretos</b> <b>2 erros</b>	<b>8 corretos</b>

**Tabela 6** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Caixa de Categorias Prévias: 3. Evolução Estelar							
Acervo de Categorias não previstas	Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
3.1 Evolução das estrelas							
3.2 Nebulosas							
3.3 Gigante Vermelha							
3.4 Nebulosa Planetária							
3.5 Anã Branca							
3.6 Supernova							
3.7 Estrela de Nêutrons/Pulsares							
3.8 Buracos Negros							
<b>TOTAIS</b>	<b>6 corretos</b> <b>5 erros</b>	<b>8 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>4 corretos</b> <b>5 erros</b>	<b>8 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>5 corretos</b> <b>7 erros</b>	<b>2 corretos</b> <b>1 erro</b>	<b>7 corretos</b> <b>0 erro</b>

**Tabela 7** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Evolução Estelar, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Caixa de Categorias Prévias: 4. Origem dos Elementos Químicos							
Acervo de Categorias não previstas	Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
4.1 Big Bang							
4.2 Espectro da luz							
4.3 Origem dos Elementos Químicos							
<b>TOTAIS</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>0 correto</b> <b>2 erros</b>	<b>2 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>

**Tabela 8** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Origem dos Elementos Químicos, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Caixa de Categorias Prévias: 5. Sistema Solar: Origem e estrutura							
Acervo de Categorias não previstas	Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
5.1 Sistema Solar							
5.2 Planetas Telúricos ou rochosos							
5.3 Planetas Jovianos ou gasosos							
5.4 Planetas Anões							
5.5 Satélites naturais							
5.6 Cinturão de Asteroides							
5.7 Asteroides							
5.8 Meteoroides							
5.9 Meteorito							
5.10 Cometas							
<b>TOTAIS</b>		7 corretos 4 erros	3 corretos 7 erros	6 corretos 3 erros	3 corretos 2 erros	3 corretos 0 erro	5 corretos 8 erros

**Tabela 9** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Sistema Solar: Origem e estrutura, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

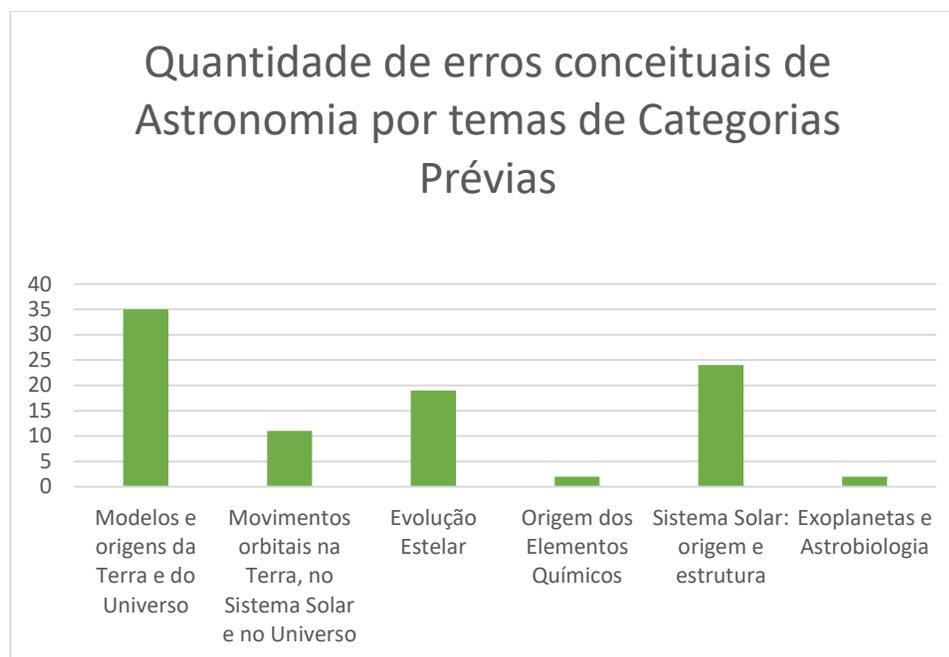
Caixa de Categorias Prévias: 6. Exoplanetas e Astrobiologia							
Acervo de Categorias não previstas	Coleções PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias						
	Scipione	FTD	SM	Moderna Lopes e Rosso	Moderna Plus	Moderna Conexões	Moderna Diálogo
6.1 Astrobiologia/ Exobiologia							
6.2 Zona Habitável							
6.3 Exoplanetas							
<b>TOTAIS</b>	<b>1 correto</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>1 correto</b> <b>1 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>	<b>3 corretos</b> <b>0 erro</b>		<b>2 corretos</b> <b>1 erro</b>

**Tabela 10** – A cor cinza corresponde às frequências de conceitos corretos e a cor preta corresponde às frequências dos erros conceituais da Caixa de Categorias Prévias Exoplanetas e Astrobiologia, nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022) e Brasil, 2018.

Pelo que se pode verificar dos dados das Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 todos os livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias cometeram, juntos, 93 erros conceituais.

Assim, os critérios eliminatórios comuns aos livros didáticos do Edital nº 3/2019 (Brasil, 2019) dispostos no Anexo III, páginas 50, 53 e 54, itens 2.1, linhas “d” e “e”, 2.1.4, 2.1.4.1, linhas “a”, “b” e “d”, que apontam a obrigatoriedade de haver conceitos corretos, atualizados, precisão conceitual e de não se induzir ao erro alunos e professores, deveriam ter sido aplicados.



**Figura 2** – Gráfico com a distribuição da quantidade de erros conceituais de Astronomia identificados nos livros didáticos, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias pelos seis temas de Categorias Prévias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

A Figura 2, acima, apresenta a distribuição de erros conceituais de Astronomia pelos seis temas de Categorias Prévias, sendo que os temas de maior ocorrência de erros conceituais são os seguintes: 1. Modelos e origens da Terra e do Universo e 5. Sistema Solar: origem e estrutura.

No próximo item, 4 - Análise dos dados, serão apresentados e discutidos individualmente, para cada livro didático, os 93 erros conceituais de Astronomia, segundo as categorias aqui estabelecidas, visando demonstrar o que está errado em Astronomia e apontar o que deveria ter sido corrigido antes de os livros terem sido aprovados e autorizados a compor o PNLD 2021.

#### 4 Análise dos dados

As informações das tabelas de 11 a 15 permitem classificar os livros didáticos analisados a partir das quantidades de categorias de erros e pontuações dos índices de conceitos, índices de páginas, índices finais e notas.

O Edital nº 3/2019 do PNLD 2021 determinou a tolerância de 10,0% para a quantidade de falhas pontuais, em relação ao número de páginas, e essa tolerância foi aplicada em todos os itens, mesmo que erros conceituais em Astronomia não sejam considerados falhas pontuais.

Na Tabela 11, todos os livros foram reprovados com esse critério do número total de erros inferior a 10,0% para aprovação, sendo que o menor percentual foi 17,4% e o maior, 70,7%.

Todas as obras também foram reprovadas no índice de conceitos, que devia ser inferior a 0,100 para aprovação e nos livros avaliados o menor índice foi 0,200 e o maior, 1,115.

<b>Obras</b>	<b>Total de Categorias sobre Astronomia</b>	<b>Número Categorias corretas</b>	<b>Número de erros nos textos</b>	<b>Número de erros nas figuras</b>	<b>Número total de erros (maior que 10,0%, reprovado)</b>	<b>Índice de conceitos <math>I_c</math> (acima de 0,100 reprovado)</b>
<b>Moderna Conexões</b>	23	20	0	4	<b>4 (17,4%)</b>	<b>0,200</b>
<b>Moderna Diálogo</b>	38	35	3	6	<b>9 (23,7%)</b>	<b>0,257</b>
<b>Moderna Lopes e Rosso</b>	41	34	7	4	<b>11 (26,8%)</b>	<b>0,324</b>
<b>Moderna Plus</b>	32	25	8	4	<b>12 (37,5%)</b>	<b>0,480</b>
<b>SM</b>	36	27	5	9	<b>14 (38,9%)</b>	<b>0,518</b>
<b>Scipione</b>	31	24	10	4	<b>14 (45,2%)</b>	<b>0,583</b>
<b>FTD</b>	41	26	17	12	<b>29 (70,7%)</b>	<b>1,115</b>

**Tabela 11** – Quantidade de Categorias, erros e pontuações do Índice de Conceitos dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

Na Tabela 12 abaixo, cinco de sete livros foram reprovados no critério da quantidade de erros de Astronomia relativos ao número de páginas sobre Astronomia, considerando que seriam necessários valores inferiores a 10,0% para aprovação, no estudo se obteve o menor índice 6,6% e o maior, 25,2%.

Quatro de sete livros avaliados também foram reprovados na quantidade do número de páginas com erros, que devia ser menor que 10,0%, no estudo o menor alcançou 4,4% e o maior, 13,8%. No índice de páginas, que devia ser inferior a 0,100 para aprovação, nos livros avaliados o menor índice foi 0,044 e o maior, 0,138.

Obras	Número total de páginas sobre Astronomia		Índice de páginas $I_p$ (acima de 0,100 reprovado)	Quantidade de erros de Astronomia relativos ao número de páginas sobre Astronomia (maior que 10,0% reprovado)
<b>Moderna Conexões</b>	59	4 (6,8%)	0,068	6,8%
<b>Moderna Diálogo</b>	137	6 (4,4%)	0,044	6,6%
<b>Moderna Lopes e Rosso</b>	77	7 (9,1%)	0,091	<b>15,6%</b>
<b>Moderna Plus</b>	58	<b>8 (13,8%)</b>	<b>0,138</b>	<b>20,7%</b>
<b>SM</b>	82	<b>9 (11,0%)</b>	<b>0,110</b>	<b>18,3%</b>
<b>Scipione</b>	69	<b>9 (13,0%)</b>	<b>0,130</b>	<b>20,3%</b>
<b>FTD</b>	111	<b>15 (13,5%)</b>	<b>0,135</b>	<b>25,2%</b>

**Tabela 12** – Pontuações dos números e Índice de Páginas dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

Obras	Índice Final $I_f = I_c + I_p$ (acima de 0,100 reprovado)	Nota $N = 10 - (I_f \times 10)$ (abaixo de 9,000 reprovado)
<b>Moderna Conexões</b>	<b>0,268</b>	<b>7,322</b>
<b>Moderna Diálogo</b>	<b>0,301</b>	<b>6,991</b>
<b>Moderna Lopes e Rosso</b>	<b>0,414</b>	<b>5,856</b>
<b>Moderna Plus</b>	<b>0,618</b>	<b>3,821</b>
<b>SM</b>	<b>0,628</b>	<b>3,717</b>
<b>Scipione</b>	<b>0,714</b>	<b>2,862</b>
<b>FTD</b>	<b>1,250</b>	<b>- 2,505</b>

**Tabela 13** – Pontuações do Índice Final e das notas dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

Na Tabela 13, todos os livros foram reprovados no critério do Índice Final, considerando que seriam necessários valores acima de 0,100 para aprovação, sendo o menor índice alcançado 0,268 e o maior, 1,250. As notas para aprovação deviam ser acima de 9,000. No estudo, a maior nota final foi 7,322 e a menor - 2,505.

Nas Tabelas 14 e 15, todos os seis livros de Projetos Integradores foram aprovados em todos os critérios e com nota 10,0 pois não apresentam erros conceituais de Astronomia.

Obras	Total de Categorias sobre Astronomia	Número de erros nos textos	Número de erros nas figuras	Número total de erros	Índice de conceitos I <sub>c</sub>
Conhecer e Transformar Editora do Brasil	1	0	0	0	0
+ Ação Ciências da Natureza FTD	2	0	0	0	0
Integração e Protagonismo Editora do Brasil	2	0	0	0	0
Jovem Protagonista SM	11	0	0	0	0
Práticas na Escola Moderna	2	0	0	0	0
Ser Protagonista SM	2	0	0	0	0

**Tabela 14** – Quantidade de Categorias, erros e pontuações do Índice de Conceitos dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

Obras	Número total de páginas sobre Astronomia	Número de páginas com erros	Índice de páginas $I_p$	Índice Final $I_f = I_c + I_p$	Nota $N = 10 - (I_p \times 10)$
Conhecer e Transformar Editora do Brasil	6	0	0	0	10,0
+ Ação Ciências da Natureza FTD	10	0	0	0	10,0
Integração e Protagonismo Editora do Brasil	6	0	0	0	10,0
Jovem Protagonista SM	24	0	0	0	10,0
Práticas na Escola Moderna	28	0	0	0	10,0
Ser Protagonista SM	26	0	0	0	10,0

**Tabela 15** – Pontuações dos Índice de Páginas e notas dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

A seguir serão apresentadas nos itens 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 as categorias prévias para as análises individuais de cada um dos 93 erros dos livros didáticos analisados, PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

#### 4.1 Erros Conceituais: 1. Modelos e origens da Terra e do Universo

Neste tópico, 1. Modelos e origens da Terra e do Universo, houve 35 erros.

As categorias com mais erros foram: Heliocentrismo com sete erros, Constelação com seis erros e Campo Magnético Terrestre com cinco erros.

As quantidades de erros por livros didáticos são: FTD, com 16 erros, Scipione, com oito erros, Moderna Lopes e Rosso, com seis erros, Moderna Plus, com três erros, Moderna Conexões, com um erro e SM, com um erro. O livro Moderna Diálogo não teve erros nesse tópico.

As informações conceituais erradas são sobre: distância constante entre galáxias no Universo em expansão; os planetas serem mais antigos que o Sol; definições de Cosmologia, de Parsec, Ano Solar e Constelação; diferenças entre Aglomerado e Superaglomerado de Virgem, entre polos geográficos e magnéticos terrestres; quantidade de estrelas na Galáxia e na vizinhança solar; características do movimento anual aparente do Sol no céu. Há ilustrações fora de escala de distância e de tamanho (não informadas).

Erros de informações e idades de fatos históricos. Troca da palavra *acrecção* por *acreação*. Representações erradas de astros que deviam ser desenhados a partir da visão polar, porém foram representados a partir da visão equatorial. Esquema errado da constelação do Cruzeiro do Sul e dos pólos magnéticos terrestres.

➤ Categorias: 1.3 Expansão do Universo; 5.1 Sistema Solar

Livro: SM, página 211 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p><b>3. (Cefet-MG)</b> As concepções de formação do Universo estão presentes em várias culturas e são relacionadas a aspectos religiosos, míticos e filosóficos. Atualmente, a comunidade científica aceita a teoria do Big Bang como a melhor explicação para a origem e a evolução do Universo.</p> <p>Faz parte da teoria do Big Bang a ideia de que</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) a distância entre as galáxias é constante.</li> <li>b) os planetas formaram-se antes das estrelas.</li> <li>c) a temperatura média do Universo era menor no início.</li> <li>d) as estrelas mais antigas estão mais afastadas da Terra.</li> </ul> <p>Alternativa a. Professor, essa atividade trabalha os conceitos de formação de sistemas planetários e formação de estrelas. Atualmente, acredita-se que o Sistema Solar tenha sido formado de uma nuvem de poeira de hidrogênio e hélio de uma nebulosa, por volta de 5 bilhões de anos. Esses elementos começaram a se unir em corpos planetários e, por fim, após, a parte central do sistema começou as reações nucleares, o Sol começou a fundir hidrogênio em hélio emitindo muita radiação. Isso ocorreu há cerca de 100 milhões de anos. Portanto, os planetas surgiram antes que o Sol.</p>	<p>- <b>Erro 1</b>, não há resposta correta para esta questão do Cefet-MG, pois todas estão incorretas, quanto a fazerem parte da teoria do Big Bang ou, ao menos, estarem relacionadas com o modelo cosmológico para a origem e a evolução do Universo.</p> <p>A alternativa dada como correta, a alternativa “a” se refere ao Universo sem expansão, já que a distância entre as galáxias é constante. O espaço entre as galáxias aumenta, com a expansão, o que faz com as distâncias entre as galáxias aumente (afastamento) ou diminuam (aproximação) com o passar do tempo.</p> <p>- <b>Erro 2</b>, o comentário sobre a alternativa “b” também não é correto. A afirmação de que as reações termonucleares no Sol iniciaram há cerca de 100 milhões de anos, não deixa claro se foi nos últimos 100 milhões de anos ou 100 milhões de anos após a formação dos corpos planetários. Em rigor só se pode classificar por “planetas”, aos corpos esféricos formados após a “varrição” pelo vento solar causada pelas primeiras reações termonucleares.</p> <p>Segundo os modelos teóricos, os primeiros embriões planetários rochosos e gasosos se formaram entre 1 e 10 milhões de anos após a rotação da nebulosa solar e a constituição do disco protoplanetário. Talvez Júpiter já poderia ser chamado de planeta antes do Sol “acender” (nascimento). Marte se formou 10 milhões após o Sol nascer e a Terra se formou 50 milhões depois do Sol.</p>

➤ Categoria: 1.5 Cosmologia

Livro: Moderna Plus, página 13 do livro Universo e Evolução.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>Os avanços da Cosmologia, ramo da Ciência que estuda os corpos celestes e o espaço sideral, levaram os cientistas a desenvolver uma teoria para explicar a origem do Universo, que ficou conhecida como teoria da grande explosão, ou teoria do <i>big bang</i>. Segundo ela, tudo o que existe, incluindo tempo e espaço, teria surgido há cerca de 13,8 bilhões de anos, a partir da expansão súbita e violenta de uma desconhecida "semente" cósmica. Desde essa explosão primordial, o Universo vem evoluindo, com a formação de galáxias, estrelas e muitos outros corpos celestes, entre eles a Terra.</p>	<p><b>Erro 3</b>, definição errônea de Cosmologia. A definição apresentada está mais próxima de "Astronomia". A "Cosmologia" estuda a forma, a origem, a composição, a estrutura e a evolução do Universo.</p> <p>Na página 149 do livro há a definição correta, porém com a associação da evolução estelar à área da Cosmologia.</p> <p>A Cosmologia é a parte das Ciências Naturais que estuda a origem, a estrutura e a evolução do Universo. Essa área elucidou muitos aspectos da <b>evolução estelar</b>, ou seja, da sequência de eventos que ocorre a partir do surgimento da estrela, momento em que começa a ocorrer fusão nuclear em seu interior (Item 4).</p>

➤ Categorias: 1.7 Galáxias; 1.8 Via Láctea

Livro: FTD, página 15 do livro Origens.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
<p>A <b>Terra</b> (1) é um dos planetas presentes no <b>Sistema Solar</b> (2), e sua estrela, o Sol, junto com outras 19 estrelas formam um <b>grupo local de estrelas</b> (3). Bilhões ou trilhões de grupos de estrelas formam uma galáxia, em nosso caso, a <b>Via Láctea</b> (4), que por sua vez faz parte de um <b>grupo local de galáxias</b> (5) com aproximadamente outras 50 galáxias. Vários grupos de galáxias juntos formam um <b>superaglomerado de galáxias</b> (6), em nosso caso, o superaglomerado de Virgem é formado por aproximadamente 2 500 galáxias. Vários superaglomerados formam um <b>complexo local de superaglomerados</b> (7), que por sua vez, formam o <b>Universo visível</b> (8), que é a porção do Universo que é possível ver.</p>	<p>- <b>Erro 4</b>, não há o nome ou conceito "Grupo local de estrelas" e sim "Vizinhança solar".</p> <p>- <b>Erro 5</b>, os autores atribuíram o número de 19 estrelas próximas ao Sol. Não há definição de critério para esse número. Há 19 estrelas próximas ao Sol até a distância de 21 anos-luz aproximadamente. Caso se considere 32,6 anos-luz (10 parsecs) o número aumenta para 55 estrelas.</p> <p>- <b>Erro 6</b>, o Aglomerado de Virgem pode ter cerca de 2.000 galáxias. O Superaglomerado de Virgem tem cerca de 10 mil galáxias, e não apenas 2.500 galáxias, como afirma o texto, que nitidamente confunde os conceitos de Aglomerado de Virgem e o Superaglomerado de Virgem.</p>

