



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

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

n. 36, 2023

ISSN 1806-7573

REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA

Editor responsável

Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)

Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)

Editora Executiva

Paula Cristina Gonçalves (SME/Rio Claro)

Editores Associados

Silvia Calbo Aroca (Colégio Planeta)

Sônia E. M. Gonzatti (CETEC/UNIVATES)

Rodolfo Valentim (UNIFESP)

Michel Corci (UFTPR)

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

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia / Universidade Federal de São Carlos. n. 36 (2024). São Carlos 2024.

ISSN: 1806-7573

Revista em Português, Inglês e Espanhol

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

Editorial

O número 36 da RELEA está chegando aos leitores com sete artigos (vide Sumário) cobrindo uma série de assuntos de interesse na Educação em Astronomia. Gostaríamos de fazer dois anúncios importantes relacionados com a reestruturação da RELEA:

O primeiro anúncio tem a ver com a mudança de função da Dra. Paula Cristina Gonçalves, quem ocupará daqui para adiante a função de Editora Executiva, responsável do fluxo de avaliação dos trabalhos e da edição da revista. Também gostaríamos de dar as boas-vindas aos Dres Rodolfo Valentim (UNIFESP) e Michel Corci (UFTPR), que atuarão como Editores Associados junto à RELEA.

O segundo anúncio é que, embora a frequência da revista continuará bianual, as datas para cada número passarão a ser nos meses de Abril e Outubro. Esta mudança obedece à necessidade de desafogar o calendário para autores e o Corpo Editorial, evitando tanto quanto possível a pressa do fim de ano.

Esperamos que com estas novidades a RELEA continue melhorando e recebendo a atenção da comunidade.

Mais informação sobre a Revista e instruções para os autores podem ser encontradas em: <www.relea.ufscar.br>. Os artigos poden ser escritos em português, espanhol ou inglês. Agradecemos aos Editores Associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos ajudaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsável

Editorial

El número 36 de RELEA llega a los lectores con siete artículos (ver Sumario) que cubren una serie de temas de interés en la Educación en Astronomía. Nos gustaría hacer dos anuncios importantes relacionados con la reestructuración de RELEA:

El primer anuncio tiene que ver con el cambio de rol de la Dra. Paula Cristina Gonçalves, que a partir de ahora ocupará el rol de Editora Ejecutiva, responsable por el flujo de evaluación de los trabajos y de la edición de la revista. También damos la bienvenida a los Dres. Rodolfo Valentim (UNIFESP) y Michel Corci (UFTPR), quienes se desempeñarán como Editores Asociados de RELEA.

El segundo anuncio es que, si bien la periodicidad de la revista seguirá siendo bianual, las fechas de cada número serán en los meses de abril y octubre. Este cambio responde a la necesidad de liberar el calendario de los autores y del Cuerpo Editorial, evitando al máximo las urgencias del fin de año.

Esperamos que con estas nuevas características RELEA siga mejorando y recibiendo atención de la comunidad.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores pueden encontrarse en: <www.relea.ufscar.br>. Los artículos pueden estar escritos en portugués, español o inglés. Agradecemos 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 preparación de esta edición.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor Responsable

Editorial

The 36th issue of the RELEA is reaching readers with seven articles (see Summary) covering a series of topics of interest in Astronomy Education. We would like to make two important announcements related to the restructuring of RELEA:

The first announcement has to do with the change in role of Dr. Paula Cristina Gonçalves, who will from now on occupy the role of Executive Editor, responsible for the work evaluation flow and edition of the journal. We would also like to welcome Drs. Rodolfo Valentim (UNIFESP) and Michel Corci (UFTPR), who will serve as Associate Editors at RELEA.

The second announcement is that, although the magazine's frequency will continue to be biannual, the dates for each issue will be in the months of April and October. This change follows the need to free up the calendar for authors and the Editorial Board, avoiding as much as possible the rush at the end of the year.

We hope that with these new features RELEA continues to improve and receive attention from the community.

More information about the Journal and instructions for authors can be found at: <www.relea.ufscar.br>. Articles can be written in Portuguese, Spanish or English. We thank 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 preparation of this edition.