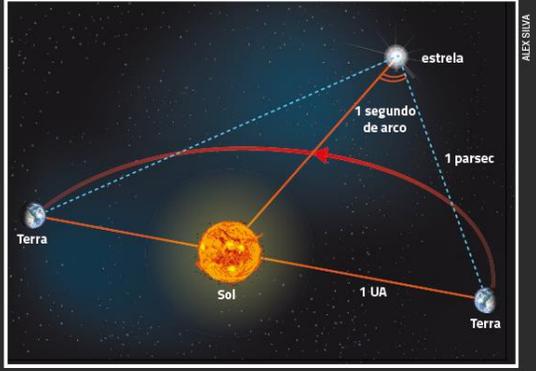
➤ Categoria: 1.8 Via Láctea

Livro: Moderna Plus, página 15 do livro Universo e Evolução.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>ção de grande quantidade de energia. A massa central compactada da nebulosa passou a emitir luz, constituindo uma nova estrela amarela – o nosso Sol –, uma entre os mais de 100 milhões de estrelas presentes na Via Láctea.</p>	<p><b>Erro 7</b>, estima-se que haja entre 200 e 400 bilhões de estrelas na Galáxia ou Via Láctea. O número estimado de 100 milhões de estrelas na Via Láctea está errado. Na página 79 do livro está a informação correta: "(...) o Sol e outras centenas de bilhões de estrelas girando ao redor do centro da Via Láctea".</p>

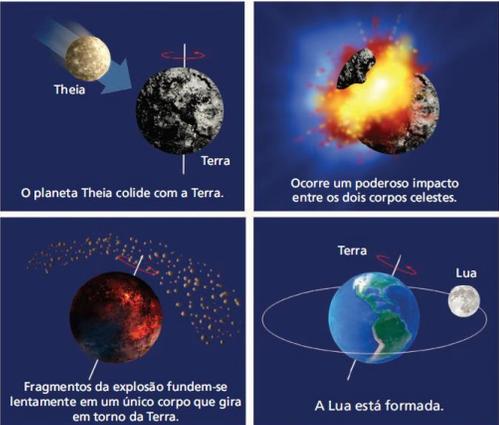
➤ Categoria: 1.9 Parsec

Livro: FTD, página 53 do livro Origens.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
 <p>» Representação da paralaxe anual para o cálculo de 1 parsec (imagem sem escala; cores-fantasia).</p>	<p><b>Erro 8</b>, devia ter sido usado um objeto hipotético, e desconhecido, situado a 1 parsec. Não há estrela próxima, tal como mostrado na figura, distante 1 parsec do Sol (3,26 anos-luz). A estrela mais próxima dista 4,22 anos-luz (1,25 pc), tal como afirmado nas atividades 1 e 3 neste livro.</p>

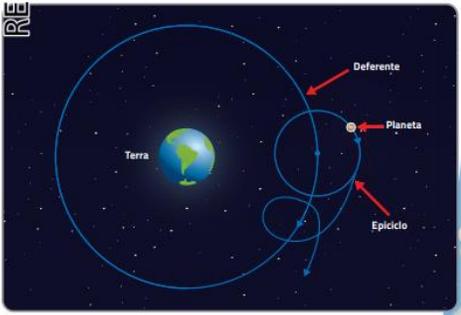
➤ Categoria: 1.10 Origem da Terra

Livro: Scipione, páginas 105 e 106 do livro Origens: o Universo, a Terra e a vida.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
<p><b>2.7 A formação da Terra</b></p> <p>A Terra se formou há cerca de 4,5 bilhões de anos em consequência do processo de acreação da nebulosa solar. Acreação é o fenômeno de acúmulo de matéria na superfície de um astro gerado pela força gravitacional. No caso da Terra e de outros planetas do Sistema Solar, a acreação ocorreu na nebulosa solar, uma nuvem formada por gás interestelar, poeira e rocha e que orbitava ao redor do centro de nossa galáxia.</p> <p># <b>Figura 2.76</b> – Representação esquemática da formação da Terra em decorrência do processo de acreação da nebulosa solar. Os elementos não estão representados em proporção. Cores fantasia.</p>	<p>- <b>Erro 9</b>, a palavra “acreação” não existe na Língua Portuguesa. O correto é “Acreção”.</p> <p>- <b>Erro10</b>, na legenda da Fig. 2.76, palavra “acreação”.</p>
 <p># <b>Figura 2.77</b> – Representação da formação da Lua após o impacto entre a Terra primordial e o planeta Theia. Os elementos não estão representados em proporção e distâncias. Cores fantasia.</p>	<p>- <b>Erro 11</b>, a ilustração (não informado que está fora de escala de distância e de tamanho) sobre a formação da Lua representa a idade da Terra muito jovem, portanto, não se pode representar o continente América com os contornos atuais, muito menos os oceanos azuis, que refletiriam a cor predominante da atmosfera diurna.</p>

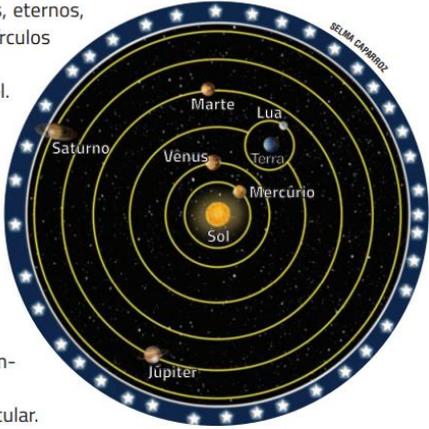
➤ Categoria: 1.11 Geocentrismo

Livro: FTD, páginas 57 e 58 do livro Origens.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
 <p>Os planetas orbitam o Sol em torno da Terra. O posicionamento dos astros foi estabelecido considerando o tempo que o astro levava para dar uma volta em torno da Terra. Quanto maior o tempo, mais distante ele deveria estar do centro. (imagem fora de escala; cores-fantasia)</p>	<p>- <b>Erro 12</b>, os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como se fossem vistos a partir da visão polar. Os discos da Terra, Vênus, Júpiter e Saturno estão desenhados tal como vistos a partir da visão equatorial.</p>
 <p>Modelo geocêntrico de Ptolomeu com destaque para os epiciclos. (imagem fora de escala; cores-fantasia)</p>	<p>- <b>Erro 13</b>, a Terra (ao centro) está representada com continentes, dessa maneira é possível verificar que o planeta hipotético percorreria uma órbita polar terrestre, pois o Deferente passa pelos polos geográficos. O correto seria a representação do disco ou volume da Terra com visão a partir de um dos polos geográficos, assim a órbita do planeta seria sobre a Eclíptica.</p>

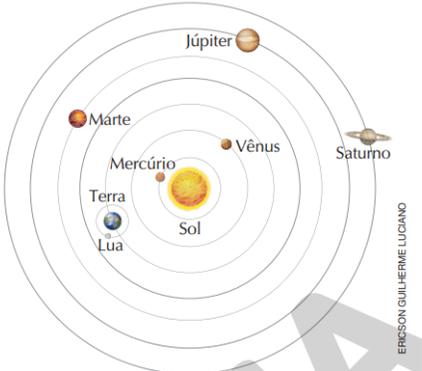
➤ Categoria: 1.12 Heliocentrismo

Livro: FTD, páginas 51 e 59 do livro Origens.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p>9. Galileu Galilei (1564-1642), físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano, descobriu montanhas na Lua, e as quatro maiores luas de Júpiter. Para isso, utilizou um telescópio refrator por ele construído, que ampliava as imagens cerca de 30 vezes. Alguns séculos depois, o físico, matemático e astrônomo inglês Isaac Newton (1642-1727), construiu um telescópio refletor. Responda os itens a seguir e se necessário faça uma pesquisa.</p> <p>a) Quais as quatro maiores luas de Júpiter?</p> <p>b) Qual o princípio de funcionamento do telescópio utilizado por Galileu? E de Isaac Newton?</p> <p>c) Faça um esquema generalizado diferenciando um telescópio refrator de um telescópio refletor, evidenciando o caminho da luz através desses instrumentos.</p> <p>d) Os telescópios permitem ver diversos componentes do Universo, como as estrelas. Cite o ciclo de vida da estrela mais próxima da Terra e quais elementos químicos podem ser formados por ela.</p>	<p>- <b>Erro 14</b>, a construção do telescópio refletor por Newton não ocorreu “séculos depois” da construção do telescópio refrator por Galileu (1609). Foram seis décadas de diferença (1668).</p>
<p>es, eternos, círculos</p> <p>Sol. ol l, é om- ircular.</p>  <p>» Modelo heliocêntrico de Copérnico. (imagem fora de escala; cores-fantasia)</p>	<p>- <b>Erro 15</b>, os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como se fossem vistos a partir da visão polar. Os discos da Terra, Vênus, Júpiter e Saturno estão desenhados tal como vistos a partir da visão equatorial.</p>

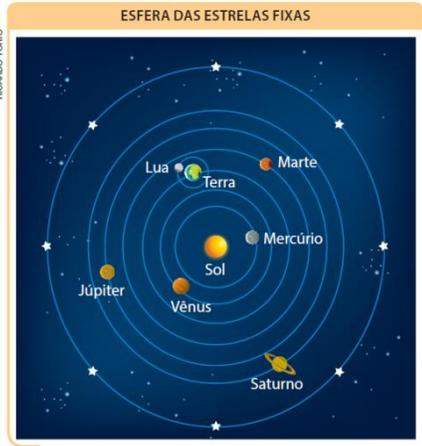
➤ Categoria: 1.12 Heliocentrismo

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 134, livro 1 Água, Agricultura e Uso da Terra; página 37, livro 3 Evolução e Universo.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 4 erros
<p>xima do Sol e diminui quando se afasta. O modelo de Kepler era como o de Nicolau Copérnico (1473-1543), astrônomo e matemático polonês que perdeu a vida por ser considerado herege, ao defender o heliocentrismo, modelo no qual os planetas giram ao redor do Sol, em oposição ao geocentrismo, no qual todos os outros astros giram ao redor da Terra.</p>	<p>- <b>Erro 16</b>, Copérnico não perdeu a vida por ser considerado herege e ele não foi perseguido por heresia. Ele faleceu por enfermidade. O livro com a exposição do modelo heliocêntrico foi publicado após a morte de Copérnico. Talvez os autores tenham confundido Copérnico com Giordano Bruno, que foi condenado por heresia e queimado vivo pela Inquisição.</p>
 <p><b>Figura 3.11</b> Sistema planetário heliocêntrico segundo Copérnico. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)</p>	<p>- <b>Erro 17</b>, na figura 3.11, entre as órbitas de Terra e de Marte, na figura, há uma órbita desenhada e não ocupada por nenhum astro. As órbitas de Mercúrio, de Vênus, da Terra e de Marte estão representadas por traços finos. As órbitas de Júpiter e de Saturno, assim como a órbita não ocupada entre a Terra e Marte, estão representadas por traços mais grossos.</p> <p>- <b>Erro 18</b>, na figura 3.11, os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como se fossem vistos a partir da visão polar. Júpiter e Saturno estão representados tal como vistos a partir da visão do Equador.</p> <p>- <b>Erro 19</b>, na figura 3.11, os discos de Vênus, Marte e o hemisfério Sul de Saturno estão representados com uma porção mais iluminada e outra mais escura. Os planetas deviam ser representados com a metade voltada para o Sol, iluminada, enquanto que a metade contrária ao Sol devia ser escurecida.</p>

➤ Categoria: 1.12 Heliocentrismo

Livro: Moderna Conexões, livro 5 Terra e equilíbrios, página 87.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
 <p>Modelo heliocêntrico do Universo segundo Copérnico. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)</p>	<p><b>Erro 20</b>, os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como se fossem vistos a partir da visão polar. Os discos da Terra e de Saturno estão representados tal como vistos a partir da visão equatorial, inclusive com a órbita da Lua em torno da Terra, sendo polar, pois os continentes parecem com África, Ásia e Europa e a Lua passa pelos polos geográficos.</p>

➤ Categoria: 1.13 Forma e tamanho da Terra

Livro: Scipione, página 81 do livro *Origens: o Universo, a Terra e a vida*.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
O fato de usar um espelho primário de 2,4 m de diâmetro permite que o Hubble possa detectar 40 mil vezes mais luz que um olho humano. Isso significa que ele pode perceber a luz de uma lâmpada acesa no alto de uma montanha no arroio Chui, no Rio Grande do Sul, estando no outro extremo do Brasil, no monte Cabural, em Roraima.	<b>Erro 21</b> , a curvatura da superfície da Terra impediria essa observação.

➤ Categoria: 1.14 Movimento Aparente do Sol no céu

Livro: Scipione, página 13 e página 217 (Resolução e comentários das atividades de investigação – Atividade 1) do livro *Origens: o Universo, a Terra e a vida*.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
2. A observação diária do Sol mostra que ele surge no nascente (no lado leste do horizonte), passa no alto do céu na metade do dia e desaparece no poente (no lado oeste do horizonte), como vemos na <i>figura 1.2</i> . Não seria natural supor que o Sol gira em torno da Terra? Debata com os colegas possíveis evidências de que é a Terra que gira em torno do Sol.	- <b>Erro 22</b> , na metade do dia, o Sol atinge o ponto mais alto do céu (altura com relação ao horizonte ou se usa a distância zenital), para a localidade do observador, pois a variação da altura do Sol depende da latitude geográfica do lugar. Portanto, a afirmação de que o Sol passa no alto do céu, não é correta.
2. O movimento aparente do Sol foi um dos fatores que impulsionou a adoção do modelo geocêntrico para o Sistema Solar. Porém, uma evidência de que a Terra é que gira em torno do Sol é a existência das estações do ano, decorrente da inclinação do eixo da órbita do planeta em relação ao plano do Sistema Solar.	- <b>Erro 23</b> , estações do ano não evidenciam que a Terra gira em torno do Sol. O movimento aparente do Sol no céu explica as estações do ano para um observador na superfície da Terra, sem necessidade de considerar a órbita terrestre em torno do Sol. - <b>Erro 24</b> , não é o conceito da inclinação do eixo da órbita do planeta em relação ao plano do Sistema Solar. Esse eixo (mencionado) é o eixo da Eclíptica, que é perpendicular ao plano da órbita. Os autores, certamente, queriam se referir ao eixo de rotação da Terra, que é inclinado em relação ao plano da órbita.

➤ Categoria: 1.14 Movimento Aparente do Sol no céu

Livro: FTD, página 56 do livro *Origens*.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
O chamado Ano Solar, ou Ano Tropical, equivale ao intervalo de tempo necessário para que o astro complete uma volta em torno do Sol, sendo no caso da Terra, equivalente a aproximadamente 365 dias terrestres.	<b>Erro 25</b> , a denominação “Ano Tropical” está errada e não se refere ao movimento da Terra em torno do Sol. Ano Trópico é medido a partir do movimento anual aparente do Sol no céu, sendo o intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas do Sol pelo Equinócio vernal (ou Ponto Gama), que é um dos pontos de intersecção entre os círculos máximos do Equador Celeste e da Eclíptica.

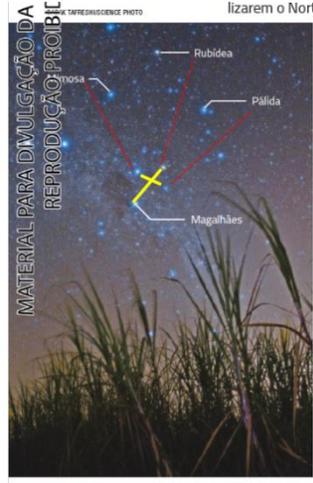
➤ Categoria: 1.15 Constelação

Livro: Scipione, página 217 (Resolução e comentários das atividades de investigação – Atividade 1) do livro *Origens: o Universo, a Terra e a vida*.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>4. As constelações do zodíaco correspondem às constelações que ocupam uma faixa imaginária do céu noturno, relacionada à trajetória do Sol devido ao seu movimento aparente em relação à Terra. Não é possível observar toda essa faixa ao mesmo tempo. A cada duas horas, uma nova constelação aparece no leste e outra desaparece no oeste.</p>	<p><b>Erro 26</b>, essa afirmação é seletiva. Os surgimentos e os desaparecimentos de constelações zodiacais nos horizontes Leste e Oeste, respectivamente, não se observam em latitudes próximas aos Polos, portanto nas calotas polares. Observam-se sempre as mesmas seis ou sete constelações zodiacais acima do horizonte.</p>

➤ Categoria: 1.15 Constelação

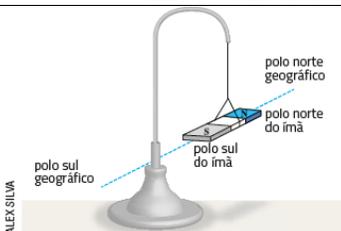
Livro: FTD, página 17 e 19 do livro *Origens e página 254 (Manual do Professor)*

Erro conceitual	Críticas/correções dos 5 erros
<p>lizar em o Nort</p>  <p>Constelação do Cruzeiro do Sul, vista do Hemisfério Sul.</p>	<p>lizar em o Nort</p>  <p>Constelação do Cruzeiro do Sul, vista do Hemisfério Sul.</p> <p>- <b>Erro 27</b>, está errada a indicação da posição da constelação do Cruzeiro do Sul, a partir das estrelas indicadas. A “Magalhães” está correta. A indicada como “Pálida” é a estrela <i>Muhlifain</i>. A indicada como “Mimosas” é a estrela <i>Épsilon Centauri</i>. A indicada como Rubídea é o Aglomerado Globular NGC5139 <i>Omega Centauri</i>. A figura acima está corrigida e mostra a posição correta da constelação do Cruzeiro do Sul, indicada pelos traços em amarelo. As posições corretas das estrelas Mimosas, Rubídea e Pálida estão indicadas nas extremidades dos braços da cruz, e seus nomes estão conectados pelos traços em vermelho.</p>
<p>Alguns povos indígenas brasileiros utilizavam a constelação Cruzeiro do Sul para orientar-se. Eles sabiam que, quando a cruz formada entre as estrelas, popularmente conhecidas como Mimosas, Rubídea, Pálida e Magalhães, estava em pé, como na fotografia ao lado, o prolongamento de seu braço maior apontava para o Sul.</p>	<p>- <b>Erro 28</b>, a figura mencionada não mostra o Cruzeiro do Sul em pé, ele está inclinado para o Oeste.</p> <p>- <b>Erro 29</b>, os autores se referem ao Sul. A qual Sul os autores se referem? Ponto Cardeal Sul ou o Polo CelesteSul? O prolongamento do braço maior da cruz aponta para o Polo CelesteSul. Quando a cruz está em pé, então o prolongamento do braço maior aponta para o Polo CelesteSul, e a vertical traçada imaginariamente entre o Polo CelesteSul e o horizonte, aponta para o Ponto Cardeal Sul.</p>

<p>Órion aparece de ponta cabeça. Segundo a lenda, Órion estava acompanhado de dois cães de caça, representados pelas constelações do Cão Maior e do Cão Menor. A estrela mais brilhante do Cão Maior, Sírius [...] é também</p> <p><b>d)</b> As estrelas citadas no texto fazem parte de três constelações diferentes, presentes na Via Láctea. Quais são estas estrelas e quais são as constelações a que pertencem?</p>	<p>- <b>Erro 30</b>, as três constelações citadas no texto foram Órion, Cão Maior e Cão Menor, elas não são atravessadas pela Via Láctea, mas são vizinhas da faixa chamada Via Láctea.</p>
<p><b>c)</b> Constelação é um agrupamento de estrelas visíveis no céu, as quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos.</p>	<p>- <b>Erro 31</b>, definição incompleta e errada de constelação. Embora um agrupamento de estrelas possa ser designado oficialmente como uma constelação pela União Astronômica Internacional, isso não significa que as estrelas nessa constelação sejam necessariamente fisicamente agrupadas no espaço. Às vezes, as estrelas estão fisicamente próximas umas das outras, mas as figuras das constelações geralmente são uma questão de perspectiva. Eles são simplesmente nossa interpretação, referenciada a partir da Terra, de padrões de estrelas bidimensionais no céu, constituídas por estrelas de diferentes brilhos e distâncias da Terra.</p> <p>Constelação não é um grupo ou um agrupamento de estrelas, como se usa na linguagem popular, assim como, deixou de ser um conjunto de estrelas, para a Astronomia. Desde 1928, as constelações deixaram de constituir configurações imagináveis de um conjunto de estrelas brilhantes, passando a representar regiões ou áreas do céu ocupadas pelas antigas configurações.</p>

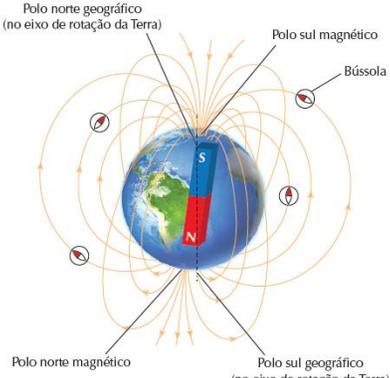
➤ Categoria: 1.16 Campo magnético terrestre

Livro: FTD, página 132 do livro Eletricidade na Sociedade e na Vida.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
 <p>ALEXSILVA</p> <p>polo sul geográfico</p> <p>polo norte geográfico</p> <p>polo sul do ímã</p> <p>polo norte do ímã</p> <p>» Os polos do ímã se alinham de acordo com os polos da Terra.</p>	<p>- <b>Erro 32</b>, na ilustração e na informação da legenda. Os polos do ímã ou de uma bússola, não se alinham de acordo com os polos geográficos/da Terra. Eles se alinham com os polos Norte e Sul magnéticos da Terra.</p> <p>- <b>Erro 33</b>, na ilustração, o polo Sul do ímã devia apontar para o polo magnético Norte, enquanto o polo Norte do ímã devia apontar para o polo magnético Sul. O texto esclarece corretamente sobre essas diferenças entre os polos geográficos e os magnéticos, porém a ilustração reforça o Erro 32.</p>

➤ Categoria: 1.16 Campo magnético terrestre

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 46 do livro 2 Eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p>como mostra a <b>Figura 4.4</b>. A extremidade da agulha da bússola que aponta para o norte geográfico é a extremidade norte da agulha do ímã, e a que aponta para o sul geográfico é a extremidade sul da agulha do ímã.</p>  <p><b>Figura 4.4</b> Representação do campo magnético da Terra. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)</p> <p>Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. <i>Física I</i>. Sears e Zemansky mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.</p> <p>Como o norte da agulha de uma bússola se volta na direção de algum ponto perto do polo norte geográfico, o Ártico se comporta como um polo sul magnético. Isso quer dizer que</p>	<p>- <b>Erro 34</b> na figura, há confusão entre as posições do eixo de rotação da Terra (linha tracejada vertical em preto), que determina as posições dos polos geográficos Norte e Sul, com as posições dos polos magnéticos Norte e Sul, determinados pelas linhas amarelas do campo magnético. Não há a representação do eixo magnético com os seus respectivos polos Norte e Sul.</p> <p>- <b>Erro 35</b>, o texto não esclarece que o eixo magnético e o eixo de rotação não coincidem e estão afastados cerca de 11° (graus). Assim, o polo Norte geográfico está no mesmo hemisfério que o polo Sul magnético, assim como o polo Sul geográfico está no mesmo hemisfério que o polo Norte magnético.</p> <p>Ao contrário, no primeiro parágrafo, afirma que: “A extremidade da agulha da bússola que aponta para o Norte geográfico é a extremidade Norte da agulha do ímã, e a que aponta para o Sul geográfico é a extremidade Sul da agulha do ímã”. Nessa afirmação há o erro que associa o Norte geográfico como sendo apontado pela agulha da bússola. O correto é que a agulha aponta para o polo magnético e não para o polo geográfico.</p> <p>No parágrafo seguinte, o texto afirma corretamente que: “(...) o Norte da agulha de uma bússola se volta na direção de algum ponto perto do polo Norte geográfico. O Ártico se comporta como um polo Sul magnético”, porém a confusão anterior só aumenta com esta informação, pois a ilustração não apoia para a compreensão dos conceitos.</p>

➤ Categoria: 1.16 Campo magnético terrestre

Livro: Moderna Plus, página 109 do livro 5 Ciência e Tecnologia.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>1. Indique no caderno a afirmativa correta:</p> <p><b>1.d</b></p> <p>a) Polo norte da agulha magnética de uma bússola é a extremidade da agulha que aponta, aproximadamente, para o polo sul geográfico da Terra.</p> <p>b) O polo norte de um ímã atrai o polo norte de outro ímã.</p> <p>c) Se serrarmos transversalmente um ímã, cada parte obtida será constituída de um polo somente.</p> <p>d) Polo sul da agulha magnética de uma bússola é a extremidade da agulha que aponta, aproximadamente, para o polo sul geográfico da Terra.</p> <p>e) Ao aproximarmos um ímã de um prego de ferro, o prego não se magnetiza e, portanto, não é atraído pelo ímã.</p>	<p><b>Erro 36</b>, a alternativa correta é a “a”, porém está indicada a alternativa errada “d”.</p> <p>Sim, o polo Norte da agulha magnética de uma bússola aponta para o polo Sul geográfico, porém, por convenção o polo Norte da agulha é chamado de polo Sul magnético, e vice-versa para o polo Sul da agulha magnética.</p> <p>O texto e a Figura 9 na página 101 do próprio livro mostram que a alternativa “a” é a correta e a “d” é errada.</p> <p>se separadas, o campo magnético é chamado de <b>campo magnético uniforme</b>. Nesse campo, o vetor <math>\vec{B}</math> é o mesmo em todos os pontos, isto é, tem o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido.</p> <p><b>Campo magnético terrestre</b></p> <p>Agora que conhecemos melhor o conceito de campo magnético, podemos explicar como uma bússola funciona. Vimos que um ímã, suspenso pelo seu centro de gravidade, orienta-se aproximadamente na direção norte-sul geográfica do local. Isso significa que existe um campo magnético gerado pela Terra, e é na direção desse campo que o ímã suspenso se orienta. É o <b>campo magnético terrestre</b>. Em seu livro <i>De magnet</i> (<i>Sobre o Ímã</i>), publicado em 1600, William Gilbert (1544-1603), ao explicar a orientação que as bússolas adquirem, afirma que “o próprio globo terrestre é um grande ímã”. De fato, podemos associar a Terra a um grande ímã, com o polo sul magnético aproximadamente no norte geográfico e o polo norte magnético aproximadamente no sul geográfico (Fig. 9).</p>  <p><b>Figura 9</b> Representação esquemática do campo magnético terrestre. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)</p> <p>101</p>

## 4.2 Erros Conceituais: 2. Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo

Neste tópico 2. Movimentos orbitais na Terra, no Sistema Solar e no Universo houve 11 erros.

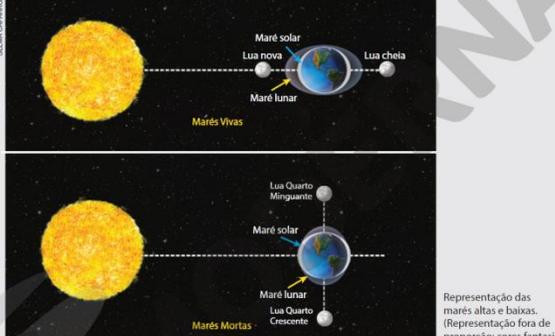
As categorias com mais erros foram: Translação com cinco erros e Telescópios Espaciais com três erros.

As quantidades de erros por livros didáticos são: FTD, com sete erros, Moderna Conexões, com dois erros, Scipione, com um erro, Moderna Lopes e Rosso, com um erro. Os livros Moderna Plus, Moderna Diálogo e SM não tiveram erros nesse tópico.

As informações conceituais erradas são: definições de Ano Solar, Ano Terrestre e potência de telescópio. Representações erradas de astros que deviam ser desenhados a partir da visão polar, porém foram representados a partir da visão equatorial. Informação sobre altura de órbitas de satélites e atribuir o uso de lentes aos telescópios espaciais refletores.

### ➤ Categoria: 2.7 Translação

Livro: Moderna Conexões, livro 5 Terra e equilíbrios, páginas 78 e 83.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p><b>FORÇA DE ATRAÇÃO</b></p>  <p>Se a velocidade de lançamento for suficientemente alta, o corpo cairá e não atingirá a superfície da Terra, podendo entrar em órbita. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)</p> <p>A força de atração da Terra sobre a Lua é a resultante centrípeta que mantém a Lua na órbita da Terra. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)</p>	<p>- <b>Erro 37</b>, na figura "b". O disco ou volume da Terra está representado a partir da visão Equatorial (se vê o continente América), ela devia ser representada a partir da visão polar. Tal erro faz com que a órbita de translação da Lua em torno da Terra (nas fases de Quarto Minguante e Quarto Crescente) esteja representada nesta figura passando pelos polos geográficos da Terra o que está errado.</p>
 <p>Representação das marés altas e baixas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)</p>	<p>- <b>Erro 38</b>, repetição do erro anterior. O disco ou volume da Terra está representado a partir da visão Equatorial (se vê o continente América), a Terra devia ser representada a partir da visão polar. Tal erro faz com que a órbita de translação da Lua em torno da Terra (nas fases de Quarto Minguante e Quarto Crescente) esteja representada nesta figura passando pelos polos geográficos da Terra o que está errado.</p>

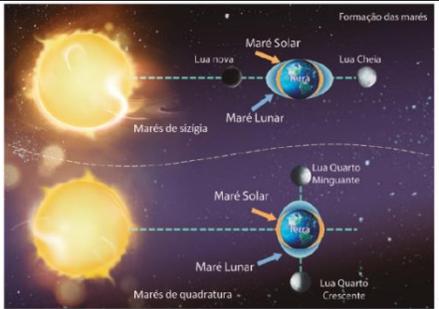
➤ Categoria: 2.7 Translação

Livro: FTD do livro Origens, página 214 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p>Na abertura desse tema, discute-se o Ano Solar. É possível explicar aos estudantes que o tempo que a Terra demora para completar uma volta ao redor do Sol, aproximadamente 365 dias, é definido como Ano Terrestre. Desse modo, é possível definir o período de translação dos planetas que constituem o Sistema Solar em função do período de translação terrestre.</p>	<p>- <b>Erro 39</b>, não existe o conceito de “Ano Terrestre”. Os autores deviam se referir ao Ano Sideral, que é o intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas da Terra, durante a translação, por um mesmo ponto na órbita, em torno do Sol, tomando como referência as estrelas.</p> <p>- <b>Erro 40</b>, nesta afirmação, os autores usam os conceitos de “Ano Solar” e “Ano Terrestre”, como sinônimos. Não existe o conceito de “Ano Terrestre”, talvez os autores quisessem se referir ao Ano Sideral.</p>

➤ Categoria: 2.7 Translação; 2.8 Marés

Livro: FTD, página 68 do livro Origens.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
<p><b>REPRODUÇÃO</b></p>  <p>As marés de maior amplitude dependem da posição relativa entre Sol, Terra e Lua e ocorrem nas fases de lua nova e lua cheia (imagem sem escala; cores-fantasia).</p>	<p>- <b>Erro 41</b>, o disco da Terra está representado a partir da visão Equatorial (se vê o continente América). A Terra devia ser representada a partir da visão polar. Tal erro faz com que a Lua (nas fases de Quarto Minguante e Quarto Crescente) estejam representadas nesta figura passando pelos polos da Terra o que está errado.</p> <p>- <b>Erro 42</b>, a Lua e a Terra deviam ser representadas com as faces “esquerda” (ou hemisférios) voltadas para o Sol, iluminadas como sendo o dia, enquanto as faces da direita (ou hemisférios) estariam escuras, sendo a noite. Este erro levou o desenhista a representar a Lua tal como ela é vista no céu da Terra, e não a Lua como ela é vista no espaço, iluminada pelo Sol, ou seja, com a outra face ou hemisfério na escuridão. Assim as representações estão erradas para a visão de um observador. Por exemplo, na Lua Quarto Minguante o lado voltado para o Sol está escuro e também a Lua Nova está representada toda escura, assim como a Lua Cheia está toda iluminada. A única representação correta é a Lua em Quarto Crescente.</p> <p>- <b>Erro 43</b>, os efeitos da maré solar representados pela cor laranja em torno da Terra deviam ser iguais tanto nas marés de Sizígia, quanto nas marés de quadratura. Porém a representação da maré solar do desenho de baixo, para a maré de quadratura, está representada com meio milímetro a mais que o desenho de cima ou anterior.</p>

➤ Categoria: 2.9 Satélites Artificiais

Livro: Scipione, página 216 do Manual do Professor, Cap. 1 – Orientações didáticas do livro *Origens: o Universo, a Terra e a vida*.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
movida por esses instrumentos. Para que um satélite entre em órbita, ele deve ser lançado com velocidade específica e deve alcançar uma certa altura mínima (cerca de 36 000 km). O debate sobre essas especificações	<b>Erro 44</b> , 36.000 km é a altura para a órbita geoestacionária. Portanto, não é a altura mínima, e sim a altura máxima. A altura para satélites em órbita terrestre baixa é entre 200 e 300 km. A altura mínima é cerca de 120 km.

➤ Categoria: 2.11 Telescópios Espaciais

Livro: FTD, página 15 do livro *Origens e* página 223 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p><b>Estrutura do Universo</b></p> <p>O desenvolvimento de tecnologias relacionadas às propriedades da luz, como o conhecimento sobre as radiações e a produção de telescópios cada vez mais potentes, permitiu grandes avanços no conhecimento sobre a estrutura do Universo.</p>	<p>- <b>Erro 45</b> no uso do adjetivo “potente” para os telescópios. Melhor seria, telescópios maiores ou telescópios mais sofisticados. A palavra “Potência” é atribuída ao conceito “Potência de magnificação” ou “aumento da imagem”, que são características atribuídas às oculares e às lentes dos telescópios. Os telescópios profissionais em terra ou os espaciais, que permitem grandes avanços no conhecimento sobre o Universo, não usam oculares e nem lentes, portanto, a palavra “potentes” não pode ser usada para eles.</p>
<p>Caso haja interesse dos estudantes, podem ser projetadas imagens do telescópio espacial Hubble, uma ferramenta muito poderosa para observação de galáxias, nebulosas e outros corpos celestes. Para tanto, é possível fazer uma busca no <i>link</i> indicado na seção <b>#FICA A DICA, Estudante!</b> ao final deste tema. Os astrônomos utilizam as imagens do telescópio para realizar as suas pesquisas sem que haja a interferência do clima.</p>	<p>- <b>Erro 46</b>, certamente os autores quiseram se referir à interferência da ATMOSFERA e não do “clima”. Os telescópios espaciais são vantajosos por se situarem fora da atmosfera terrestre.</p>

➤ Categoria: 2.11 Telescópios Espaciais

Livro: Moderna Lopes e Ross, página 143 Livro 1 *Água, Agricultura e Uso da Terra*.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
Assim, as imagens captadas pelo Hubble são muito superiores às captadas pelos telescópios terrestres. Para 2021, está previsto o lançamento do telescópio James Webb ( <b>Fig. 6.20 B</b> ), composto de lentes maiores e com recursos mais avançados, que substituirá o Hubble.	<b>Erro 47</b> , os telescópios espaciais Hubble e James Web não utilizam lentes para coletar luz e sim espelhos.

### 4.3 Erros Conceituais: 3. Evolução Estelar

Neste tópico 3. Evolução Estelar houve 19 erros.

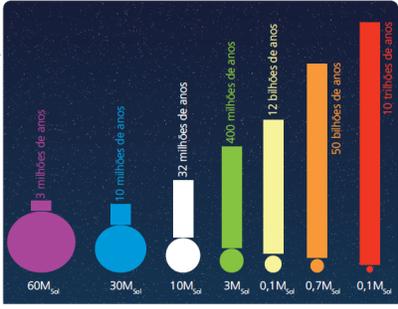
As categorias com mais erros foram: Evolução Estelar, com 10 erros e Anã Branca com quatro erros.

As quantidades de erros por livros didáticos são: Moderna Plus, com sete erros, Scipione, com cinco erros, SM, com cinco erros, Moderna Lopes e Rosso, com um erro e Moderna Conexões, com um erro. Os livros Moderna Diálogo e FTD não tiveram erros nesse tópico.

As informações conceituais erradas são associadas à Evolução Estelar. Há ilustrações fora de escala de distância (não informadas).

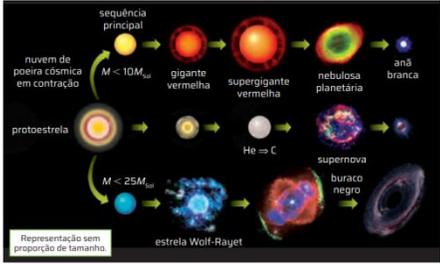
➤ Categoria: 3.1 Evolução das estrelas

Livro: Scipione, páginas 97 e 99 do livro Origens: o Universo, a Terra e a vida.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 4 erros
 <p># Figura 2.67 – Representação do tempo de vida das estrelas em relação à sua massa.</p>	<p>- <b>Erro 48</b>, na massa estelar na coluna amarela, referente ao tempo de vida de 12 bilhões de anos para uma estrela. Não é <math>0,1M_{\text{Sol}}</math> e o correto seria <math>1,0M_{\text{Sol}}</math>.</p>
<p>O diagrama HR foi usado para uma classificação geral das estrelas nas proximidades do Sol. Esta serviu de referência para que fossem construídos modelos de evolução das estrelas. A luminosidade está representada no eixo vertical e, a temperatura, no horizontal. A luminosidade (ou magnitude absoluta) para estrelas de distâncias conhecidas pode ser encontrada por meio da magnitude aparente, e a temperatura superficial de uma estrela pode ser obtida com base em sua cor ou seu tipo espectral.</p> <p>Depois de atingir a sequência principal, a vida da estrela segue caminhos diferentes dependendo de sua massa. Estrelas menores, como o Sol, transformam-se em gigantes vermelhas, depois em uma nebulosa planetária e, por fim, em uma anã branca. O ciclo de vida do Sol tem duração de 14 bilhões de anos, já tendo passado de 4 a 5 bilhões de anos.</p>	<p>- <b>Erro 49</b>, os conceitos de Luminosidade e de Magnitude Absoluta são distintos.</p> <p>- <b>Erro 50</b>, a Luminosidade não pode ser obtida (na prática) pela Magnitude aparente.</p> <p>- <b>Erro 51</b>, o ciclo de vida previsto para o Sol é entre 10 e 12 bilhões anos e não 14 bilhões de anos.</p>

- Categorias: 3.1 Evolução das estrelas; 3.4 Nebulosa Planetária; 3.7 Estrela de Nêutrons/Pulsares

Livro: SM, página 70.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
 <p>Modelo resumido da evolução de uma estrela, no qual temos:  <math>M</math>: massa da estrela;  <math>M_{\text{Sol}}</math>: massa do Sol;      He: hélio;      C: carbono;      protoestrela: estrela em nascimento;      estrela Wolf-Rayet: estrela oriunda da evolução de estrelas de alta massa (acima de <math>25 M_{\text{Sol}}</math>), com envoltório de poeira e gás ejetado da estrela por forte pressão de radiação.      estrela de nêutrons: estrela cuja massa é 70 vezes superior à do Sol      Cores-fantasia.      Representação sem proporção de tamanho.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Erro 52</b>, imagem errada da nebulosa representada entre a estrela Wolf-Rayet e o buraco negro. Esta é a Nebulosa Olho de Gato (<i>Cat's Eye</i>), que é uma nebulosa planetária, portanto devia ser colocada na primeira linha do diagrama.</li> <li>- <b>Erro 53</b>, ao se escrever <math>M &lt; 25M_{\text{Sol}}</math>, pois o correto seria escrever <math>M &gt; 25M_{\text{Sol}}</math>.</li> <li>- <b>Erro 54</b>, não há indicação do nome “estrela de nêutrons” no diagrama. Na legenda, atribui-se massa 70 vezes superior à do Sol. Não está claro se esta é a massa da estrela de nêutrons (impossível) ou se a estrela de neutros é oriunda de uma estrela com 70 massas solares. Um núcleo estelar (residual) com massa a partir de 10 massas solares colapsaria em um buraco negro. Portanto, não se prevê na teoria estrelas de nêutrons com massa 70 vezes superior à do Sol. Esse é um erro que “salta aos olhos” de professores e de estudantes, pois a estrela de nêutrons está colocada no diagrama entre 10 e 25 massas solares.</li> </ul>

- Categorias: 3.1 Evolução das estrelas.

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 33 do livro 3 Evolução e Universo.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>A <b>Figura 3.4</b> mostra a cor de estrelas com diferentes temperaturas. Estrelas vermelhas são mais frias, como Antares, que tem cerca de 2.500 K de temperatura superficial. Já o Sol tem cerca de 5.800 K e apresenta a cor branca (como se constata por fotos feitas do espaço), apesar de ser visto como amarelo, alaranjado ou avermelhado no céu terrestre quando está próximo ao horizonte, o que se deve à dispersão dos raios na atmosfera. As estrelas azuis têm superfície mais quente ainda; as Três Marias, por exemplo, têm cerca de 30.000 K de temperatura superficial.</p>  <p><b>Figura 3.3</b> Conforme a temperatura da barra de ela se torna alaranjada.</p>	<p><b>Erro 55</b>, a cor da radiação emitida pelo Sol é amarela ou branca amarelada. O Sol é uma estrela anã amarela e a temperatura superficial de 5.800 K está associada à cor amarela. Para que a superfície do Sol emitisse radiação na cor branca, ela teria que atingir temperaturas superiores a 10.000 K. Não é a dispersão dos raios luminosos na atmosfera que lhe confere a cor amarela, apesar de que isso vale para os tons vermelhos e laranjas, quando próximo ao horizonte.</p>

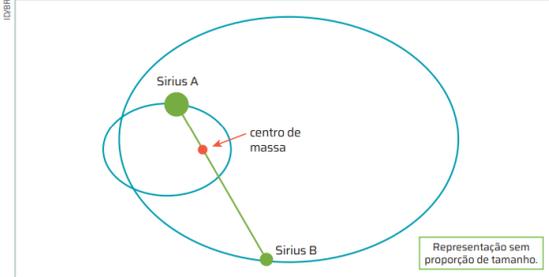
➤ Categorias: 3.1 Evolução das estrelas; 3.4 Nebulosa Planetária; 3.5 Anã Branca.