Jorge Ernesto Horvath (IAG/USP)

Editor-in-Chief

SUMÁRIO

TÓPICOS DE ASTRONOMIA NOS CURRÍCULOS DE CURSOS DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS _____ 7

João Antonio Alves Nunes, Laís Barbosa Ribeiro, Delano Moody Simões da Silva

ABORDAGEM DA ASTRONOMIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO _____ 24

Taís Regina Hansen, Luciana Bagolin Zambon

CONSTELAÇÕES EM SALA DE AULA: UMA PRÁTICA DOCENTE EM UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES _____ 44

Hualan Patrício Pacheco, Kenedy Daniel Calegari Furtado, Marli Lúcia Tonatto Zibetti, Laffert Gomes Ferreira da Silva, Eduardo Rodrigues Mamédio

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE PRÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: DETERMINAÇÃO DA LATITUDE LOCAL COM UM SEXTANTE PRODUZIDO EM UMA IMPRESSORA 3D _____ 62

Thiago Costa Caetano, Camila Cardoso Moreira

OS DETRITOS ESPACIAIS E A SUSTENTABILIDADE ORBITAL TERRESTRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO VOLTADA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA _____ 82

Valéria Santos Corbacho, Jean Paulo dos Santos Carvalho

LITERATURA E ASTRONOMIA: UMA ANÁLISE DESCRITIVA DO CONTO “O NOSSO SISTEMA SOLAR” DA OBRA *SERÕES DE DONA BENTA* DE MONTEIRO LOBATO _____ 104

Camila Muniz de Oliveira, Michel Corci Batista

CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM ORIENTADA POR *DESIGN-BASED RESEARCH* SOBRE O TEMA EXOPLANETAS _____ 118

Thiago Costa Caetano, Ícaro Meidem Silva, Wagner José Corradi Barbosa, Agenor Pina da Silva, Camila Cardoso Moreira

SUMARIO

TEMAS DE ASTRONOMÍA EN EL PLAN DE ESTUDIOS DEL PROFESORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS _____ 7

João Antonio Alves Nunes, Laís Barbosa Ribeiro, Delano Moody Simões da Silva

APROXIMACIÓN A LA ASTRONOMÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA PARA LA ENSEÑANZA SECUNDARIA _____ 24

Taís Regina Hansen, Luciana Bagolin Zambon

CONSTELACIONES EN EL AULA: UNA PRÁCTICA DE ENSEÑANZA EN UN CURSO DE FORMACIÓN DOCENTE _____ 44

Hualan Patrício Pacheco, Kenedy Daniel Calegari Furtado, Marli Lúcia Tonatto Zibetti, Laffert Gomes Ferreira da Silva Eduardo Rodrigues Mamédio

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDAD PRÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA: DETERMINACIÓN DE LA LATITUD LOCAL CON UN SEXTANTE PRODUCIDO CON UNA IMPRESORA 3D _____ 62

Thiago Costa Caetano, Camila Cardoso Moreira

DESECHOS ESPACIALES Y SOSTENIBILIDAD ORBITAL TERRESTRE: UNA PROPUESTA EDUCATIVA ENFOCADA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA _____ 82

Valéria Santos Corbacho, Jean Paulo dos Santos Carvalho

LITERATURA Y ASTRONOMÍA: UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL CUENTO "NUESTRO SISTEMA SOLAR" A PARTIR DE LA OBRA TARDES DE DOÑA BENTA DE MONTEIRO LOBATO _____ 104

Camila Muniz de Oliveira, Michel Corci Batista

CONSTRUCCIÓN DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE ORIENTADA POR LA METODOLOGIA DESIGN-BASED RESEARCH SOBRE EXOPLANETAS _____ 118

Thiago Costa Caetano, Ícaro Meidem Silva, Wagner José Corradi Barbosa, Agenor Pina da Silva, Camila Cardoso Moreira

CONTENTS

TOPICS OF ASTRONOMY IN THE CURRICULUM OF THE TEACHING DEGREE IN BIOLOGICAL SCIENCES _____ 8

João Antonio Alves Nunes, Laís Barbosa Ribeiro, Delano Moody Simões da Silva

APPROACH TO ASTRONOMY IN PHYSICS TEXTBOOKS FOR MIDDLE AND HIGH SCHOOL _____ 24

Taís Regina Hansen, Luciana Bagolin Zambon

CONSTELLATIONS IN THE CLASSROOM: A TEACHING PRATICE IN A TEACHER TRAINING COURSE _____ 45

Hualan Patrício Pacheco, Kenedy Daniel Calegari Furtado, Marli Lúcia Tonatto Zibetti, Laffert Gomes Ferreira da Silva, Eduardo Rodrigues Mamédio

A PROPOSAL OF A PRACTICAL ACTIVITY FOR ASTRONOMY EDUCATION: DETERMINING THE LOCAL LATITUDE WITH A 3D-PRINTED SEXTANT _____ 63

Thiago Costa Caetano, Camila Cardoso Moreira

SPACE DEBRIS AND TERRESTRIAL ORBITAL SUSTAINABILITY: AN EDUCATION PROPOSAL FOCUSED ON BASIC EDUCATION _____ 83

Valéria Santos Corbacho, Jean Paulo dos Santos Carvalho

LITERATURE AND ASTRONOMY: A DESCRIPTIVE ANALYSIS OF THE STORY "OUR SOLAR SYSTEM" FROM THE WORK EVENINGS OF DONA BENTA BY MONTEIRO LOBATO _____ 105

Camila Muniz de Oliveira, Michel Corci Batista

DEVELOPING A TEACHING AND LEARNING SEQUENCE WITH DESIGN-BASED RESEARCH ABOUT EXOPLANETS _____ 119

Thiago Costa Caetano, Ícaro Meidem Silva, Wagner José Corradi Barbosa, Agenor Pina da Silva, Camila Cardoso Moreira

TÓPICOS DE ASTRONOMIA NOS CURRÍCULOS DE CURSOS DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

 João Antonio Alves Nunes ¹

 Laís Barbosa Ribeiro ²

 Delano Moody Simões da Silva ³

Resumo: Os conteúdos de Astronomia são ministrados no Ensino Fundamental Anos Finais na disciplina de Ciências, por profissionais formados em Licenciaturas Científicas, como Ciências Biológicas. Nesse contexto, a formação inicial desses docentes é questionada, mas investigações sobre o currículo desses cursos para o ensino de Astronomia são escassas. Com isso, o objetivo desse trabalho foi analisar os currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas das Universidades Federais do Brasil em relação aos conteúdos de Astronomia. Para isso, foi realizado um estudo exploratório que utiliza como método a pesquisa documental, através da busca de palavras-chave relacionadas a Astronomia, nos Projetos Pedagógicos dos Cursos. As disciplinas e conteúdos de Astronomia encontrados foram classificados conforme a Análise de Conteúdo de Bardin. Foram analisadas 55 instituições do total de 61 Universidades Federais Brasileiras que possuem curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Dessas, apenas 18 possuem conteúdos de Astronomia no currículo. Ao todo, foram encontradas 23 disciplinas, sendo que apenas quatro possuem a ementa composta exclusivamente por conteúdos de Astronomia. Por fim, o presente estudo corrobora a hipótese de que cursos de Biologia negligenciam os assuntos astronômicos e colabora com as discussões acerca da formação inicial de professores de Ciências para o ensino de Astronomia.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Ensino de Astronomia; Formação inicial; Projeto Pedagógico do Curso.

TEMAS DE ASTRONOMÍA EN EL PLAN DE ESTUDIOS DEL PROFESORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Resumen: Los contenidos de Astronomía se imparten en los últimos años de la Escuela Primaria en la disciplina de Ciencias, por graduados en Licenciaturas Científicas, como Ciencias Biológicas. Por cierto, se cuestiona la formación inicial de estos profesores, pero las investigaciones sobre el plan de estudios de estos cursos para la enseñanza de la Astronomía son escasas. El objetivo de este trabajo fue analizar los planes de estudio de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de las Universidades Federales de Brasil en relación a los contenidos de Astronomía. Se realizó un estudio exploratorio utilizando como método la investigación documental, mediante la búsqueda de palabras clave relacionadas con la Astronomía en los Proyectos Pedagógicos de los Cursos. Los temas y contenidos de Astronomía encontrados fueron clasificados según el Análisis de Contenido. Analizamos 55 instituciones del total de 61 universidades que tienen licenciatura en Ciencias Biológicas. De ellos, sólo 18 tienen contenidos de Astronomía en el plan de estudios. Se encontraron 23 disciplinas, pero sólo cuatro tienen su menú compuesto exclusivamente por contenidos de Astronomía. Corroboramos la hipótesis de que los cursos de Biología descuidan los temas astronómicos y colaboramos con las discusiones sobre la formación inicial de los profesores de ciencias para enseñar Astronomía.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias; Enseñanza de la Astronomía; Formación inicial; Proyecto Pedagógico del Curso.

¹Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil. E-mail: joaotpw2@gmail.com

²Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil. E-mail: laisxbr23@gmail.com

³ Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil. E-mail: delanom@unb.br

TOPICS OF ASTRONOMY IN THE CURRICULUM OF THE TEACHING DEGREE IN BIOLOGICAL SCIENCES

Abstract: Astronomy content is taught in the final years of the Elementary School within the Science subject, by professors holding Scientific degrees, such as Biological Sciences. In this context, the initial formation of these teachers is questioned, but investigations about the curriculum of these courses for the teaching of Astronomy are scarce. With that goal in mind, the objective of this work is to analyze the curricula of the Teacher's courses in Biological Sciences of the Federal Universities of Brazil about the contents of Astronomy. For this, an exploratory study was carried out that uses documental research as a method, through the search for keywords related to Astronomy, in the Pedagogical Projects of the Courses. The subjects and contents of Astronomy found were classified according to the Content Analysis of Bardin. We analyzed 55 institutions out of 61 Brazilian Federal Universities that have a degree in Biological Sciences. Of these, only 18 have Astronomy content in their curriculum. In all, were found 23 subjects, and only four have a menu composed exclusively of Astronomy content. Finally, the present study corroborates the hypothesis that Biology courses neglect astronomical matters and collaborate with the discussions about the initial formation of Science teachers for the teaching of Astronomy.