Livro: Moderna Plus ,páginas 146, 147, 151 do livro 6 Universo e Evolução e página 85 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 7 erros																																																													
<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; font-size: small;"> <tr> <td><b>Classe O</b> (Azul ou violeta)</td> <td><b>Classe B</b> (Azul)</td> <td><b>Classe A</b> (Branca ou levemente azul)</td> <td><b>Classe F</b> (Branca ou amarela)</td> <td><b>Classe G</b> (Amarela)</td> <td><b>Classe K</b> (Laranja)</td> <td><b>Classe M</b> (Laranja ou vermelha)</td> </tr> <tr> <td>30.000-50.000 K</td> <td>11.000-30.000 K</td> <td>7.500-11.000 K</td> <td>5.900-7.500 K</td> <td>5.200-5.900 K</td> <td>3.900-5.200 K</td> <td>2.500-3.900 K</td> </tr> <tr> <td>Exemplos: Naos, Mintaka.</td> <td>Exemplos: Espiga, Rigel.</td> <td>Exemplos: Sítio, Vega.</td> <td>Exemplos: Canopeia, Prócion.</td> <td>Exemplos: Sol, Capella.</td> <td>Exemplos: Arcturo, Aldebarã.</td> <td>Exemplos: Antares, Betelgeuse.</td> </tr> </table> <p style="font-size: x-small; text-align: center;"> <b>Figura 9</b> Classes espectrais de estrelas. O texto junto de cada ilustração menciona a cor predominante da classe espectral, a faixa de temperatura da superfície estelar e exemplos de estrelas da classe. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas).                  Fonte consultada: COMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. <i>Discovering the Universe</i>. 8. ed. Nova York: Freeman, 2008.             </p> <p><b>TABELA 11-1</b> A sequência espectral</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Classe espectral</th> <th>Cor</th> <th>Temperatura (K)</th> <th>Linhas espectrais</th> <th>Exemplos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O</td> <td>Azul-Violeta</td> <td>30.000-50.000</td> <td>Átomos ionizados, especialmente hélio</td> <td>Naos (ε Puppis), Mintaka (δ Orionis)</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Branca-Azul</td> <td>11.000-30.000</td> <td>Hélio neutro, algumas de hidrogênio</td> <td>Spica (α Virginis), Rigel (β Orionis)</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Branca</td> <td>7.500-11.000</td> <td>Hidrogênio forte, algumas de metais ionizados</td> <td>Sírtis (α Canis Majoris), Vega (α Lyrae)</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>Amarela-Branca</td> <td>5.900-7.500</td> <td>Hidrogênio e metais ionizados, tais como cálcio e ferro</td> <td>Canopus (α Carinae), Prócion (α Canis Minoris)</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>Amarela</td> <td>5.200-5.900</td> <td>Ambos, metais neutros e ionizados, especialmente cálcio ionizado</td> <td>Sol, Capella (α Aurigae)</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>Laranja</td> <td>3.900-5.200</td> <td>Metais neutros</td> <td>Arcturus (α Bootis), Aldebaran (α Tauri)</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>Vermelha-Laranja</td> <td>2.500-3.900</td> <td>Óxido de titânio forte e algumas de cálcio neutro</td> <td>Antares (α Scorpii), Betelgeuse (α Orionis)</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Classe O</b> (Azul ou violeta)	<b>Classe B</b> (Azul)	<b>Classe A</b> (Branca ou levemente azul)	<b>Classe F</b> (Branca ou amarela)	<b>Classe G</b> (Amarela)	<b>Classe K</b> (Laranja)	<b>Classe M</b> (Laranja ou vermelha)	30.000-50.000 K	11.000-30.000 K	7.500-11.000 K	5.900-7.500 K	5.200-5.900 K	3.900-5.200 K	2.500-3.900 K	Exemplos: Naos, Mintaka.	Exemplos: Espiga, Rigel.	Exemplos: Sítio, Vega.	Exemplos: Canopeia, Prócion.	Exemplos: Sol, Capella.	Exemplos: Arcturo, Aldebarã.	Exemplos: Antares, Betelgeuse.	Classe espectral	Cor	Temperatura (K)	Linhas espectrais	Exemplos	O	Azul-Violeta	30.000-50.000	Átomos ionizados, especialmente hélio	Naos (ε Puppis), Mintaka (δ Orionis)	B	Branca-Azul	11.000-30.000	Hélio neutro, algumas de hidrogênio	Spica (α Virginis), Rigel (β Orionis)	A	Branca	7.500-11.000	Hidrogênio forte, algumas de metais ionizados	Sírtis (α Canis Majoris), Vega (α Lyrae)	F	Amarela-Branca	5.900-7.500	Hidrogênio e metais ionizados, tais como cálcio e ferro	Canopus (α Carinae), Prócion (α Canis Minoris)	G	Amarela	5.200-5.900	Ambos, metais neutros e ionizados, especialmente cálcio ionizado	Sol, Capella (α Aurigae)	K	Laranja	3.900-5.200	Metais neutros	Arcturus (α Bootis), Aldebaran (α Tauri)	M	Vermelha-Laranja	2.500-3.900	Óxido de titânio forte e algumas de cálcio neutro	Antares (α Scorpii), Betelgeuse (α Orionis)	<p>- <b>Erro 56</b>, na Figura 9, conforme se pode comparar com a fonte original na tabela (11-1 A sequência espectral) abaixo (Comins&amp; Kaufmann, 2008), de onde as informações foram extraídas e ALTERADAS. Erros nos nomes das cores das estrelas nas classes. Classe O, Azul-Violeta e não AZUL OU VIOLETA. Classe B, Branca-Azul e não AZUL. Classe F, Amarela-Branca e não BRANCA OU AMARELA. Classe M, Vermelha-Laranja e não LARANJA OU VERMELHA.</p> <p>- <b>Erro 57</b>, nas cores representadas na Figura 9. Classe A não é Azul clara e sim Branca levemente azul. Classe F não é Branca e sim Amarela-Branca (amarela clara).</p> <p>- <b>Erro 58</b>, na Figura 9, no nome da estrela exemplificada na Classe F, Canopus, escrita como CANOPEIA.</p>
<b>Classe O</b> (Azul ou violeta)	<b>Classe B</b> (Azul)	<b>Classe A</b> (Branca ou levemente azul)	<b>Classe F</b> (Branca ou amarela)	<b>Classe G</b> (Amarela)	<b>Classe K</b> (Laranja)	<b>Classe M</b> (Laranja ou vermelha)																																																								
30.000-50.000 K	11.000-30.000 K	7.500-11.000 K	5.900-7.500 K	5.200-5.900 K	3.900-5.200 K	2.500-3.900 K																																																								
Exemplos: Naos, Mintaka.	Exemplos: Espiga, Rigel.	Exemplos: Sítio, Vega.	Exemplos: Canopeia, Prócion.	Exemplos: Sol, Capella.	Exemplos: Arcturo, Aldebarã.	Exemplos: Antares, Betelgeuse.																																																								
Classe espectral	Cor	Temperatura (K)	Linhas espectrais	Exemplos																																																										
O	Azul-Violeta	30.000-50.000	Átomos ionizados, especialmente hélio	Naos (ε Puppis), Mintaka (δ Orionis)																																																										
B	Branca-Azul	11.000-30.000	Hélio neutro, algumas de hidrogênio	Spica (α Virginis), Rigel (β Orionis)																																																										
A	Branca	7.500-11.000	Hidrogênio forte, algumas de metais ionizados	Sírtis (α Canis Majoris), Vega (α Lyrae)																																																										
F	Amarela-Branca	5.900-7.500	Hidrogênio e metais ionizados, tais como cálcio e ferro	Canopus (α Carinae), Prócion (α Canis Minoris)																																																										
G	Amarela	5.200-5.900	Ambos, metais neutros e ionizados, especialmente cálcio ionizado	Sol, Capella (α Aurigae)																																																										
K	Laranja	3.900-5.200	Metais neutros	Arcturus (α Bootis), Aldebaran (α Tauri)																																																										
M	Vermelha-Laranja	2.500-3.900	Óxido de titânio forte e algumas de cálcio neutro	Antares (α Scorpii), Betelgeuse (α Orionis)																																																										
<p>mo necessário para que a fusão nuclear se inicie e se mantenha. Caso a massa seja inferior a esse mínimo necessário, a temperatura não subirá suficientemente para sustentar a fusão nuclear e o corpo celeste formado, nesse caso, é denominado <b>anã marrom</b>. Se, por outro lado, a massa inicial for muito grande, superior a 100 vezes a massa do Sol, a temperatura no núcleo subirá tanto que a fusão nuclear ocorrerá com enorme rapidez, a ponto de a energia liberada provocar a violenta explosão da esfera de gás, espalhando seus constituintes pelo espaço, não havendo formação da estrela. Assim, para que uma protoestrela se transforme em uma estrela, sua massa deve estar aproximadamente entre 0,08 e 100 vezes a massa solar.</p>	<p>- <b>Erro 59</b>, protoestrelas com massas superiores a 100 vezes (talvez entre 200 e 300) a massa do Sol, podem (teoricamente) ejetar camadas de gases, e jamais fragmentar a estrela recém-nascida. Porém o núcleo permanece e poderá (teoricamente) formar uma estrela, ou ainda, se a densidade for muito elevada, o núcleo poderá (teoricamente) colapsar e formar um buraco negro.</p>																																																													
<p>Voltemos ao caso do Sol. Após cerca de 1 bilhão de anos como gigante vermelha (há controvérsias sobre esse tempo), quando processos de fusão nuclear não mais ocorrerem, a atração gravitacional prevalecerá e provocará sua violenta contração. Nessa contração, o interior se aquecerá ainda mais (pela conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica) e a estrela explodirá, lançando parte de seu material no espaço, restando um corpo celeste muito compacto. O material ejetado constitui uma nuvem de gás e poeira chamada <b>nébula planetária</b>.</p>	<p>- Erros, as origens das nebulosas planetárias (60) e das anãs brancas(61) não se dão pela explosão de gigantes vermelhas.</p>																																																													
<p><b>8. Formação de elementos por outros processos</b></p> <p>Explique, como exposto no Livro do Estudante, que, nos estágios finais de sua evolução, algumas estrelas se transformam em gigantes vermelhas e, posteriormente, explodem e originam anãs brancas. Outras, mais massivas, estão fadadas à transformação em supergigantes e, posteriormente, a explodirem como supernovas.</p>	<p>- <b>Erro 62</b>, tal como o erro 61, a origem das anãs brancas não se dá pela explosão de gigantes vermelhas.</p>																																																													

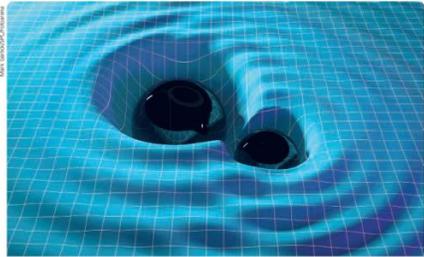
➤ Categoria: 3.5 Anã Branca.

Livro: SM,página 69.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
 <p>O sistema binário Sirius é composto de duas anãs brancas, Sirius A e Sirius B, e está localizado na constelação do Cão Maior. Cores-fantasia.</p> <p>Representação sem proporção de tamanho.</p>	<p>- <b>Erro 63</b>, de classificação da estrela Sirius A. Esta estrela não é anã branca. Somente a Sirius B é anã branca.</p> <p>- <b>Erro 64</b>, representação sem escala de distâncias. Informado que não há representação de tamanho (volume).</p>

➤ Categoria: 3.8 Buracos Negros.

Livro: Scipione,página 95 do livro Origens: o Universo, a Terra e a vida.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
 <p># Figura 2.63 – Representação da simulação computacional de ondas gravitacionais originadas da fusão de dois buracos negros.</p>	<p><b>Erro 65</b>, na imagem original do autor Mark Garlick <i>SCIENCE PHOTO LIBRARY</i> - Getty Images, extraída da internet (<a href="https://www.yahoo.com/entertainment/gravitational-waves-could-us-glimpse-200200519.html">https://www.yahoo.com/entertainment/gravitational-waves-could-us-glimpse-200200519.html</a>).</p> <p>Buracos negros não podem refletir em suas superfícies, as imagens do espaço-tempo encurvado ou a imagem de qualquer objeto luminoso ou iluminado.</p>

➤ Categoria: 3.8 Buracos Negros.

Livro: Moderna Conexões,página 90.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
 <p>Imagem de buraco negro obtida pelo Observatório Espacial Hubble, em 2015. Cores fantasia.</p>	<p><b>Erro 66</b>, esta não é uma imagem de buraco negro. Buracos negros não podem ser vistos diretamente, somente são visíveis os materiais luminosos ao redor dos buracos negros. A imagem é da galáxia Arp 220, que é produto da colisão de duas galáxias. O núcleo da Arp 220 é muito ativo, assim é possível que haja um buraco negro no centro desta imagem, cuja atividade central é identificada pelos dois jatos horizontais, que lançam rapidamente gases aquecidos para fora do disco galáctico, a partir do horizonte de eventos do buraco negro.</p>

#### 4.4 Erros Conceituais: 4. Origem dos Elementos Químicos

Neste tópico, 4. Origem dos Elementos Químicos, houve dois erros e que foram da FTD.

Os livros Moderna Lopes e Rosso, Moderna Plus, Moderna Conexões, Moderna Diálogo, Scipione e SM não tiveram erros nesse tópico.

➤ Categoria: 4.3 Origem dos Elementos Químicos

Livro: FTD, página 21 do livro Origens.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
Nos primeiros segundos após o <i>Big Bang</i> , o Universo era formado por energia eletromagnética (fótons), elétrons, prótons e nêutrons. Após 15 minutos, conforme o Universo esfriava e expandia, prótons se chocavam com elétrons e nêutrons formando átomos de hidrogênio. Por	- <b>Erro 67</b> , está na afirmação de que se formaram átomos (completos) de hidrogênio a partir de choques de prótons com elétrons e com nêutrons nos primeiros segundos após o <i>Big Bang</i> . Passaram-se 3 minutos para se formar os núcleos atômicos de hidrogênio, hélio, deutério e lítio. - <b>Erro 68</b> , na afirmação “15 minutos” para se ter formado átomos de hidrogênio, que foram formados somente após cerca de 380 mil anos.

#### 4.5 Erros Conceituais: 5. Sistema Solar: Origem e estrutura

Neste tópico, 5. Sistema Solar: Origem e estrutura, houve 24 erros.

As categorias com mais erros foram: Sistema Solar com doze erros, Planetas Anões, com três erros e Satélites Naturais, com três erros.

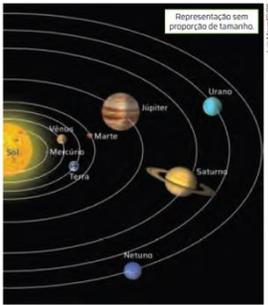
As quantidades de erros por livros didáticos são: Moderna Diálogo, com oito erros, SM, com sete erros, FTD, com quatro erros, Moderna Lopes e Rosso, com três erros, Moderna Plus, com dois erros. O livro Moderna Conexões não teve erro nesse tópico.

O livro da Scipione não trata da categoria Sistema Solar: Origem e estrutura, portanto não cumpre parcialmente a Habilidade EM13CNT209 da BNCC.

Em resumo há erros sobre definição de planetas anões, meteoroides, meteoros e meteoritos. Diferenças e características entre Cinturão de Asteroides e Cinturão de Kuiper. Há ilustrações fora de escala de distância e de tamanho (não informadas). Representações erradas de faces iluminadas ou escuras de planetas. Erros de informações de fatos históricos. Desatualização de nomes de planetas anões. Representações erradas de astros que deviam ser desenhados a partir da visão polar, porém foram representados a partir da visão equatorial.

➤ Categoria: 5.1 Sistema Solar

Livro: SM, páginas 26 e 31, páginas 196 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 3 erros
<p>Representação sem proporção de tamanho.</p>  <p>Entre os planetas do Sistema Solar, a Terra realiza um movimento periódico ao redor do Sol, cuja trajetória é, aproximadamente, uma circunferência.</p>	<p>- <b>Erro 69</b>, representação de astros do Sistema Solar sem escala de distâncias. Informado que não há representação de tamanho (volume).</p>
<p>6 O movimento de translação dos planetas ao redor do Sol é periódico.</p> <p>Representação sem proporção de tamanho.</p>  <p>Representação artística do Sol e dos oito planetas do Sistema Solar. Cores-fantasia.</p>	<p>- <b>Erro 70</b>, igual ao erro 69, representação de astros do Sistema Solar sem escala de distâncias. Informado que não há representação de tamanho (volume).</p>
<p>5. Durante vinte anos, Tycho Brahe observou e catalogou centenas de planetas e Kepler testou cerca de 70 órbitas circulares tentando provar a teoria de Brahe, mas sem sucesso.</p>	<p>- <b>Erro 71</b>, na afirmação de que Tycho Brahe observou e catalogou centenas de planetas. Ele observou os 5 planetas visíveis a olho nu: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno.</p>

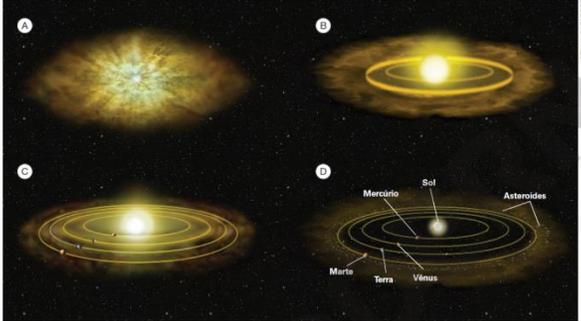
➤ Categoria: 5.1 Sistema Solar

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 38 do livro 3 Evolução e Universo.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>Indo mais além, entre 30.000 ua e 100.000 ua, há uma região preenchida por um gigantesco reservatório de cometas que levam centenas de milhares de anos para completar sua órbita em torno do Sol. Essa região é chamada de nuvem de Oort. O Sistema solar acaba nos limites externos da nuvem de Oort, no momento em que a radiação solar perde sua intensidade, se difunde e se mistura com o espaço entre as estrelas.</p>	<p>- <b>Erro 72</b>, não há limite definido para determinar onde termina o Sistema Solar. Há consenso de que a Nuvem de Oort estabelece o limite gravitacional, ou seja, até onde a gravidade do Sol mantém pequenos astros em órbita. O erro está em afirmar que: “(...) a radiação solar perde sua intensidade, se difunde e se mistura com o espaço entre as estrelas”. A “radiação solar”, que é luz, continua viajando pelo espaço, e o Sol pode ser visto individualmente a partir de distâncias de centenas de anos-luz, mesmo que com menor intensidade.</p>

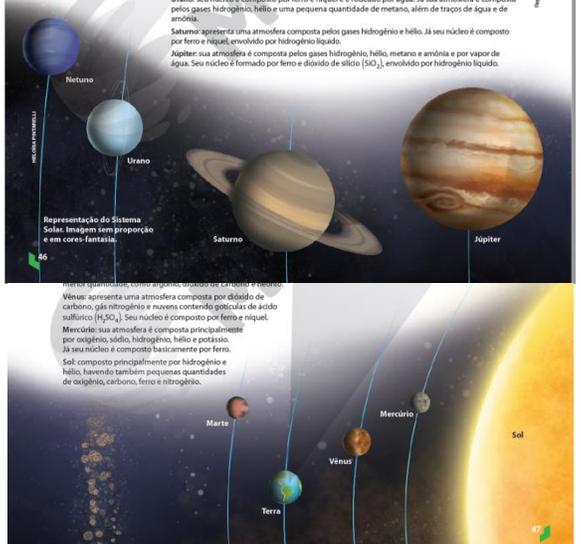
➤ Categoria: 5.1 Sistema Solar

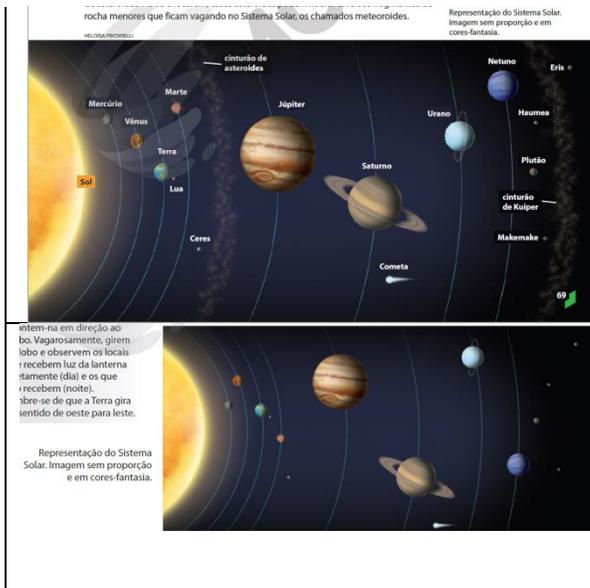
Livro: Moderna Plus, páginas 15 e 143 do livro 6 Universo e Evolução.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
 <p><b>Figura 1</b> Conceção artística da formação do Sistema Solar. (A) Nebulosa primordial. (B) Condensação da matéria na região central originando o Sol, com um disco de matéria girando ao redor. (C) Condensações em pontos isolados do disco periférico teriam originado os demais corpos do Sistema Solar. (D) Parte mais interna do Sistema Solar, com o Sol, os planetas mais próximos e o cinturão de asteroides orbitando ao redor. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas).</p> <p>Fonte: adaptada de TREFIL, J.; HAZEN, R. <i>The sciences: an integrated approach</i>. 6. ed. New Jersey: John Wiley &amp; Sons, 2010.</p>	<p>- <b>Erro 73</b>, na Figura 1 “C” e “D”. Os 4 discos ou volumes dos planetas ilustrados em “C” e em “D” recebem luz do Sol, no entanto, somente o disco de Vênus está representado com a face iluminada voltada para o Sol (dia) e a face contrária escura (noite). Os discos de Mercúrio, Terra e Marte, ao contrário, estão concebidos com a face iluminada contrária ao Sol (noite) e a face escura voltada para o Sol (dia).</p>
<p>Diversos corpos celestes orbitam o Sol, como planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno), planetas-anões (Ceres, Plutão, Makemake, Éris), satélites naturais de planetas-anões e de planetas (a Lua, por exemplo), asteroides (corpos rochosos menores que planetas-anões) e cometas. O Sol e todos esses corpos celestes que o orbitam constituem o Sistema Solar.</p>	<p>- <b>Erro 74</b>, faltou mencionar o planeta anão Haumea. Os nomes de todos os planetas anões e dos planetas foram mencionados, portanto isso caracteriza desatualização ou desconhecimento sobre a quantidade e os nomes de todos eles.</p>

➤ Categoria: 5.1 Sistema Solar

Livro: Moderna Diálogo, páginas 46, 47, 69 e 90 do livro 1 O Universo da ciência e a ciência do Universo.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 5 erros
 <p><b>Urano:</b> seu núcleo é composto por ferro e níquel e é rodeado por água. Já sua atmosfera é composta pelos gases hidrogênio, hélio e uma pequena quantidade de metano, além de traços de água e de amônia.</p> <p><b>Saturno:</b> apresenta uma atmosfera composta pelos gases hidrogênio e hélio. Já seu núcleo é composto por ferro e níquel, envolvido por hidrogênio líquido.</p> <p><b>Júpiter:</b> sua atmosfera é composta pelos gases hidrogênio, hélio, metano e amônia e por vapor de água. Seu núcleo é formado por ferro e dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), envolvido por hidrogênio líquido.</p> <p><b>Vênus:</b> apresenta uma atmosfera composta por dióxido de carbono, gás nitrogênio e nuvens contendo gotículas de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Seu núcleo é composto por ferro e níquel.</p> <p><b>Mercúrio:</b> sua atmosfera é composta principalmente por oxigênio, sódio, hidrogênio, hélio e potássio.</p> <p>Já seu núcleo é composto basicamente por ferro.</p> <p><b>Sol:</b> composto principalmente por hidrogênio e hélio, havendo também pequenas quantidades de oxigênio, carbono, ferro e nitrogênio.</p>	<p>- <b>Erro 75</b> as trilhas das órbitas dos planetas foram desenhadas passando pelos polos Norte e Sul desses planetas (com exceção à Urano). Os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como eles seriam vistos a partir da visão polar, para que as órbitas deles fossem corretamente representadas.</p>



- **Erro 76**, repetição do erro 75 das páginas 46 e 47. As trilhas das órbitas dos planetas passam pelos polos Norte e Sul dos planetas (com exceção à Urano). Os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como eles seriam vistos a partir da visão polar, para que as órbitas estivessem corretas.

- **Erro 77**, não estão representadas as trilhas das órbitas dos planetas anões Ceres, Plutão, Makemake, Haumea e Éris.

- **Erro 78**, repetições dos erros 75 e 76 das páginas 46, 47 e 69. As trilhas das órbitas dos planetas passam pelos polos Norte e Sul dos planetas (com exceção à Urano). Os discos ou volumes dos planetas deviam ser representados tal como eles seriam vistos a partir da visão polar, para que as órbitas estivessem corretas.

- **Erro 79**, repetição do erro 77 da página 69, não estão representadas as trilhas das órbitas dos planetas anões Ceres, Plutão, Makemake, Haumea e Éris.

➤ Categoria: 5.4 Planetas Anões

Livro: FTD,página 16 do livro Origens.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p><b>Planetas anões:</b> corpos celestes que, assim como os planetas, giram em torno do Sol e sua gravidade é suficiente para lhes dar forma aproximadamente esférica. No entanto, contrariamente aos planetas, cuja massa é dominante na sua órbita, não possui massa grande o suficiente para se qualificar como um grande planeta. Os planetas anões do Sistema Solar são Plutão, Ceres, Éris, Makemake e Haumea. Em 2019, um novo planeta anão aguardava confirmação, seu nome - Hígia.</p> 	<p><b>Erro 80</b>, na frase: “(...) não possui massa grande o suficiente para se qualificar como um grande planeta.” Não há limite de massa para diferenciar Planeta Anão e Planeta. O correto é que os Planetas Anões não são as maiores massas (dominantes) na órbita que eles fazem em torno da estrela, dentro dos cinturões de asteroides, de cometas e de meteoroides. Os Planetas Anões não têm massa suficiente para atrair os maiores corpos desses cinturões e “limpar” a órbita. Ceres está no Cinturão de Asteroides e os outros estão no Cinturão de Kuiper.</p>

➤ Categoria: 5.4 Planetas Anões

Livro: SM,página 214 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p><b>Os planetas do Sistema Solar</b> (página 99)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ao apresentar as categorias planetárias, se julgar oportuno, discuta com os alunos sobre o “rebaixamento” de Plutão, que, recentemente, deixou de ser considerado um planeta. Caso julgue pertinente, oriente os alunos a realizar a leitura do</li> </ul>	<p><b>Erro 81</b>, Plutão não deixou de ser “planeta”. Ele é classificado como “planeta anão”. Isso não significa “rebaixamento”, mas sim reclassificação, algo normal em Ciências Naturais. Tal conceito não envolve a massa ou o diâmetro do astro, mas sim se ele é ou não o maior astro na órbita, entre os milhares de cometas, asteroides e planetas anões da vizinhança, na qual ele está inserido. Essa é a classificação oficial da União Astronômica Internacional e de nada valem protestos isolados de cientistas, alegando que as</p>

<p>texto “Plutão deveria ser considerado planeta de novo, diz estudo”, indicado na seção <i>Texto complementar</i>, e a assistir ao vídeo “Por que Plutão não é mais considerado um planeta?”, sugerido na seção <i>Fontes complementares</i>, ambas neste capítulo. Sugerimos também a realização de uma atividade (debate ou fórum em sala de aula), na qual os alunos devem identificar os argumentos levantados pelos cientistas a favor e contra o “rebaixamento” de Plutão. Essa discussão permite trabalhar um dos relevantes aspectos das ciências: a provisoriedade do conhecimento científico.</p>	<p>atividades geológicas é que deviam estabelecer o critério. No entanto, em rigor esses aspectos podem ser aplicados a asteroides e a satélites naturais, e de nada ajudam para o conceito de planeta, que se modificou ao longo da história e continua sendo alterado e atualizado, tal como afirma o texto: a provisoriedade do conhecimento científico.</p>
--	---

➤ Categoria: 5.4 Planetas Anões

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 38 do livro 3 Evolução e Universo.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>Além da órbita de Netuno, entre 30 ua e 50 ua, existe um cinturão formado por corpos menores, chamado de cinturão de Kuiper. Ele é maior que o cinturão mais interno e é composto de milhões de corpos formados de rochas, gelo e gases congelados. É nele que está localizado o planeta-anão Plutão. Nesse cinturão, já foram detectadas dezenas de planetas-anões semelhantes a Plutão.</p>	<p><b>Erro 82</b>, não há confirmação de que foram detectadas dezenas de planetas-anões semelhantes a Plutão. O planeta-anão mais parecido com Plutão, em diâmetro, é Éris, os demais são menores que Plutão e que Éris. Há dezenas de astros candidatos a planetas-anões, no entanto, eles ainda não foram devidamente classificados nem como cometas, nem como asteroides e nem tão pouco como planetas-anões.</p>

➤ Categorias: 5.5 Satélites Naturais; 6.1 Astrobiologia/Exobiologia

Livro: Moderna Diálogo, página 135 e 131 do livro 1 O Universo da ciência e a ciência do Universo.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 4 erros
 <p>KEITH PUBLICOVER/SHUTTERSTOCK</p> <p><b>ASTROS (DIMENSÕES)</b> Planeta Terra: aproximadamente 12 756 km de diâmetro. Lua: aproximadamente 3 476 km de diâmetro.</p> <p>Terra e Lua vistas do espaço. Elementos da imagem fornecidos pela Nasa. Imagem sem proporção.</p>	<p>- <b>Erro 83</b> na legenda da imagem. Não são imagens reais tomadas ao mesmo tempo a partir do espaço. A Terra e a Lua deviam apresentar a mesma fase, se fossem vistas no espaço, no mesmo instante. A Terra está em fase de Cheia, com todo o disco iluminado e a Lua está na fase entre o Quarto Crescente a Cheia ou entre a Cheia e o Quarto Minguante, com uma parte do disco na sombra.</p>
<p><b>Titã</b> É uma das luas de Saturno. Estudos indicam que Titã abrigou vida, mas esse desenvolvimento foi interrompido. Titã possui todos os elementos para ser considerado um planeta semelhante à Terra, como moléculas orgânicas, água no estado líquido, atmosfera rica em nitrogênio, temperaturas adequadas e ocorrência de chuvas.</p>  <p>Imagem de Titã obtida pela sonda Cassini, Nasa.</p> <p>135</p>	<p>- <b>Erros 84 e 85</b>, na frase “(...) água no estado líquido (...) e ocorrência de chuva”, as duas afirmações são incorretas, pois não se constatou água líquida na superfície, o que é impossível, devido às baixas temperaturas, portanto há hipóteses de que haja água líquida abaixo da superfície, assim como a ocorrência de chuva, que se devia afirmar que é formada por hidrocarbonetos líquidos.</p> <p>- <b>Erro 86</b>, a frase “Titã abrigou vida, mas esse desenvolvimento foi interrompido”, é incorreta, pois não há evidência experimental de vida em Titã, apenas em hipótese.</p>

➤ Categoria: 5.6 Cinturão de Asteroides

Livro: FTD, página 16 do livro Origens e página 254 do Manual do Professor.

Erro conceitual	Críticas/correções dos 2 erros
<p><b>Cinturão de asteroides:</b> presente entre Marte e Júpiter, é formado por dezenas de milhares de asteroides. Outro cinturão, menor, está presente além da órbita de Netuno.</p> <p>2. O Sistema Solar é formado por uma estrela, o Sol, oito planetas, em ordem de distanciamento do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno), cinco planetas anões (Plutão, Ceres, Éris, Makemake e Haumea), mais de 200 luas, dois cinturões de asteroides, um maior entre Marte e Júpiter, e outro menor, após a órbita de Netuno, cometas e meteoroides.</p>	<p>- Erros 87 e 88 (repetido), o Cinturão de Kuiper, situado além da órbita de Netuno, estima-se que seja 20 vezes mais largo e entre 20 e 200 vezes mais massivo que o Cinturão de Asteroides. Portanto, ele não pode ser chamado de “menor”, pois é muito “maior”.</p>

➤ Categoria: 5.7 Asteroides

Livro: Moderna Lopes e Rosso, página 87 do Manual do Professor do livro 2 Eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p>A questão foi retomada por Edmond Halley (1656-1742) no século XVIII e pelo médico e astrônomo Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (1758-1840) em 1826, quando passou a ser conhecida como paradoxo de Olbers. Olbers já havia descoberto os dois asteroides (planetas menores): Pallas, em 1802, e Vesta, em 1807.</p>	<p>- Erro 89, o nome do asteroide é VESTA e não VESPA. O erro está no texto da fonte original. O problema é que não houve revisão sobre o texto da fonte. Assim, a Editora Moderna errou junto com o autor original, conforme a citação consultada do livro, pela editora: <b>Fonte:</b> OLIVEIRA FILHO, K. S. O Universo. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>, v. 27, n. Especial: p. 698-722, dez. 2010. Disponível em: &lt;<a href="https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85289/000776296.pdf">https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85289/000776296.pdf</a>&gt;. Acesso em: 8 set. 2020.</p>

➤ Categoria: 5.8 Meteoroides

Livro: FTD, página 17 do livro Origens.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
 <p><b>Asteroides:</b> blocos de rocha que orbitam o Sol menores que um planeta.</p> <p><b>Meteoroides:</b> são rochas menores que os asteroides que vagam pelo Sistema Solar. Quando atingem a Terra, se incendiam na atmosfera e passam a ser chamados de meteoro, ou estrela cadente. Quando atingem o solo, recebem o nome de meteorito.</p>	<p>- Erro 90, ao representar meteoroides, a imagem mostra dois asteroides. Devia mostrar pequenos fragmentos de rochas ou poeira interplanetária.</p>

➤ Categoria: 5.9 Meteorito

Livro: SM, página 121.

Erro conceitual		Críticas/correções dos 2 erros																				
 <p>Fotos da superfície lunar com marcas da colisão de meteoros (à esquerda) e da pegada registrada na Lua pelo astronauta estadunidense Neil Armstrong (à direita) em 1969.</p>		<p>- <b>Erro 91</b>, as marcas de crateras na superfície lunar foram causadas por colisões de meteoroides, que são chamados por meteoritos ao tocarem a superfície de um astro. Meteoros são fenômenos atmosféricos e a Lua não possui atmosfera.</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome do astro</th> <th>Mercúrio</th> <th>Marte</th> <th>Titã</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Localização</td> <td>Planeta mais próximo do Sol.</td> <td>Quarto planeta mais próximo do Sol.</td> <td>Satélite do planeta Saturno, o sexto planeta mais próximo do Sol.</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>-180 °C à noite e 430 °C durante o dia.</td> <td>-125 °C nos polos e 25 °C na linha do Equador.</td> <td>-180 °C.</td> </tr> <tr> <td>Atmosfera</td> <td>Praticamente ausente.</td> <td>Presente. Contém pouco gás oxigênio e muito gás carbônico. Existem indícios de cristais de gelo e de outros gases, como nitrogênio.</td> <td>Presente. Contém gás nitrogênio e metano e é semelhante à atmosfera da Terra primitiva. O satélite recebe radiação ultravioleta.</td> </tr> <tr> <td>Superfície</td> <td>O planeta recebe o impacto de muitos meteoros e sua superfície é marcada por crateras.</td> <td>Apresenta vales, montanhas e vulcões extintos, além de calotas polares formadas por gelo. Recentemente, foi detectada a existência de água em estado líquido.</td> <td>A superfície está sujeita à erosão, a ventos e à atividade vulcânica. É provável que existam rios e lagos de metano líquido, que evapora e volta a se precipitar. Apresenta rochas e água no estado sólido.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte de pesquisa: Reis, M. (ed.). <i>Universo: the definitive visual guide</i>. London: Dorling Kindersley, 2005.</p>	Nome do astro	Mercúrio	Marte	Titã	Localização	Planeta mais próximo do Sol.	Quarto planeta mais próximo do Sol.	Satélite do planeta Saturno, o sexto planeta mais próximo do Sol.	Temperatura	-180 °C à noite e 430 °C durante o dia.	-125 °C nos polos e 25 °C na linha do Equador.	-180 °C.	Atmosfera	Praticamente ausente.	Presente. Contém pouco gás oxigênio e muito gás carbônico. Existem indícios de cristais de gelo e de outros gases, como nitrogênio.	Presente. Contém gás nitrogênio e metano e é semelhante à atmosfera da Terra primitiva. O satélite recebe radiação ultravioleta.	Superfície	O planeta recebe o impacto de muitos meteoros e sua superfície é marcada por crateras.	Apresenta vales, montanhas e vulcões extintos, além de calotas polares formadas por gelo. Recentemente, foi detectada a existência de água em estado líquido.	A superfície está sujeita à erosão, a ventos e à atividade vulcânica. É provável que existam rios e lagos de metano líquido, que evapora e volta a se precipitar. Apresenta rochas e água no estado sólido.	<p>- <b>Erro 92</b>, é o mesmo erro 91. Mercúrio recebe impactos de meteoritos (e não de meteoros). Meteoros são fenômenos atmosféricos e Mercúrio não possui atmosfera (praticamente ausente).</p>	
Nome do astro	Mercúrio	Marte	Titã																			
Localização	Planeta mais próximo do Sol.	Quarto planeta mais próximo do Sol.	Satélite do planeta Saturno, o sexto planeta mais próximo do Sol.																			
Temperatura	-180 °C à noite e 430 °C durante o dia.	-125 °C nos polos e 25 °C na linha do Equador.	-180 °C.																			
Atmosfera	Praticamente ausente.	Presente. Contém pouco gás oxigênio e muito gás carbônico. Existem indícios de cristais de gelo e de outros gases, como nitrogênio.	Presente. Contém gás nitrogênio e metano e é semelhante à atmosfera da Terra primitiva. O satélite recebe radiação ultravioleta.																			
Superfície	O planeta recebe o impacto de muitos meteoros e sua superfície é marcada por crateras.	Apresenta vales, montanhas e vulcões extintos, além de calotas polares formadas por gelo. Recentemente, foi detectada a existência de água em estado líquido.	A superfície está sujeita à erosão, a ventos e à atividade vulcânica. É provável que existam rios e lagos de metano líquido, que evapora e volta a se precipitar. Apresenta rochas e água no estado sólido.																			

#### 4.6 Erros Conceituais: 6. Exoplanetas e Astrobiologia

Neste tópico, 6. Exoplanetas e Astrobiologia houve apenas dois erros, nos livros da SM e Moderna Diálogo.

Os livros Scipione, FTD, Moderna Lopes e Rosso e Moderna Plus não tiveram erros nesse tópico.

O livro Moderna Conexões não trata da categoria Exoplanetas e Astrobiologia, portanto não cumpre parcialmente a Habilidade EM13CNT209 da BNCC.

➤ Categoria: 6.1 Astrobiologia/Exobiologia

Livro: SM, página 121.

Erro conceitual	Crítica/correção do erro
<p><b>ASTROBIOLOGIA</b></p> <p>A astrobiologia, um ramo relativamente novo da Biologia, estuda cientificamente a possibilidade da existência e da manutenção de vida fora da Terra. Ao contrário da ufologia, a astrobiologia é considerada uma ciência e utiliza diversos métodos criteriosos de investigação, como a análise de radiações emitidas por astros distantes e o estudo de cometas, de fragmentos de meteoritos e de amostras de rochas coletadas por sondas espaciais. Nesta atividade, você e os colegas vão analisar a possibilidade da presença de vida fora da Terra, atuando como astrobiólogos.</p>	<p>- <b>Erro 93</b>, a Astrobiologia é uma ciência multidisciplinar, não é um ramo, e muito menos um ramo novo, da Biologia ou da Astronomia, mesmo considerando que o vínculo histórico inicial foi com a Astronomia.</p>

As maiores quantidades de erros conceituais dos livros didáticos publicados pelas editoras foram nas categorias: Sistema Solar com 12 erros, normalmente com ilustrações fora de escala de distâncias e de

tamanhos e informações conceituais e gerais ;Evolução Estelar com 10 erros gerais sobre conceitos; Heliocentrismo, com 7 erros, geralmente associados a representações do Sistema Solar a partir da visão polar, mas com os planetas desenhados como vistos a partir da visão equatorial e Constelação com 6 erros de representações e definições.