Keywords: Science teaching; Astronomy teaching; Initial formation; Pedagogical Project of the Course.

1 Introdução

Fenômenos celestes despertam o interesse dos estudantes e seu ensino contribui para compreensão do mundo natural e alfabetização científica através da construção do pensamento crítico e reflexivo (Costa et al., 2016). Os conteúdos de Astronomia são ministrados no Ensino Fundamental Anos Finais na disciplina de Ciências, por profissionais formados em Licenciaturas Científicas, como Ciências Biológicas e Ciências da Natureza/Naturais (Brasil, 2010). Contudo, diversos autores identificam problemas no ensino de Astronomia, por exemplo, nas concepções equivocadas de professores (Costa et al., 2016; Langhi & Nardi, 2005, 2010; Leite & Hosoume, 2007; Santos et al., 2021), de estudantes (Barbosa et al., 2020; Bartelmebs et al., 2020) e em erros nos livros didáticos (Almeida & Menezes, 2020; Langhi & Nardi, 2007; Leite & Hosoume, 2009).

Outro problema citado é a formação inicial dos docentes responsáveis por ministrar a disciplina de Ciências. Nesse contexto, Langhi e Nardi (2009) afirmam que o curso de Ciências Biológicas raramente discute Astronomia ou discute de forma superficial. Apesar dos autores não investigarem o currículo desses cursos para realizar tal afirmação, essa tornou-se uma referência para o tópico de ensino em Astronomia. De fato, pesquisas que investigam os currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas para o ensino de Astronomia são escassas. Foram encontrados trabalhos que investigam os conteúdos de Astronomia nos currículos desse curso, em instituições públicas e privadas, no estado do Paraná (Oliveira et al., 2018) e na cidade de Goiânia-GO (Gomes, 2020).

A possível ausência de disciplinas de Astronomia na formação inicial desses profissionais pode refletir negativamente em suas práticas docentes. Para Tardif et al. (1991) a prática docente é integrada por vários saberes, dentre eles o saber disciplinar. Para eles, os

saberes disciplinares: “integram-se à prática docente através da formação (inicial ou continuada) do(a)s professore(a)s nas diversas disciplinas oferecidas pela universidade” (Tardif et al., 1991, p. 220). Sendo assim, a ausência de disciplinas específicas ou que abordem a temática sobre Astronomia pode levar a uma lacuna de conhecimento para os futuros professores de Ciências.

Dessa forma, investigações são necessárias em contexto nacional para analisar a estruturação dos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas com relação aos tópicos de Astronomia, a fim de compreender como se dá a formação inicial dos docentes que irão ministrar esse conteúdo. Pois, a formação inicial é um dos principais fatores para a boa prática em sala de aula (Leite et al., 2013) e pode contribuir para resolver os outros problemas no ensino de Astronomia.

Nesse contexto, o objetivo geral do presente trabalho foi analisar os currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas das Universidades Federais do Brasil em relação aos conteúdos de Astronomia.

2 Ensino de Astronomia no Brasil

O estudo das estrelas, planetas e galáxias e dos fenômenos além da atmosfera Terrestre estão a cargo de uma das ciências mais antigas, a Astronomia. Ela nos provoca o fascínio e curiosidade, como quando contemplamos um céu noturno e nos questionamos “De onde viemos?”, “Estamos só?”, e “O que há além?”. Tais questionamentos são intrínsecos à natureza humana, portanto o estudo da Astronomia é essencial na busca por essas respostas.

Historicamente, as primeiras civilizações deixaram registros que indicam o estudo do céu e, no século XVII, os primeiros telescópios possibilitaram o desenvolvimento da Astronomia moderna (Picazzio, 2011). No Brasil, apesar de já haver nas culturas indígenas, conhecimento sobre corpos e fenômenos celestes, os primeiros registros do ensino de Astronomia datam de 1534 e estão ligados aos jesuítas da Companhia de Jesus (Leite et al., 2013). O ensino de Cosmologia e Astrologia, essa última com muitos conceitos astronômicos, eram ministrados no nível secundário e no 2º e 3º ano do curso de Filosofia (Hansen, 2001).

No entanto, o ensino de Astronomia sistematizado nas escolas ocorreu a partir da fundação do Colégio Pedro II, em 1837, que definia os conteúdos disciplinares, em âmbito nacional, conforme os regimentos do colégio (Hosoume et al., 2010). Hosoume et al. (2010) analisaram 18 reformas curriculares do Colégio Pedro II, que ocorreram entre 1841 e 1951, para identificar as disciplinas e as séries/anos, do ensino secundário, em que os conteúdos de Astronomia são abordados. As autoras observaram que a disciplina *Cosmographia*, que aborda Sistema Sol-Terra-Lua, movimentos da Terra e Sistema Solar, e *Chronologia*, que aborda latitude, longitude, polos, meridianos e equador, estavam presentes na primeira reforma curricular, já nas duas reformas seguintes esses conteúdos estavam ausentes. Na quarta reforma curricular os conteúdos de *Chronologia* são vinculados a disciplina de *Geographia*, como permanece até hoje e a *Cosmographia* aparece de forma individual ou compartilhada com outras disciplinas até a décima quinta reforma. Nas 3 últimas reformas, ocorridas entre 1931 e 1951 e aprovadas pelo Ministério da Educação e Saúde, o conteúdo de *Cosmographia* também foi vinculado à disciplina de Geografia (Hosoume et al., 2010).

Ao longo das próximas três décadas, o ensino de Astronomia continuou restrito a disciplina de Geografia (Leite et al., 2013). Isso mudou com a terceira Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (Brasil, 1996), que fundamentou a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), parâmetros norteadores para os currículos regionais. O PCN do Ensino Fundamental Anos Finais (Brasil, 1998) sugeriu que conteúdos relacionados à Astronomia, localizados no eixo temático “Terra e Universo”, ficassem a cargo da disciplina de Ciências, onde receberam grande relevância (Leite et al., 2013) ao tratar de Sistema Solar, Estações, Gravitação, Corpos Celestes e concepções de Universo. Contudo, a disciplina de Geografia ainda resguarda alguns tópicos de Astronomia, como: planeta Terra, Clima e Estações.

A partir de 2018, foi aprovada e homologada um novo documento de caráter obrigatório a todo o território nacional, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018). Esse documento visa padronizar o ensino básico das escolas brasileiras, flexibilizando as particularidades regionais. O ensino de Astronomia do Ensino Fundamental Anos Finais continua associado com a disciplina de Ciências, no eixo temático “Terra e Universo”, do mesmo modo que no PCN, e distribuído ao longo dos 4 anos. De maneira geral, nesse documento os objetos de conhecimento vinculados a Astronomia são: “Forma, Estrutura e Movimentos da Terra”, “Efeito Estufa” e “Camada de Ozônio”, “Sistema Sol, Terra e Lua”, “Clima”, “Composição, Estrutura e Localização do Sistema Solar no Universo”, “Astronomia e Cultura”, “Vida Humana fora da Terra”, “Ordem de Grandezas Astronômicas” e “Evolução Estelar”. A implementação inicial da BNCC nos livros didáticos de Ciências foi concretizada no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2020, que ampliou os conteúdos de Astronomia, comparado aos anteriores, para se adequar ao novo padrão da base (Buffon, 2020).

3 Formação inicial para o Ensino de Ciências no Brasil

A disciplina de Ciências foi criada em 1932 para integrar as disciplinas de Física, Química, História Natural e Geociências que eram ministradas separadamente (Romanelli, 1986). Apesar disso, o professor encarregado da disciplina de Ciências eram os formados em um curso específico, o de História Natural (Toledo, 2005 apud Junior & Pietrocola, 2011). Posteriormente com a substituição desse curso pelo de Ciências Biológicas, o cargo de professor de Ciências foi destinado aos biólogos. Desde sua criação, a carga horária de Ciências oscilava entre reformas, sempre inferior às cargas horárias das Ciências Humanas, até meados de 1960 (Ferreira, 2007). Com a promulgação da LDB de 1961 (Brasil, 1961), foi determinada a obrigatoriedade do ensino de Ciências também para os dois primeiros anos das séries ginasiais. De maneira semelhante, a LDB de 1971 (Brasil, 1971) continuou expandindo a disciplina de Ciências tornando-a obrigatória também para os anos iniciais do Ensino Fundamental.

Nesse contexto, a formação inicial dos professores passou por mudanças durante a Ditadura Militar frente a maior demanda de professores nas escolas, especialmente para Ciências Naturais (Gobato & Viveiro, 2017; Krasilchik, 1987). Então, foi criada a habilitação específica de nível médio para exercício do Magistério nos quatro primeiros anos do 1º grau e cursos de Licenciatura Curta, com duração de 3 anos, para lecionar nos últimos quatro anos do 1º grau e 2º grau (Araújo et al., 2014; Saviani, 2009). Contudo, o curto período de duração de tais cursos proporcionava uma formação profissional de baixa qualidade (Krasilchik, 1987), o que os levou

a extinção com a LDB de 1996 (Brasil, 1996) que passou a exigir formação superior em cursos plenos para os profissionais da educação. De acordo com Razuck e Razuck (2011) e Wortmann (2003), muitos dos cursos de Licenciatura Curta em Ciências deram lugar aos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, ao invés das universidades criarem cursos plenos de Ciências Naturais.