## 5 Conclusões

Os seis livros didáticos de Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, dentre os treze aprovados no PNLD 2021, Ensino Médio que continham temas de Astronomia e que, por isso, foram analisados neste trabalho, foram APROVADOS nessa avaliação independente e não oficial, obtendo a nota máxima (10,0), tendo em vista que não apresentaram nenhum erro conceitual de Astronomia nos projetos propostos.

Não obstante, todos os livros didáticos aprovados no PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias, também analisados neste estudo, por apresentarem quantidade de erros conceituais de Astronomia em valores superiores a 10,0% dos limites utilizados em todos os índices da avaliação, foram REPROVADOS nessa avaliação independente e não oficial.

Constatou-se, em cada um dos livros didáticos analisados, que as quantidades de erros variam entre 4 e 29 erros conceituais de Astronomia e totalizam 93 erros conceituais de Astronomia.

Como o Edital nº 3/2019 do PNLD 2021 informa no subitem 8.2.4 que a quantidade de falhas pontuais em número superior a 10,0% do total de páginas da obra configurará a reprovação, essa tolerância de 10,0% foi também empregada em todos os itens analisados, segundo o princípio do “benefício da dúvida” (*in dubio pro reo*) em favor das equipes editoriais e avaliativas do MEC – Secretaria de Educação Básica, mesmo sabendo que erros conceituais em Astronomia não são considerados falhas pontuais, tal com o especifica o item “a” do subitem 8.2.3 do referido edital.

Considerando que o livro da Scipione não trata da categoria Sistema Solar: Origem e estrutura e que o livro Moderna Conexões não trata da categoria Exoplanetas e Astrobiologia, constatou-se que ambos não cumprem parcialmente a Habilidade EM13CNT209 da BNCC, o que os torna incompletos. Ressalta-se, contudo, que o fato dessas categorias não terem sido abordadas, não constitui critério eliminatório.

Como os livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021, Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias produziram 93 erros conceituais, deveriam ter sido aplicados os critérios ELIMINATÓRIOS comuns aos livros didáticos definidos no Edital nº 3/2019, Anexo III, páginas 50, 53 e 54, itens 2.1, linha “d”, 2.1.4, 2.1.4.1, linhas “a”, “b” e “d”, que apontam a obrigatoriedade de haver conceitos corretos e atualizados, precisão conceitual, e de que os livros aprovados não contenham informações que podem induzir ao erro alunos e professores.

Além do mencionado acima, foi constatado ainda que as obras da SM, FTD, Scipione e Moderna Plus também seriam eliminadas pelo critério eliminatório definido na linha “e” do subitem 2.1, a saber, “Adequação e pertinência das orientações prestadas ao professor”.

Ressalta-se, por fim, que, seja por motivos de falta de cuidado técnico e pedagógico ao aprovar e/ou produzir textos e ilustrações com 93 erros conceituais, seja por ausência, intencional ou não, de revisão qualificada em Astronomia, não foram cumpridos o Artigo 206 da Constituição Federal, a Lei nº 13.005, de 2014, o Decreto nº 9.099 de 18 de julho de 2017, o próprio Edital nº 3/2019 e nem mesmo o Edital de Chamada Pública nº 25/2020.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, ao Planetário *Juan Bernardino Marques Barrio* e ao Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, por proporcionarem condições para que esta pesquisa de pós-doutorado fosse realizada, mesmo em período sem afastamento das atividades acadêmicas. Aos professores Victória Hévelyn Pires Fernandes, Daniel Bruno Vinhal dos Reis e Geordane Lourence Rocha Silva por empréstimos de exemplares de livros impressos ou viabilizar cópias digitais e caminhos para consegui-las.

## Referências

Bardin, L. (2010). *Análise de Conteúdo*. Lisboa, 4ª edição, Edições 70.

Brasil (1985). *Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985*. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Diário Oficial da União. Seção 1. 20/08/1985. p. 12178. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 13 de julho de 2022.

Brasil (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 13 de julho de 2022.

Brasil (2000). MEC-SEMT. *PCN+ Ensino Médio. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2022.

Brasil (2014). *Lei nº 13.005 de 25 de junho de 2014* - Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União – Seção 1 – Edição Extra, 26/06/2014, p. 1. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/113005.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113005.htm). Acesso em: 13 de julho de 2022.

Brasil (2017). *Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017*. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Diário Oficial da União – Seção 1 – 19/7/2017, p. 7. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2017/decreto-9099-18-julho-2017-785224-publicacaooriginal-153392-pe.html>. Acesso em: 15 de julho de 2022.

Brasil (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio*. Brasília. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 13 de julho de 2022.

Brasil (2019). FNDE. *Edital de convocação nº 3/2019*. CGPLI Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático PNLD 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais/edital-pnld->

2021/EDITAL\_PNLD\_2021\_CONSOLIDADO\_13\_RETIFICACAO\_07.04.2021.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2022.

Brasil (2020). MEC-SEEB. *Edital de Chamada Pública nº 25/2020*. Candidaturas de professores das redes públicas e privadas de ensino superior e da educação básica, interessados em realizar a etapa da avaliação pedagógica e disponibilização de obras didáticas, literárias e de recursos digitais, destinados aos estudantes, professores e gestores das escolas do ensino médio da educação básica pública, no âmbito do Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD 2021. Disponível em: [https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=530&pagina=40&data=21/05/2020&cap\\_tchafield=firstAccess](https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=530&pagina=40&data=21/05/2020&cap_tchafield=firstAccess). Acesso em: 16 de julho de 2022.

Brasil. MEC-SEEB/FNDE. *Guia Digital PNLD 2021 – Obras didáticas por áreas do conhecimento e específicas*. Ciências da Natureza e suas Tecnologias – PNLD 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/353351673\\_Guia\\_PNLD\\_2021\\_-\\_Ciencias\\_da\\_Natureza\\_e\\_suas\\_Tecnologias](https://www.researchgate.net/publication/353351673_Guia_PNLD_2021_-_Ciencias_da_Natureza_e_suas_Tecnologias). Acesso em: 20 de jul. de 2022.

Fiani, F. C.; Sousa, F. de; Langhi, R.; Silva, G. M. da (2014). A Astronomia e suas contribuições no ensino de Química. *III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Curitiba, PR, 21-24 out. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/iii-snea/atas/comunicacoes-em-paineis/cp49/>. Acesso em: 6 de outubro de 2015.

Lago, L. L.; Mattos, C. M. (2011). Apresentação das fases da Lua nos livros didáticos de Ciências e Física: Uma amostra dos últimos trinta anos. *I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Rio de Janeiro, RJ, 28-30 jul. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/i-snea/atas/comunicacoes-em-paineis/cp10/>. Acesso em 6 de outubro de 2013.

Leite, C.; Hosoume, Y. Astronomia nos livros didáticos de Ciências – Um panorama atual. In: *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2005, Rio de Janeiro, RJ. Anais - internet. São Paulo, SP: SBF, 2005. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0225-1.pdf>. Acesso em: 07 de abr. de 2017.

Ludke, M.; André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Monteiro, M. A.; Nardi, R. (2012). As observações astronômicas de Galileu nas abordagens dos livros didáticos de Física: Aspectos da Natureza da Ciência. *II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, São Paulo, SP, 24-27 jul. Disponível em: [https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012\\_TCO3.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012_TCO3.pdf). Acesso em: 12 de fevereiro de 2013.

Oliveira, P. H. P. (2015). *Leis de Kepler do movimento planetário nos livros didáticos de Física do Programa Nacional do Livro Didático de 2014: Um estudo à luz de aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos*. Feira de Santana/BA, 2015. 70 p. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/leis-de-kepler-do-movimento-planetario-nos-livros-didaticos-de-fisica-do-programa-nacional-do-livro-didatico-de-2014-um-estudo-a-luz-de-aspectos-conceituais-didatico-metodologicos-e-historicos>. Acesso em: 24 de março de 2016.

Prestes, P. M. de A.; Braga, A. O.; Barros, V. P.; Moreau, A. (2012). Conteúdos de Astronomia Nos Livros Didáticos: Uma Análise A Partir Dos PCN+. *II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, São Paulo, SP, 24-27 jul. Disponível em: [https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012\\_TCP5.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012_TCP5.pdf). Acesso em: 16 de agosto de 2014.

Rodrigues, M. de S.; Leite, C. (2012). “Astronomia Cultural” em livros didáticos de Física aprovados no PNLEM 2012. *II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, São Paulo, SP, 24-27 jul. Disponível em: [https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012\\_TCO17.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012_TCO17.pdf). Acesso em: 3 de abril de 2013.

Simões, C. C. (2009). *Elementos de Astronomia nos Livros Didáticos de Física*. Belo Horizonte: PUC-Minas, 2009. 144 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/elementos-de-astronomia-nos-livros-didaticos-de-fisica>. Acesso em: 12 de janeiro de 2010.

## O RENASCIMENTO ASSOMBRADO PELA SIMETRIA E PERFEIÇÃO: REFLEXÕES A PARTIR DA REVOLUÇÃO COPERNICANA

 *Johnnie Richard Pereira*<sup>1</sup>

 *Antônio Marcelo Martins Maciel*<sup>2</sup>

**Resumo:** Tudo é possível! É assim que Alexander Koyré procura sintetizar o conturbado, caótico e irregular período da renascença. Período em que o ocidente precisou se redescobrir. Há, neste cenário, uma curiosa oposição entre contemplação e técnica, ciência e misticismo, liberdade e censura. O processo de ruptura com o passado parece acontecer em um cenário assombrado por velhos fantasmas. Embora existisse uma certa insatisfação com o modelo aristotélico-ptolomaico, ele ainda era a base da astronomia renascentista, sendo que seus defensores procuravam propor alternativas que preservassem o modelo aristotélico-ptolomaico. Neste aspecto, muitos foram os ajustes feitos, contudo tanto a mecânica aristotélica quanto o modelo de cosmo ptolomaico começavam a despertar dúvidas e questionamentos. É nesse cenário sociocultural, político e científico que pretendemos investigar a importância do modelo copernicano de cosmo. Um modelo que vislumbra novas possibilidades de interpretar o cosmo, trazendo neste movimento de ruptura todo um arcabouço sociocultural circunscrito no período do renascimento. Portanto, investigamos como o desenvolvimento da ciência se dá neste meio, entre a ânsia de reinterpretar o cosmo e as amarras do passado.

**Palavras-chave:** Simetria; Perfeição; Revolução Copernicana; Astronomia.

## EL RENACIMIENTO ATORMENTADO POR LA SIMETRÍA Y LA PERFECCIÓN: REFLEXIONES DESDE LA REVOLUCIÓN COPERNICANA

**Resumen:** ¡Todo es posible! Es así como Alexander Koyré busca sintetizar el período convulso, caótico e irregular del renacimiento. Período en el que Occidente necesitaba redescubrirse a sí mismo. Hay, en este escenario, una curiosa oposición entre contemplación y técnica, ciencia y mística, libertad y censura. El proceso de ruptura con el pasado parece ocurrir en un escenario acechado por viejos fantasmas. Aunque hubo cierta insatisfacción con el modelo aristotélico-ptolemaico, seguía siendo la base de la astronomía renacentista, y sus defensores buscaron proponer alternativas que preservaran el modelo aristotélico-ptolemaico. En este aspecto se hicieron muchos ajustes, sin embargo, tanto la mecánica aristotélica como el modelo ptolemaico del cosmos empezaron a despertar dudas y cuestionamientos. Es en este escenario sociocultural, político y científico que pretendemos investigar la importancia del modelo copernicano del cosmos. Un modelo que vislumbra nuevas posibilidades de interpretación del cosmos,

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras/Departamento de Educação em Ciências Físicas e Matemática, Lavras-MG, Brasil. johnnie.richard13@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras/Departamento de Educação em Ciências Físicas e Matemática, Lavras-MG, Brasil. antoniom@ufla.br

trayendo en este movimiento de ruptura todo un entramado sociocultural circunscrito en el Renacimiento. Por ello, investigamos cómo se desarrolla el desarrollo de la ciencia en este entorno, entre la urgencia por reinterpretar el cosmos y las ataduras del pasado.

**Palabras clave:** Simetría; Perfección; Revolución Copernicana; Astronomía.

## **THE RENAISSANCE HAUNTED BY SYMMETRY AND PERFECTION: REFLECTIONS FROM THE COPERNICAN REVOLUTION**

**Abstract:** Everything is possible! This is how Alexander Koyré seeks to synthesize the troubled, chaotic and irregular period of the renaissance. Period when the West needed to rediscover itself. There is, in this scenario, a curious opposition between contemplation and technique, science and mysticism, freedom and censorship. The process of breaking with the past seems to happen in a scenario haunted by old ghosts. Although there was some dissatisfaction with the Aristotelian-Ptolemaic model, it was still the basis of Renaissance astronomy, and its defenders sought to propose alternatives that preserved the Aristotelian-Ptolemaic model. In this aspect, many adjustments were made, however, both Aristotelian mechanics and the Ptolemaic cosmos model began to arouse doubts and questions. It is in this sociocultural, political and scientific scenario that we intend to investigate the importance of the Copernican model of the cosmos. A model that envisions new possibilities for interpreting the cosmos, bringing in this movement of rupture an entire sociocultural framework circumscribed in the Renaissance period. Therefore, we investigate how the development of science takes place in this environment, between the urge to reinterpret the cosmos and the shackles of the past.

**Keywords:** Symmetric; Perfection; Copernican Revolution; Astronomy.

### **1 Introdução**

Chalmers (1993), em seu livro *O que é ciência afinal?*, propõe uma profunda reflexão sobre o conceito de ciência e de método científico, conduzindo os leitores a importantes indagações sobre diversos aspectos da natureza e do desenvolvimento da ciência. Desse modo, por exemplo, quando se afirma que a ciência é fruto de uma construção humana, temos diante de nós um argumento que não deve ser resumido, simplesmente, a considerar que ela é desenvolvida por homens e mulheres. Devemos reconhecer que a ciência se desenvolve em um contexto sociocultural e político, sofrendo influências de todo um arcabouço historicamente desenvolvido pela humanidade. Nessa perspectiva, discutir o desenvolvimento da ciência requer uma abordagem interdisciplinar, com forte presença da história, filosofia e sociologia atreladas ao conhecimento científico investigado.

O trabalho que apresentamos tem como proposta analisar e refletir sobre como a insatisfação com a astronomia (pautada pela tradição aristotélico-ptolomaica) conduz à Revolução Copernicana, de modo a verificar que essa insatisfação emerge de um contexto sociocultural pertencente ao período renascentista

(tendo seu início por volta do século XIV e se estendendo até meados do século XVII). No que tange à aspectos sobre o ensino de astronomia, reconhecemos que um dos grandes desafios desta área são as barreiras impostas pelo ensino tradicional. Tendo isto em vista, Moura (2014) apresenta, a partir de uma ampla revisão bibliográfica, o conceito de Natureza da Ciência, destacando que além de aprender Ciência, os(as) alunos(as) também precisam aprender sobre a Ciência. Em seguida, acreditando que há um consenso entre pesquisadores e acadêmicos da área, Moura (2014) destaca a necessidade e o desafio de como incorporar a Natureza da Ciência nas aulas de ciências, em particular nas aulas de física.

Uma das estratégias apontadas para enfrentar este desafio são as propostas de ensino de física fundamentadas na história e filosofia da ciência. Nesta perspectiva, optamos por concentrar nossos esforços em produzir um material que sirva de suporte para os(as) professores(as) e que dialoga com os seguintes aspectos presentes no artigo de Moura (2014): (1) *a ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais*, (2) *não existe um método científico universal*, (3) *a teoria não é consequência da observação/experimento e vice-versa*, (4) *a ciência é influenciada pelo contexto social, cultural, político, etc.*, e (5) *os cientistas utilizam imaginação, crenças pessoais, influências externas, entre outros para fazer Ciência*.

Portanto, o nosso objetivo é evidenciar o potencial de ensino que o debate sobre o simbolismo do renascimento, com enfoque na revolução copernicana, possui um grande potencial para fomentar aulas que versem sobre a história e filosofia da ciência dentro do ensino de astronomia, tanto no que tange ao despertar de uma curiosidade, interesse e criatividade científica, quanto em um ganho de significados na construção dos fundamentos da chamada Física Clássica. Com efeito, nossa proposta é refletir sobre a simbologia desse *renascer*, procurando realçar aspectos do desenvolvimento da ciência que indicam não apenas uma reconstrução da astronomia (e da ciência, de um modo geral), mas também de uma sociedade que passava por um colapso (isto é, uma transição do sistema feudal para um novo tipo de organização social) e precisava se reestruturar. Paralelo a isso, temos também a intenção de mapear as possíveis influências da astronomia pitagórica na obra de Copérnico, indicando que o movimento de ruptura com a tradição grega também parece preservar certos ideais pitagóricos.

## 2 Uma possível releitura da simbologia do renascer

O que significa renascer? Segundo o dicionário de conceitos históricos (Silva & Silva, 2005) existem diferentes maneiras de interpretar a simbologia do período renascentista. O que difere essas vias de entendimentos são as chaves de leituras utilizadas para compreender as diversas particularidades desse período histórico. Um exemplo, segundo Silva e Silva (2005), é a interpretação de que o período renascentista foi um momento de ruptura com a Idade Média. Neste aspecto, passa a ser possível contrastar não só uma ruptura intelectual, mas também evidenciar a revitalização da vida urbana europeia, a crise do feudalismo frente ao surgimento do Capitalismo Ocidental, dentre outros aspectos que indicam um possível colapso social, cultural e político (Silva & Silva, 2005). Em resumo, essa via de entendimento nos permite fazer uma releitura do Renascimento conectando algumas camadas de insatisfação intelectual e científica, proporcionada por diversos personagens e questionamentos da época, com uma complexa e densa manifestação sociocultural. No entanto, para avançar em nossa análise precisamos compreender melhor sobre que tipos de manifestações estamos nos referindo.

A ruptura com o período medieval pode ser vista como uma transição entre duas maneiras distintas de organização social e política. De maneira satisfatória podemos assumir que o modelo feudal caminhava gradativamente para seu fim, sendo que sintomas dessa crise podem ser destacados na medida em que refletimos sobre uma mudança de comportamento e pensamento da sociedade. Por hipótese, podemos assumir a visão genérica de que haviam certos grupos no período renascentista (com as devidas ressalvas) que se colocavam como um ser humano indagador, questionador, que procuravam por respostas sobre as regras socioculturais que a sociedade medieval aceitava. Ora, naturalmente, a generalização feita por essa interpretação é repleta de equívocos, porque acaba por romantizar a figura do indivíduo renascentista. De todo modo, podemos ressaltar que havia uma transição lenta, entre a maneira como se portava o ser humano fruto da sociedade feudal e estes grupos que começavam a repensar seu papel frente ao mundo que o cerca (Schmitt et al. 1988; Hankins, 2007).

Uma vez que conseguimos tatear a existência desta insatisfação social e cultural, a insatisfação científica parece emergir de um contexto análogo. Ora, os bastidores da ciência não encontravam isentos e excluídos das manifestações socioculturais que procuramos evidenciar, pelo contrário ao considerar que essa insatisfação é um advento isolado que emergiu de um repentino despertar de um dado grupo nós excluimos da análise uma riqueza considerável de detalhes. Isto significa que, de modo razoável, a busca por uma reinterpretação do universo tem sua origem em uma espécie de “crise existencial” do indivíduo renascentista. Contudo, de que maneira podemos interpretar essa “crise existencial”? Ora, dentro da perspectiva de conceitos próprios da história da Astronomia, podemos considerar que o universo que se apresentava frente aos olhos (e a razão) do cidadão renascentista começa a ser desconstruído, implicando em reflexões e questionamentos que soavam contraditórias às interpretações e abstrações oriundas da tradição medieval. Logo, talvez essa “crise existencial”, movida pela estranha sensação de não pertencimento ao cosmo, impulsionou certos grupos propor releituras sobre o lugar que ocupamos no universo, sendo isto uma maneira de se reconciliar (ou ressignificar) teoria e experiência, contemplação e técnica, o ser humano e a sua finitude frente à imensidão cósmica (Schmitt, et al, 1988; Hankins, 2007). Com efeito, o indivíduo renascentista começava sua caminhada em busca da compreensão sobre o seu lugar no universo. Sobre este aspecto, Silva e Silva (2005) afirmam que:

O Renascimento, o Humanismo e a Reforma foram expressões dessa crise, da necessidade que os grupos sociais então em ascensão tinham para explicar seu papel no Universo sem recorrer às explicações católicas e feudais, representantes de uma ordem que contestavam. (Silva e Silva, 2005, p. 359).