Contudo, a formação inicial do biólogo para o ensino de Ciências é questionada por vários autores que afirmam que o ensino por parte desses profissionais não possui uma visão multidisciplinar, já que são muito especialistas, tornando o conteúdo científico fragmentado e com enfoque somente biológico (Barros, 2013; Cunha & Krasilchik, 2000; Junior & Pietrocola, 2010, 2011). Por exemplo, para o ensino de conteúdos relacionados à Astronomia, os professores entrevistados por Buffon et al. (2019) afirmaram que essa disciplina não está inserida na grade curricular do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da instituição onde formaram.

Com objetivo de aprimorar o ensino de Ciências através de uma formação interdisciplinar e multidisciplinar surgiram nos últimos anos os cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza/Naturais (Araújo et al., 2014; Carneiro & Cunha, 2019; Razuck & Razuck, 2011) cuja oferta por instituições de ensino superior é crescente, totalizando 29 instituições até o ano de 2020, sendo seis institutos federais, uma universidade particular e as outras universidades públicas (Chaves et al., 2020). Esse curso visa formar professores capacitados para integrar as áreas de Biologia, Química, Física, Geologia, Astronomia e Matemática e desenvolver uma visão científica mais ampla, de forma que o todo seja valorizado (Carneiro & Cunha, 2019). Dessa forma, Savall e Dutra (2020) constataram que todos os cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza/Naturais, que eles investigaram, apresentaram disciplinas obrigatórias de Astronomia na matriz curricular; entretanto, essas disciplinas possuem baixa carga horária quando comparada com as outras disciplinas que compõe a matriz curricular (Reis & Mortimer, 2020). Por mais que existam duas opções de profissionais para o ensino de Ciências, ainda é possível encontrar situações que precarizam essa disciplina, com engenheiros, agrônomos e médicos, além de outros profissionais que não habilitados para atuarem em sala de aula da educação básica (Razuck & Razuck, 2011) desempenhando a função do biólogo ou cientista natural.

4 Currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas

Historicamente, os conhecimentos vinculados a atual Biologia organizavam-se em estudos de caráter descritivos, como a Zoologia, Botânica e Geologia que eram objetos de interesse da História Natural, e estudos de caráter experimental e independentes como a Embriologia e Fisiologia Humana (Ferreira & Selles, 2008). Um eixo unificador dessas áreas surgiu no início do século XX com a revisão da Genética Mendeliana que preencheu as lacunas da Teoria Evolutiva de Charles Darwin e Wallace e deu origem à Biologia. Essa nova ciência não tinha a classificação que ciências já estabelecidas, como a Física, possuíam (Ferreira & Selles, 2008). De acordo com Ernst Mayr, os físicos da época não davam o devido reconhecimento às Ciências Biológicas emergentes:

O físico Ernest Rutherford, por exemplo, referiu-se à Biologia como “uma coleção de selos postais”. O próprio V. Weisskopf, normalmente bastante isento da usual insolência dos físicos, cometeu recentemente um notável esquecimento ao proclamar que “o

mundo científico, na sua visão, se baseia nas grandes descobertas do século XIX, concernentes à natureza da eletricidade e do calor e à existência de átomos e de moléculas” (1977: 405), como se Darwin, Bernard, Mendel e Freud (para não mencionar centenas de outros biólogos) não tivessem dado uma tremenda contribuição para a nossa concepção científica do mundo e, por que não, talvez uma contribuição maior do que a dos físicos (Mayr, 1998, p. 50)

O fortalecimento dessa ciência viria mais tarde com os trabalhos de Fisher, Wrigth e Haldane que modelaram quantitativamente a Evolução Biológica, e com os avanços da Biologia Molecular (Ferreira & Selles, 2008).

No Brasil, o primeiro curso de História Natural foi inaugurado em 1934, com a fundação da Universidade de São Paulo (USP) (Araújo et al., 2014), posteriormente entre o início da década de 1940 e o final da década de 1960, esse curso surgiu de forma tímida em pelo menos nove universidades pelo país (Rabelo et al., 2006). Em 1963 o Parecer CESu nº 5/63 aprovou a separação do curso de História Natural em Ciências Biológicas e Geologia, um ano depois o Parecer CESu 30/64 estabeleceu o currículo mínimo do curso de Ciências Biológicas (Rabelo et al., 2006). Em 1969, a Resolução CFE de 4 de fevereiro revogou o currículo mínimo de História Natural extinguindo de forma definitiva o curso, além disso definiu um tronco comum curricular e a duração para cursos de Ciências Biológicas licenciatura e bacharelado (Rabelo et al., 2006). No entanto, a regulamentação do profissional biólogo somente ocorreu dez anos depois, com a sanção da Lei Federal nº 6.684/79 (Brasil, 1979).

Até o momento, um currículo amplo do curso de Ciências Biológicas não havia sido proposto. Nesse contexto, o Parecer CNE/CES nº 1301/2001, aprovou as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de graduação em Ciências Biológicas bacharelado e licenciatura, e estabeleceu como conteúdos básicos: Biologia Celular e Molecular, Diversidade Biológica, Ecologia, Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra e Fundamentos Filosóficos e Sociais, tendo a Evolução como eixo integrador (Brasil, 2001). O mesmo documento também aborda os conteúdos específicos da modalidade licenciatura:

(...) deverá contemplar, além dos conteúdos próprios das Ciências Biológicas, conteúdos nas áreas de Química, Física e da Saúde, para atender ao ensino fundamental e médio. A formação pedagógica, além de suas especificidades, deverá contemplar uma visão geral da educação e dos processos formativos dos educandos. Deverá também enfatizar a instrumentação para o ensino de Ciências no nível fundamental e para o ensino da Biologia, no nível médio (Brasil, 2001, p. 6)

Vale ressaltar que não há nenhuma menção direta a Astronomia na DCN de Ciências Biológicas, apesar de esse ser um conteúdo integrante da disciplina de Ciências, como visto anteriormente. Por exemplo, um estudo identificou menos de 10% dos cursos de Ciências Biológicas do estado do Paraná possuindo conteúdos de Astronomia e entre esses, havia baixa carga horária e pouca ênfase (Oliveira et al., 2018). Além disso, para as áreas citadas na DCN a abordagem multidisciplinar não ocorre de fato nos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, que possuem caráter altamente biologizados (Cunha & Krasilchik, 2000). Ademais, nos currículos de licenciaturas em geral, a formação pedagógica é desvinculada da área específica, e seus fundamentos são superficiais (Gatti, 2014). Em relação a isso, o parecer afirma que o currículo deve estar em constante avaliação a fim de se implementar melhorias quando necessárias (Brasil, 2001). Nesse contexto, Antikeira (2018) defende que o respeito a DCN do

curso de Biologia contribuirá para as formações de professores de Biologia e não apenas de biólogos que dão aula.

5 Metodologia

Esse é um estudo exploratório que emprega como método a pesquisa documental, a qual utiliza-se de fontes primárias ainda não analisadas (Marconi & Lakatos, 2003). Os documentos de estudo foram os Projetos Pedagógicos do Curso (PPC) de Licenciatura em Ciências Biológicas das Universidades Federais Brasileiras.

A primeira etapa metodológica consistiu em levantar a lista de universidades federais brasileiras, no site do MEC (emec.mec.gov.br). O critério utilizado para essa busca foi: instituições de ensino superior cuja categoria administrativa foi a pública federal e organização acadêmica foi a universidade, totalizando 68 instituições. Essa lista foi filtrada quanto a oferta do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas/Biologia na modalidade presencial, totalizando 61 universidades. Para as universidades que possuem mais de um campi, foi considerado apenas o campus principal. Posteriormente, os PPC de cada instituição foram obtidos através do site ou por e-mail das instituições correspondentes, cujo documento mais recente até a data da presente pesquisa foi selecionado.

Na segunda etapa metodológica, os PPC foram avaliados quanto a presença ou ausência dos conteúdos de Astronomia, por meio de mecanismo de busca das palavras-chave: Astro*, Cosmo*, Universo, Sistema Solar, Estrela, Galáxia, Gravi*. Quando essas palavras chaves eram encontradas no documento, uma leitura flutuante era realizada para se entender o contexto da disciplina onde essas palavras estavam incluídas, a fim de realizar a próxima análise.

Na última etapa metodológica, foi utilizada a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), para classificar as disciplinas em que a Astronomia está presente e seus conteúdos relacionados. Para Bardin (2011):

Num índice, a classificação das palavras faz-se ao nível de conceitos-chave. Cada um dos conceitos-chave reúne certo número de unidades de significação (palavras, fórmulas, frases) e representa uma variável da teoria do analista. Os conceitos-chave são, portanto, intermediários entre a teoria (construída) e os dados verbais (brutos) (Bardin, 2011, p. 159)

Dessa forma, após a leitura flutuante, foram criadas as categorias e as disciplinas foram classificadas em: disciplinas próprias, quando possuem toda a ementa composta por conteúdo de Astronomia e disciplinas conjugadas, quando a ementa possui conteúdo de outras áreas, além de Astronomia.

De forma similar, após a leitura flutuante, foi possível classificar os conteúdos, encontrados nos PPC, em categorias inspiradas nas divisões da Astronomia: Sistema Solar, Gravitação, Cosmologia, Astronomia Galáctica e Estelar, Astronomia de Posição, História da Astronomia, Mecânica Celeste, Astrobiologia e "Astronomia" como sinônimo de conteúdo. Além disso, foi verificado o caráter obrigatório ou optativo de cada disciplina em que a Astronomia está presente.