Um questionamento que pode ser feito a partir da afirmação de Silva e Silva (2005) é o seguinte: de que maneira este cenário de insatisfação sociocultural veio a influenciar a reconstrução da ciência ocidental? Para responder a essa pergunta se faz necessário refletir sobre o processo de transformação da linguagem matemática, pois, o renascimento na ciência (e em particular, na física), está conectado com o surgimento de uma nova estrutura matemática. À vista disso, o primeiro aspecto importante a ser ressaltado é que, ao contrário do processo de recuperação de textos clássicos e difusão de livros sobre literatura e ciências naturais, os tratados e livros sobre matemática e física passaram por uma lenta e gradativa assimilação, entre os séculos XIV e XV.

A hipótese para explicar essa recuperação e difusão lenta dos tratados e textos sobre matemática e física, de acordo com Boyer e Merzbach (2018), é que a linguagem matemática passava por uma transformação quanto à estrutura lógica de seu formalismo. A questão é que a tradição grega utiliza uma

abordagem geométrica para estruturar seus sistemas e teorias (sendo que este modelo permaneceu vigente durante muito tempo no ocidente), no entanto, em sentido contrário a essa estrutura, a ciência ocidental começou a ter conhecimento, e contato, com o formalismo algébrico, introduzido pela cultura árabe (Boyer; Merzbach, 2018). De acordo com Silva (2007), a introdução do pensamento algébrico na matemática renascentista causou uma certa estranheza, mas, paralelo a isso, permitiu que a ciência contemplasse e interpretasse o universo por meio de um novo conjunto de regras, princípios e hipóteses. Naturalmente, não se deve assumir que o formalismo algébrico substituiu por completo a linguagem geométrica, pois essas duas estruturas se somaram. Nessa perspectiva, o indivíduo renascentista continuava a buscar por um universo harmônico regido por círculos e esferas concêntricas, tendo agora em seu arcabouço teórico a possibilidade de fazer uma leitura mais algébrica. O universo começava a se estruturar por meio de axiomas, variáveis e constantes. Em outras palavras:

Do ponto de vista filosófico, o que mais chama a atenção nessa época são a crescente autonomia do simbolismo matemático e as novas concepções de número germinadas nos domínios da álgebra, além de uma inusitada disposição dos matemáticos para se envolverem com o infinito sob diversas formas [...] a notação algébrica [...] irá se constituir num sistema simbólico bastante flexível, capaz de expressar em sinais os termos numéricos (incógnitas e parâmetros) e as operações às quais as quantidades denotadas por esses termos estão submetidas. (Silva, 2007, p. 77).

A simbologia algébrica tornou possível a estimativa de quantidades e valores que possibilitam uma reinterpretação da natureza. Talvez, dentro desse cenário, a física vislumbrou uma alternativa à máxima pitagórica “*tudo é número*”, pois passou a descrever a natureza dos fenômenos por meio de equações que atribuíam significados e propunham estimativas para realidade observável. Logo, o formalismo algébrico permitiu ao ser humano investigar a estrutura dos fenômenos naturais, mas quais foram os percalços e obstáculos encontrados nos primeiros passos dessa longa caminhada até a consolidação da Física Clássica? Segundo Alexandre Koyré<sup>3</sup> (2011), a construção dessa nova linguagem matemática foi um processo conturbado e complexo. O que Koyré (2011) procura destacar, em seu argumento, é que antes do surgimento da Física Clássica o ocidente passou por uma forte influência de uma ontologia mágica. Nesta perspectiva, uma vez que os pilares que sustentavam a tradição aristotélico-ptolomaica foram contestados e revogados, muitas foram as teorias postulantes a explicar as causas dos fenômenos naturais. A questão é que as novas ideias propostas pela física eram contraintuitivas. A física aristotélica, em linhas gerais, detém a seu favor o argumento de que se descreve aquilo que nossos sentidos conseguem captar. Nesta perspectiva, a lógica e encadeamento dos argumentos se constroem e são gradativamente consolidados pela verificação de nossos sentidos, respaldados pela própria razão que analisa essas informações. Logo, o argumento de que, por exemplo, a Terra se encontra parada no centro do universo faz sentido, pois, ao observarmos nosso entorno, constatamos que outros corpos se movem, mas a Terra realmente parece estar “parada”.

Com efeito, o formalismo algébrico não só introduziu as interpretações axiomáticas e abstratas ao pensamento ocidental, como também passou a ser sustentado por uma teoria que era contraintuitiva. As evidências de que a Terra na verdade se movia no universo e orbitava o Sol não encontravam respaldo direto

---

<sup>3</sup> Em linhas gerais, Alexandre Koyré (29/08/1892 - 28/04/1964) foi um filósofo francês de origem russa. Entre suas várias contribuições, Koyré desenvolveu importantes estudos sobre história e filosofia da ciência.

na experiência cotidiana. Isto possibilitou, por sua vez, o surgimento e popularização de diferentes perspectivas místicas sobre a natureza e comportamento das coisas, pois além de se tratar de explicações mais palpáveis aos ouvidos leigos, também se faziam mais influenciadas por aplicações mais “diretas” à realidade observável. Em resumo, temos que:

No mundo da ontologia aristotélica, há uma infinidade de coisas que não são possíveis; uma infinidade de coisas, portanto, que sabemos de antemão serem falsas. Uma vez essa ontologia destruída, e antes que uma nova ontologia, elaborada somente no século XVII, seja estabelecida, não se dispõe de critério algum que permita decidir se a informação que se recebe de tal ou qual "fato" é verdadeira ou não. Daí resulta uma credulidade sem limites. (Koyré, 2011, p. 44).

Para melhor compreender o argumento de Koyré vamos separá-lo em dois tópicos. Em primeiro lugar, o autor parece não se opor a uma interpretação do renascimento como um período de reconstrução, porque o seu argumento nos conduz a um ambiente histórico onde as possibilidades de explicações sobre os fenômenos naturais eram variadas e heterogêneas. Em segundo lugar, a pretensão de Koyré talvez seja destacar que a sociedade ocidental passou por um período confuso, pois, frente a um cenário no qual novos pilares precisavam ser construídos, o indivíduo renascentista não sabia, de maneira coesa e harmônica, qual caminho seguir. Na ausência deste direcionamento, emergiu no ocidente uma curiosa corrente mística e esotérica. Neste sentido, podemos interpretar esta "credulidade sem limites" como sendo um possível sintoma da tal “crise existencial” a qual chamamos atenção anteriormente (Koyré, 2011).

De modo geral, podemos considerar que o esforço para ressignificar a interpretação sobre seu lugar no cosmo exigiu do indivíduo renascentista paciência e resiliência, afinal, para além de um querer (de uma vontade) de romper com a tradição medieval, o indivíduo renascentista precisava desenvolver e lapidar as ferramentas necessárias para a reconstrução almejada. Lembre-se que revogar a mecânica aristotélica implicava em ter que propor uma nova mecânica e, conseqüentemente, uma nova Filosofia Natural. Naturalmente, o formalismo algébrico emergente era incompatível com a Filosofia Natural aristotélica e isto fez com que houvesse uma forte resistência à aceitação destas novas ideias. Além do mais, a Filosofia Natural de Aristóteles contava com o apoio da Igreja Católica, porque ao longo da história suas ideias foram incorporadas pela fé judaico-cristã. Logo, propor uma nova Filosofia Natural capaz de substituir as ideias de Aristóteles era se opor também às bases que sustentavam o cânone da religião predominante naquele momento. Sobre este cenário, Koyré (2011) afirma que:

[...] se se desejasse resumir em uma frase a mentalidade da Renascença, eu proporia a fórmula: tudo é possível. A única questão é saber se "tudo é possível" em virtude de intervenções de forças sobrenaturais [...] ou se se recusa à intervenção de forças sobrenaturais, para afirmar que tudo é natural e que mesmo os fatos miraculosos se explicam por uma ação da natureza. (KOYRÉ, 2011, p. 45).

Tudo é possível. É por meio desta formulação que Koyré sintetiza o período do renascimento. Um dos fatos inusitados sobre esse período é que astronomia e astrologia caminharam lado a lado durante algum tempo. Para Jammer (2011), não devemos entender o conceito de astrologia simplesmente como a arte de fazer previsões (e prognósticos), tendo por base a data e hora de nascimento de uma dada pessoa. A abordagem precisa ir além desta interpretação convencional, porque a astrologia traz consigo a suposição

de que existe uma relação entre o posicionamento dos corpos celestes e a vida na Terra. Logo, de modo satisfatório, podemos considerar que o misticismo que a astrologia evoca conduz a uma interpretação errada dessa relação, porém a suposição que sustenta sua arte provém de uma sociedade que mantinha uma curiosa relação com os corpos celestes. Os cidadãos daquela época acreditavam que existia uma relação entre os acontecimentos cotidianos e a posição e o movimento dos corpos celestes. Isto nos conduz, em última instância, a considerar que a admiração que o indivíduo renascentista mantinha com a crença astrológica fez com que a profissão de astrólogo fosse benquista.

### 3 A Revolução Copernicana

A produção intelectual que antecedeu a obra de Nicolau Copérnico (1473 - 1543) foi vasta e ampla, se destacando, dentro da área da matemática, os trabalhos desenvolvidos por Johannes Müller von Königsberg (1436 - 1476). Segundo Boyer e Merzbach (2018), os trabalhos de Müller consistem em um dos arcabouços teóricos mais influentes do século quinze, com seu arsenal geométrico tendo, porventura, sido utilizado por Copérnico em seu modelo planetário. Um dos indicativos desta possível influência surge quando se reconhece que, na área da astronomia, uma das contribuições feitas por Müller foi completar a tradução de uma nova versão do *Almagesto* de Ptolomeu. Isto permitiu, também, que Müller desenvolvesse outros projetos visando descrever, com riqueza de detalhes, o formalismo matemático contido na obra de Ptolomeu, sendo que este esforço resultou na publicação da *De triangulis omnimodis*, uma rica exposição de métodos que permitiam a resolução de problemas envolvendo triângulos (Boyer; Merzbach, 2018).

No que diz respeito ao modelo planetário aristotélico-ptolomaico, podemos assumir de maneira satisfatória que essa visão do universo ainda representava uma explicação plausível para os estudiosos da época. A questão é que apesar de existir um movimento gradativo e crescente de críticas quanto a validade do modelo aristotélico-ptolomaico, também havia, em contrapartida, um movimento de defesa desta tradição. Isto, eventualmente, resultou em uma produção de obras que propunham correções para as falhas evidenciadas pelos críticos da tradição. A necessidade de se propor uma nova mecânica esbarrava na ausência de uma Filosofia Natural que se adequasse a essa nova conjectura de ideias. Portanto, os defensores da tradição aristotélica argumentavam que, feitas as devidas correções, o modelo posto seguia servindo aos propósitos esperados (Boyer; Merzbach, 2018; Jammer, 2009; Jammer, 2011).

Por outro lado, se seguirmos na linha da interpretação feita por Ponczek (2015), podemos supor uma espécie de efeito contrário que emerge destas correções realizadas para salvar o modelo aristotélico-ptolomaico. O argumento de Ponczek (2015) supõe que essas correções acabaram por provocar um certo descontentamento em certos grupos de cientistas. Descontentamento, este, que teria despertado em Copérnico quando os aristotélicos introduziram a ideia dos equantes e dos movimentos excêntricos, no modelo ptolomaico. De certo modo, assumir a existência de equantes e de movimentos excêntricos atendia, ainda que parcialmente, a necessidade de explicar a natureza das anomalias observadas. Nesta perspectiva, os aristotélicos da época consideravam que a dinâmica dos movimentos descritos por meio de epiciclos pudesse ser uma válvula de escape para o movimento não uniforme dos corpos celestes (Ponczek, 2015).

Contudo, a interpretação que Copérnico fazia da mecânica aristotélica parecia evocar uma contradição com a ideia de movimentos não uniformes. Ora, se lembrarmos que os ideais pitagóricos previam que os corpos celestes deveriam se movimentar de maneira harmônica, simétrica e perfeita, sendo o círculo a figura que melhor representaria este movimento, então a concepção de um movimento desigual (não harmônico) parece romper com esses ideais. Neste aspecto, talvez seja razoável considerar que Copérnico entendia que, dada as bases da Filosofia Natural estabelecidas pela mecânica aristotélica, todos os corpos celestes deveriam girar com uma velocidade invariável. Deste modo, uma vez que o centro do universo estava fixado na Terra, a ideia dos equantes e do movimento excêntrico não solucionava o problema, mas sim gerava um novo enigma (Vesel, 1965). Para Vesel (1965):

[...] A primeira objeção de Copérnico, frente a astronomia ptolomaica, não surge, portanto, como um resultado de seu desacordo com as observações ou pela sua incapacidade em calcular as posições dos corpos celestes, mas sim por causa de uma violação evidente do antigo princípio do movimento circular uniforme. Esta é a razão pela qual as suposições ptolomaicas não são suficientemente “absolutas”, ou “perfeitas”, ou “de acordo com a razão”. (Vesel, 1965, p. 52, tradução nossa.)<sup>4</sup>

A pedra angular do argumento de Vesel (1965) é que a crítica de Copérnico à astronomia de seu tempo tem como principal embasamento uma violação dos próprios ideais que a dita tradição aristotélica julgava defender. A questão é que a introdução do conceito de equantes não resolve o problema dos movimentos irregulares dos corpos celestes, mas sim cria uma contradição interna com a mecânica aristotélica, pois introduz um novo tipo de movimento circular que, a princípio pelo menos, não é uniforme. Vesel (1965), em contrapartida, indica que não é claro os motivos que conduzem Copérnico a julgar o conceito dos equantes como algo “*que não está em acordo com a razão*”, no entanto cita que ao longo da história da astronomia outros cientistas também discordavam deste artifício usado por Ptolomeu.

A construção copernicana do modelo heliocêntrico de cosmos tem sua estrutura fundamentada em duas vias que se candidataram como explicações plausíveis para o irregular movimento aparente celestial, a saber: (1) a suposição de que qualquer um dos círculos (que constituem os modelos) possuem pólos diferentes ou (2) a hipótese de que a Terra não se encontra no centro do universo. Quando consideramos a primeira via de explicação temos que é dela que se evoca a suposição dos chamados movimentos excêntricos. Nesta perspectiva, segundo Vesel (1965), Copérnico argumenta que a introdução destes movimentos fornece uma explicação satisfatória para a aproximação dos corpos celestes, contudo quando se considera o afastamento dos mesmos, frente a posição central da Terra, a explicação se torna imprecisa. Para Vesel (1965), este curioso e intrigante mistério do movimento retrógrado dos planetas indicava, para Copérnico, que a Terra deveria ocupar uma posição descentralizada, e não central como defendiam os ptolomaicos. À vista disso, Copérnico parece introduzir o movimento de translação como uma consequência dessa descentralização da Terra. Em outras palavras:

---

<sup>4</sup> Texto original: Copernicus' first objection to the Ptolemaic astronomy therefore arises not from its disagreement with observations or its incapacity to calculate the positions of the celestial bodies, but from its violation of the ancient principle of uniform circular motion. That is the reason why the Ptolemaic speculatio is not sufficiently “absolute” or “perfect” and “in accordance with reason.”

[...] Se assumirmos a rotação diária realizada pela Terra, outra questão não menos importante surgirá sobre sua posição. Com toda certeza, até este momento existe praticamente uma aceitação unânime da crença de que a Terra se encontra posicionada no centro do universo. Qualquer um que eventualmente discorde de que a Terra ocupe o meio ou centro do universo pode, no entanto, afirmar que sua distância [para o centro] é insignificante em comparação com a [a distância da] esfera de estrelas fixas, no entanto é perceptível e notável em relação às orbes do Sol e dos outros planetas. Ele pode considerar que esta é a razão pela qual seus movimentos aparentes não são uniformes, em conformidade com um centro diferente do centro da Terra. Talvez, ele possa [assim] produzir uma explicação satisfatória do aparente movimento não uniforme. Porque o fato notável de que os mesmos planetas são observados mais perto da Terra e mais longe necessariamente prova que o centro da Terra não é o centro de seus círculos. É menos evidente se a aproximação e retirada são executadas pela Terra ou pelos planetas. Não causaria surpresa se, em adição ao movimento de rotação diário, algum outro movimento fosse executado pela Terra. (Copérnico Apud Vesel, 1965, p. 208, tradução nossa.)<sup>5</sup>

A desconstrução do geocentrismo foi introduzida por Copérnico de maneira gradual, porque Copérnico se preocupou em justificar e discutir os resultados obtidos pelos dados observáveis da própria astronomia, frente às anomalias que já eram vigentes à época. O intuito de criar esse paralelo era o de estabelecer um cenário onde o novo formalismo matemático se apresentasse como uma correção dessas anomalias, contribuindo para um ajuste dos dados observáveis a nova teoria que vem para substituir a tradição aristotélica. Efetivamente, o argumento de Copérnico é cuidadoso, pois não ataca abertamente a tradição geocêntrica. A articulação que podemos observar na citação acima procura, de maneira sutil, conduzir os leitores a refletirem sobre uma nova maneira de organização do Cosmos.

De modo satisfatório, podemos supor que o primeiro objetivo de Copérnico era o de indagar os leitores sobre o *modus operandi* que prevalecia na astronomia de sua geração. Para isto, Copérnico propõe o exercício de descentralizar a posição da Terra no universo. Entretanto, a mudança de posicionamento precisa vir acompanhada da introdução do movimento de rotação e de um segundo movimento (ao qual será chamado de translação), de modo que esse conjunto de alterações resolvam os problemas vigentes da astronomia. Para Vesel (1965), existe a possibilidade de que a suposição destes dois movimentos, executados pela Terra, tenham emergido da estrutura e formalismo matemático construídos por Copérnico para sustentar seu modelo planetário.

Outro ponto curioso do argumento de Copérnico é que ao descentralizar a Terra do centro universo, consequentemente, abre-se espaço para supor quem deveria ocupar este lugar de destaque no cosmos. A

---

<sup>5</sup> Texto original: If we assume its daily rotation, another and no less important question follows concerning the earth's position. To be sure, heretofore there has been virtually unanimous acceptance of the belief that the middle of the universe is the earth. Anyone who denies that the earth occupies the middle or centre of the universe may nevertheless assert that its distance [from the centre] is insignificant in comparison with (the distance of) the sphere of the fixed stars, but perceptible and noteworthy in relation to the orbs of the sun and the other planets. He may deem this to be the reason why their motions appear nonuniform, as conforming to a centre other than the centre of the earth. Perhaps he can [thereby] produce a not inept explanation of the apparent nonuniform motion. For the fact that the same planets are observed nearer to the earth and farther away necessarily proves that the centre of the earth is not the centre of their circles. It is less clear whether the approach and withdrawal are executed by the earth or the planets. It will occasion no surprise if, in addition to the daily rotation, some other motion is assigned to the earth.

proposição de um universo heliocêntrico, para Vesel (1965), pode ser explicada por meio de dois argumentos, a saber: (1) Copérnico entendia que os próprios astrônomos discordavam (entre si) quanto a duração do chamado ano tropical<sup>6</sup> e (2) não há uma organização (ou harmonia) quanto ao uso de princípios, suposições e demonstrações na astronomia renascentista; configurando, naturalmente, em um cenário caótico. Em outras palavras, segundo Vesel (1965), Copérnico afirma que:

Em primeiro lugar, eles não têm nenhuma clareza sobre os movimentos do Sol e da Lua, de modo que se torna improvável qualquer tipo de demonstração e observação constante, como no caso do ano tropical. Em segundo lugar, quando se verifica a determinação não apenas destes corpos, mas também dos outros cinco planetas, constata-se que não há a aplicação dos mesmos princípios, suposições e demonstrações das revoluções e movimentos aparentes. (Copérnico apud Vesel, 1965, p. 34, tradução nossa.)<sup>7</sup>

A crítica de Copérnico à comunidade de astrônomos e cientistas de sua época é pontual e objetiva. Parece que não havia um consenso sobre quais estratégias, modelos ou sistemas usar para classificar e interpretar os dados observáveis da época. Isto, naturalmente, nos conduz a um cenário de imprecisões, onde a comunidade científica provavelmente se via perdida sem saber o que fazer para justificar as anomalias e contradições existentes entre o modelo aristotélico-ptolomaico e os dados provindos das observações astronômicas. Se lembrarmos que no período renascentista este cenário de confusão se estende para um colapso sociocultural e político, então é razoável considerar que a física (bem como a astronomia) também passasse por algo similar.

De acordo com Koyré (2011), neste período o ocidente ainda se indagava sobre as possibilidades de reconstrução, porque pouco se sabia sobre como, e de que jeito, este renascer poderia vir a acontecer. À vista disso, como apontado por Vesel (1965) na citação acima, temos o exemplo de uma astronomia que se via perdida em si mesma, porque, apesar dos esforços para salvar o modelo vigente, já não havia harmonia e concordância interna sobre quais métodos, demonstrações e princípios usar. Talvez o descontentamento ao qual Ponczek (2015) chama atenção tenha surgido deste cenário, sendo a insatisfação de Copérnico um sintoma de como esse cenário de indecisões e incertezas afetava a comunidade de astrônomos de sua época. De todo modo, o desafio de Copérnico e dos demais opositores à tradição grega não era simples, pois, como ressaltamos anteriormente, contestar a tradição significava questionar a Filosofia Natural de Aristóteles (Koyré, 2011; Koyré, 1986). Em outras palavras, não bastava apresentar uma nova estrutura matemática, pois, na medida em que esse novo formalismo rompia com o geocentrismo aristotélico-ptolomaico,

---

<sup>6</sup> Por definição, chama-se de ano tropical o intervalo de tempo medido a cada duas passagens consecutivas do Sol pelo ponto vernal, também conhecido como equinócio de primavera. Atualmente estima-se que o ano tropical tem a duração de 365,2422 dias solares. Fonte: [www.if.ufrgs.br/riffel/notasaula/ensinoastro/roteiros/Tempos.htm](http://www.if.ufrgs.br/riffel/notasaula/ensinoastro/roteiros/Tempos.htm)

<sup>7</sup> Texto original: [f]or, in the first place, they are so uncertain about the motion of the sun and moon that they cannot demonstrate and observe a constant length even for the tropical year. Secondly, in determining the motions not only of these bodies but also of the other five planets, they do not use the same principles, assumptions, and demonstrations of the apparent revolutions and motions.

passava-se a existir a necessidade de uma nova Filosofia Natural; compatível com a nova interpretação do cosmo.

Um exemplo desta incompatibilidade entre a Filosofia Natural aristotélica e o formalismo matemático copernicano são as evidências de que o modelo heliocêntrico renascentista traz consigo traços de influência das idéias de Aristarco de Samos. Para Aristarco o modelo geocêntrico não se sustentava por causa da relação entre o tamanho dos astros Terra e Sol. O tamanho da Terra já era algo razoavelmente conhecido, na época de Aristóteles, pois Eratóstenes de Cirene (276 a.C – 194 a.C) havia feito um engenhoso cálculo do raio da Terra, tendo encontrado um valor aproximado satisfatório para a época<sup>8</sup>. Todavia, pouco se sabia sobre os tamanhos da Lua e do Sol. Deste modo, para justificar seu argumento, Aristarco procurou estimar a distância entre a Terra e a Lua, e entre a Terra e o Sol. As medidas realizadas por Aristarco, em proporção, o conduziu a estimar que a Lua deveria ser menor que a Terra, enquanto que, por sua vez, o Sol deveria ser muito maior que a Terra. Com efeito, se o Sol, em proporção, é muito maior que a Terra, então a ele deveria ser atribuído o local de destaque no universo. Isto implica dizer que não deveríamos supor que a Terra está localizada no centro do universo, pois o maior astro celeste é que deve ocupar o lugar de destaque (Heath, 1991; Heath, 2013; Martins, 1994). No entanto, apesar dos cálculos e estimativas realizados por Aristarco de Samos suas ideias não foram aceitas.

Paralelo ao pensamento de Aristarco, podemos supor que quando se considera a estrutura planetária por meio da proporção entre os corpos celestes, é satisfatória assumir como resultado um sistema onde os corpos menores deveriam executar movimentos uniformes ao redor de corpos considerados grandes. Nessa perspectiva, a Terra, frente a imensidão do céu, seria um corpo pequeno. Portanto, como o estado de "repouso" (aqui citado com muitas aspas) era considerado o estado mais nobre de todos os corpos (afinal, um corpo em repouso havia atingido seu lugar natural, de acordo com Aristóteles), então esse estado deveria ser reservado ao mais divino dos seres celestes (Koyré, 1986).

Para Roberto Martins (1994), ao introduzir a ideia de movimento para a Terra, e optar por deixar o Sol em “repouso” no centro do universo, Copérnico não promovia uma ruptura total com a tradição aristotélica, porque a suposição de movimento para a Terra tinha por intenção preservar os ideais pitagóricos. Efetivamente, Copérnico queria corrigir a imprecisão que, segundo os opositores ao geocentrismo, a introdução dos equantes causava. Isto significa que o movimento atribuído à Terra era uma estratégia para manter os ideais de movimentos uniformes, simétricos e perfeitos. A principal diferença é que ao invés de os corpos celestes estarem orbitando a Terra agora eles deveriam orbitar o Sol. Neste aspecto, é razoável supor que a própria tradição grega que sustentava algum tipo de movimento para a Terra (ou que previa que o Sol deveria ser o centro do universo) não parecia promover uma ruptura total com os ideais pitagóricos. A diferença é que para quem defendia o geocentrismo tinham a seu favor o suporte da Filosofia Natural aristotélica, enquanto que os opositores se viam limitados pela ausência de uma Filosofia Natural compatível com o sistema heliocêntrico.

Um outro exemplo sobre a incompatibilidade do sistema heliocêntrico com a Filosofia Natural aristotélica se dá frente a seguinte questão: por qual motivo um dado corpo precisa se mover? De acordo com Ponczek (2015), a resposta de Aristóteles ao questionamento proposto foi direta e simples, a saber: um corpo se move para ocupar o lugar natural, ao qual conseqüentemente pertence. Quando consideramos a queda de uma pedra, a física aristotélica explica esse movimento de modo que a pedra, ao cair de um dado

---

<sup>8</sup> Para maiores informações sobre este experimento consulte (Heath, 1991).

lugar mais elevado em direção ao chão, está buscando seu lugar natural. Logo, isto implica que o movimento natural de queda da pedra indica uma busca pelo seu lugar natural, que é abaixo, respectivamente, dos elementos fogo, ar e água (Martins, 1994). Ao atirar a pedra para cima naturalmente estamos afastando-a de seu lugar natural, por intermédio de uma causa externa. Quando esta causa externa para de atuar sobre o corpo o movimento violento encontra seu fim, dando lugar, conseqüentemente, ao movimento natural de retorno da pedra ao seu lugar natural (Ponczek, 2015).

Em sentido contrário, Copérnico argumenta que a busca dos corpos "pesados" em voltar para a Terra se dá não pela condição de retorno a seu lugar natural, mas sim por ação de um *querer* que move esses corpos de volta à Terra. Ao introduzir o conceito de *querer*, Copérnico caminha na direção contrária do que é proposto pela mecânica aristotélica, flertando com ideias que tempo mais tarde encontrariam sua formulação robusta na mecânica clássica (Koyré, 1986; Koyré, 2011). Talvez, em linhas bem gerais, o *querer* ao qual Copérnico menciona tenha em si o embrião daquilo que viria a ser o conceito de *força*.

#### 4 Considerações Finais

Apesar de possuir méritos e se colocar como uma obra que inaugura uma nova visão de universo no ocidente, o modelo copernicano foi alvo de diversas críticas. Algumas delas tinham como embasamento a já mencionada ruptura com o geocentrismo aristotélico-ptolomaico, mas outros pontos do sistema copernicano também se mostraram inconsistentes. Segundo Ponczek (2015) um resumo sobre as críticas feitas ao modelo copernicano pode ser feito por meio das quatro grandes perguntas que o heliocentrismo deixava em aberto, a saber:

Por que os corpos insistem em cair para o centro da Terra e não para o Sol, já que este é o centro do universo? Por que não somos atirados para fora da Terra, como ocorre num carrossel em rotação? Por que uma pedra atirada para cima, volta às nossas mãos? Por que as estrelas parecem não se mover? (Ponczek et al., 2015, p. 74)

Se o propósito de Copérnico era o de apresentar um modelo planetário claro e objetivo, podemos considerar que ele não alcançou este objetivo. Segundo Martins (1994), para que o modelo geocêntrico fosse superado se fazia necessário que uma nova física fosse estruturada para sustentar esse modelo de universo. Um aspecto importante a ser ressaltado é que o heliocentrismo, defendido por Copérnico, era contra intuitivo, isto é, gerava uma contradição com os fatos conhecidos pela experiência cotidiana. Isto se justifica na medida em que, por meio do senso comum, não sentimos efeitos do movimento da Terra. Quando se observa o movimento dos corpos celestes - a partir de um referencial em repouso na Terra - o que se nota é que os corpos celestes estão se movendo, enquanto nós - que estamos no referencial em repouso - seguimos parados. Nesta perspectiva, parece ser uma escolha razoável assumir que a Terra deveria ocupar o centro do universo, estando imóvel na imensidão cósmica, pois o que se pode captar, através dos sentidos, é que a Lua, os planetas e as estrelas estão se movendo ao nosso redor. Logo, a física aristotélica é mais intuitiva, isto é, ela dialoga de forma mais clara com o mundo.

Um dos defensores do sistema copernicano foi Kepler. Segundo Field (2013), Kepler entendia que a eficiência, ou superioridade, do sistema copernicano residia na estrutura matemática que sustentava suas ideias. Embora Copérnico não tenha tido êxito no desafio de propor um modelo mais simples e objetivo (tendo esbarrado, por exemplo, no problema de não conseguir reduzir o número de esferas e círculos, originalmente propostos pelo sistema de Ptolomeu), Kepler acreditava que a obra de Copérnico possuía certas virtudes que precisavam ser mantidas e, conseqüentemente, desenvolvidas (Field, 2013). Um aspecto curioso é que dependendo do método de análise adotado o modelo copernicano pode apresentar um número maior de círculos que o de Ptolomeu. Entretanto, para que seja feita uma análise justa, Field (2013) também destaca que a descrição das órbitas, feitas por Copérnico para organizar o movimento planetário, se aproximam de um modelo circular com maior nitidez do que as órbitas geocêntricas que foram propostas por Ptolomeu. Neste aspecto, a introdução dos chamados epiciclos funcionam como pequenos ajustes para corrigir as lacunas entre os círculos que marcam as órbitas médias dos planetas.

Uma das virtudes do sistema copernicano destacadas por Kepler era a objetividade com que Copérnico explicava os chamados pontos materiais cósmicos que, dentro do sistema ptolomaico, eram tidos como dados observáveis “nus” (Koyré, 2013). Ao considerar estes pontos materiais como dados observáveis “nus”, o sistema ptolomaico não era capaz de explicar certos movimentos anômalos, e desiguais, dos planetas. Isto significa dizer que questões como as estações do ano e movimentos retrógrados seguiam sem uma explicação convincente, abrindo brechas para aquele cenário de discordância quanto a princípios, métodos e demonstrações destacados na seção anterior. Por outro lado, Kepler defendia a tese de que, a partir de Copérnico, esses fenômenos passaram a ter uma explicação convincente, pois o seu modelo apresentava métodos, princípios e demonstrações que convergiam para um resultado plausível e passível de ser verdadeiro. Com efeito, Kepler também considerava que a rejeição do sistema copernicano se pautava em uma resistência em reconsiderar o posicionamento da Terra no universo, porque isso abalava certas estruturas socioculturais consolidadas na época. (Koyré, 2013). A questão é que o sistema copernicano conseguia explicar pontos que o sistema ptolomaico não podia, tais como:

Por que os planetas inferiores nunca podem se mover a uma distância muito grande do sol de modo a se opor a ele, como fazem os planetas superiores - sendo isto um fato que Ptolomeu foi obrigado a aceitar - por que, no caso dos planetas superiores, apogeu (ponto orbital mais afastado da Terra) está sempre em conjunção, e perigeu (ponto orbital mais próximo da Terra) é sempre em oposição ao Sol. Ele explicou por que, no sistema de círculos em que os planetas têm seu movimento, há sempre um deles - o deferente dos planetas inferiores e o epiciclo dos planetas superiores - que completam seus cursos no mesmo tempo que o sol completa o seu próprio. Em outras palavras, ele explicou por que o Sol possui uma importância fundamental no sistema planetário. (Koyré, 2013, p. 129, tradução nossa.)<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Texto original: Why the inferior planets can never move far enough away from the Sun to be in opposition to it as in the case of the superior planets; he explained also—and this was something - he explained also — and this was something Ptolemy was obliged to accept as a plain fact - why, in the case of the superior planets, apogee is always at conjunction, and perigee is always at opposition to the Sun. He explained why, in the system of circles on which the planets have their motion, there is always one of them (the deferent of inferior planets and the epicycle of superior

A narrativa de Koyré procura destacar as virtudes centrais do sistema copernicano, indicando que Kepler via estas virtudes como um fundamento sólido que precisava ser resguardo, e não descartado. Neste contraste entre os dois sistemas também é possível notar que o Sol exerce uma função fundamental em ambas estruturas planetárias, sendo que Koyré (2013) entende que Kepler assume que o Sol possui uma relevância emblemática no sistema copernicano que se assemelha a interpretação ptolomaica. No entanto, Koyré (2013) assume uma posição mais cautelosa ao enfatizar que a simbologia e importância do Sol no sistema ptolomaico é construída sem uma justificativa aparente, o que significa dizer que Ptolomeu postula esta importância do Sol sem se preocupar com maiores explicações. Por outro lado, no sistema copernicano a relevância emblemática do Sol se solidifica por meio de argumentos matemáticos. Neste aspecto, talvez a herança mais simbólica do sistema copernicano, para seus sucessores, seja o formalismo matemático criado por Copérnico para sustentar suas ideias.

Com efeito, para Koyré (2013), Kepler atribuía a Copérnico o mérito de ter apresentado a astronomia um modelo que articulava com elegância e harmonia os dados observáveis com a linguagem matemática. Consequentemente, isto possibilitou que o sistema copernicano pudesse explicar de maneira satisfatória eventos astronômicos anteriores a seu tempo, como, também, viesse a estabelecer boas previsões para eventos futuros. No entanto, de modo a relativizar seu posicionamento, Koyré (2013) menciona que nenhum sistema astronômico, até a época de Kepler, era capaz de fazer medidas com precisão absolutas, entretanto o que Kepler destacava era que o sistema copernicano entregava dados mais apurados. Por fim, talvez a revolução copernicana não obteve seu êxito de modo instantâneo, mas serviu como o estabelecimento de diretrizes daquilo que precisava ser repensado, reorganizado e ressignificado na astronomia e na física.

No que diz respeito ao ensino de Astronomia, o conjunto de informações descrito neste trabalho fornece ao(a) professor(a) diversos aspectos que podem aparecer ao longo do ensino de Física, em sala de aula. Na prática, quando o(a) professor(a) for desenvolver tópicos sobre geocentrismo e heliocentrismo, movimento planetários, leis de Kepler, tendo como objetivo final apresentar a gravitação universal newtoniana, este trabalho pode contribuir na fomentação de debates sobre a Natureza, filosofia e História da Ciência. Neste aspecto, abre-se a possibilidade de articular o arcabouço algébrico que constitui a fundamentação da Física Clássica com elementos que discutem como foi desconstruída a astronomia ptolomaica e a dinâmica aristotélica.

As possibilidades de debates e reflexões que o tema apresentado evocam podem abordar diferentes aspectos da Natureza da Ciência, principalmente quando recorremos àqueles destacados por Moura (2014). De modo efetivo, o(a) professor(a) pode optar por um plano de aula que favoreça um debate sobre a construção de modelos científicos com o objetivo de explicar os fenômenos naturais observados (1), ou, se preferir, pode optar por uma via de ensino que instigue os(as) alunos(as) a questionarem a existência de um método científico universal (2). Há também a possibilidade de uma reflexão sobre a afirmação de que toda teoria científica é consequência de experimentos/observações, o que, por sua vez, abre horizonte para uma curiosa discussão na qual um outro grupo poderia defender a posição contrária, a saber: todo experimento/observação é consequência da teoria (3). Neste cenário de conflito de ideias, o(a) professor(a)

---

planets) which completes its course in the same time as the Sun completes its own; in other words, he explained why the Sun plays such an important part in the planetary system.

pode vir a articular diferentes estratégias para conduzir os(as) alunos(as) a um consenso de que nenhum dos dois extremos é totalmente verdadeiro.

Portanto, existe, também, a alternativa de evidenciar a importância da imaginação, criatividade, crenças pessoais e tantos outros aspectos dentro da ciência, indicando que a ciência não é formada por gênios isolados, mas sim por pessoas curiosas, sonhadoras e que todos nós somos, em certa medida, cientistas quando nos indagamos sobre os mistérios do mundo que nos cerca (5). Aspectos extrínsecos da época podem ser buscados com a finalidade de abrir espaço para uma reflexão em que se considera com maior ênfase o contexto histórico, cultural e social da época em que os cientistas viveram, ressaltando como estes fatores influenciaram na construção de sua teoria (4), os quais não estamos evidenciando neste trabalho, mas que são indicados por Koyré (1986) quando o mesmo afirma que o Renascimento foi um período histórico onde: “Tudo é possível”.

Logo, em nosso entendimento, os cinco aspectos indicados por Moura (2014) podem ser trabalhados em sua totalidade - se o(a) professor(a) considerar ser esta uma via de ensino interessante - ou podem ser utilizados de maneiras articuladas. Isto significa que o(a) professor(a) tem a liberdade de escolher quais aspectos melhor se encaixam dentro da sua realidade e da sua metodologia de ensino. Logo, não há a necessidade de se abranger todos os cinco aspectos de Moura (2014) de uma única vez, ou obrigatoriamente. Na verdade, estas reflexões podem ser feitas de maneira a se adequar a realidade de cada professor(a) e suas respectivas escolas. Isto significa que, caso seja necessário, pode ser feita a opção de trabalhar apenas um dos aspectos citados, desde que isto contribua para um melhor entendimento da Revolução Copernicana.

## Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde passei dez anos de minha vida ao longo de duas graduações (Física e Filosofia). Agradeço imensamente ao professor Antônio Marcelo, por ter aceitado o convite de ser meu orientador e a todos(as) os(as) professores(as) do Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas (ICET) da UFLA, pelas correções e ensinamentos que constituem o meu processo de formação profissional, cidadã e acadêmica.

## Referências

Boyer, C. B. & Merzbach, U. C. *História da matemática* (3ª). São Paulo :Editora Blucher.

Chalmers, A. F. & Raul, F. *O que é ciência afinal?* (1ª). São Paulo: Brasiliense.

Field, J. V. *Kepler's geometrical cosmology*. London: Bloomsbury Publishing, 2013.

Hankins, James, ed. *The Cambridge companion to Renaissance philosophy* (1ª). Cambridge: Cambridge University Press.

- Heath, T. *Greek astronomy* (1ª). North Chelmsford: Courier Corporation, 1991.
- Heath, T. *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus: A History of Greek Astronomy to Aristarchus, Together with Aristarchus's Treatise on the Sizes and Distances of the Sun and Moon* (2ª). Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- Jammer, M. *Conceitos de espaço, a história das teorias do espaço na física* (3ª). Rio de Janeiro: PUC Rio.
- Jammer, M. *Conceitos de força, estudos sobre os fundamentos da dinâmica* (1ª). Rio de Janeiro: PUC Rio.
- Koyré, A. *Estudos de história do pensamento científico* (2ª). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Koyré, A. *Do mundo fechado ao universo infinito* (4ª). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Koyré, A. *The Astronomical Revolution: Copernicus-Kepler-Borelli*. Abingdon: Routledge, 2013.
- Martins, R. d. A. *O universo: teorias sobre sua origem e evolução* (1ª). São Paulo: Moderna.
- MOURA, Breno Arsioli. *O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência*. Revista Brasileira de História da Ciência, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.
- Ponczek, R. L. (2015). *Da bíblia a newton: uma visão humanística da mecânica*. In José Fernando Moura Rocha. *Origens e evolução das idéias da Física*. (Chap. 1, p. 17-135), Salvador: EDUFBA.
- Silva, J. J. d. *Filosofia da matemática* (1ª). São Paulo: FAPESP.
- Silva, K. V. & Silva, M. H. *Dicionário de conceitos históricos* (2ª). São Paulo: Contexto.
- Simões, C. & Fernandes, J. (2000). Astrologia e astronomia: uma conversa entre as duas. *Millenium*, 19.
- Schmitt, Charles B., & Skinner, Q., & B., Kessler, E., & Kraye, J. eds. *The Cambridge history of Renaissance philosophy* (1ª). Cambridge: Cambridge University Press.
- Vesel, M. *Copernicus: Platonist Astronomer-Philosopher. Cosmic Order, the Movement of the Earth, and the Scientific Revolution* (1ª). Berne: Peter Lang, 1965.