6 Resultados

Das 61 Universidades Federais Brasileiras que possuem curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na modalidade presencial, foram analisados os PPC de 55 instituições (Tabela 1). Pois, para duas instituições havia um aviso no site de que o PPC estava em elaboração (UFRRJ e UFCAT) e quatro instituições não disponibilizaram o documento no site e não retornaram os e-mails (UFRJ, UFF, UFCG e UFRGS).

Universidade	Ano do PPC	Universidade	Ano do PPC	Universidade	Ano do PPC
FURG	2021	UFMT	2013	UFSJ	2020
UFABC	2016	UFOB	2016	UFSM	2015
UFAC	2017	UFOP	2020	UFT	2009
UFAL	2019	UFOPA	2014	UFTM	2021
UFAM	2012	UFPA	2013	UFU	2018
UFBA	2014	UFPB	2018	UFV	2017
UFC	2005	UFPE	2010	UFVJM	2018
UFCA	2017	UFPeI	2019	UnB	2019
UFDFPAR	2011	UFPI	2019	UNIFAL	2007
UFES	2019	UFPR	2012	UNIFAP	2008
UFFS	2019	UFR	2012	UNIFEI	2017
UFG	2014	UFRA	2018	UNIFESSPA	2020
UFGD	2020	UFRB	2008	UNILAB	2018
UFJ	2017	UFRN	2018	UNIPAMPA	2013
UFJF	2017	UFRPE	2018	UNIR	2013
UFLA	2020	UFRR	2006	UNIRIO	2006
UFMA	2013	UFS	2008	UTFPR	2017
UFMG	2005	UFSC	2010		
UFMS	2018	UFSCAR	2016		

Tabela 1 - Universidades Federais Brasileiras cujo Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas foi analisado e ano do documento.

Fonte: Autores.

A busca pelas palavras-chave indicou a presença de conteúdos de Astronomia em 18 PPC, que corresponde a 33% das instituições analisadas contra 67% de instituições que não contém conteúdo de Astronomia nos currículos de licenciatura. No total, foram encontradas 23 disciplinas com conteúdo de Astronomia, 19 foram classificadas como disciplina conjugada, sendo 17 obrigatórias e 2 optativas e; 4 foram classificadas como disciplina própria, sendo todas optativas (Tabela 2). Além disso, foram identificadas somente 3 disciplinas voltadas para o Ensino de Ciências (Tabela 2). Vale ressaltar, que as instituições: Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Universidade Federal de Pelotas (UFPeI) possuem duas disciplinas classificadas como conjugadas, e a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) possui uma disciplina conjugada e uma própria.

Categorias	Universidade	Disciplinas	Obrigatória/Optativa
Disciplina conjugada	UFAL	Física Geral	OBG
	UFMT	Paleobiologia	OBG
	UFS	Instrumentação para o Ensino de Ciências	OBG
		Metodologia de Ensino de Ciências	OBG
	UFCA	Física II	OBG
	UFMA	Fundamentos de Geologia	OBG
	UFOB	Fundamentos de Física	OBG
	UFPI	Geologia	OBG
	UFRPE	Geologia aplicada ao ensino de Biologia	OBG
	UFOP	Geologia Geral	OBG
		Física aplicada a Biologia	OBG
	UFVJM	Geologia	OBG
	UNIRIO	Complementos de física	OPT
	UTFPR	Introdução a Física Moderna e a Astronomia	OBG
		Geologia	OBG
	FURG	Geologia Geral	OBG
Introdução à Física		OBG	
UFPEL	História Biológica da Terra	OPT	
	FISICA	OBG	
Disciplina própria	UNIRIO	Introdução a Cosmologia	OPT
	UFTM	Introdução a Astronomia	OPT
	UFMS	Astronomia no Ensino Fundamental	OPT
	UFFS	Introdução a Astronomia	OPT

Tabela 2 - Categorização de disciplinas com conteúdos de Astronomia nos PPC.

Fonte: Autores.

Em relação as categorias de conteúdo, a Tabela 3 detalha exemplos dos conteúdos encontrados e classificados nessas categorias. A maior ocorrência foi registrada para as categorias de Sistema Solar, Cosmologia e Gravitação, respectivamente (Figura 1). Os conteúdos relacionados a essas três categorias estavam presentes com maior frequência em disciplinas conjugadas. Por outro lado, a Astrobiologia foi a categoria com menor ocorrência nos PPC (Figura 1), sendo os conteúdos relacionados a essa categoria, presentes exclusivamente em disciplinas conjugadas. A categoria “Astronomia” como sinônimo de conteúdo também foi identificada apenas em disciplinas conjugadas. Por fim, as categorias de Astronomia Galáctica e Estelar, História da Astronomia, Mecânica Celeste e Astronomia de Posição foram registradas frequentemente nas disciplinas próprias.

Categorias	Conteúdos	Categorias	Conteúdos
Astrobiologia	Origem da Vida na Terra, Vida Extraterrestre	Gravitação	Campo gravitacional, Leis da gravidade, Forças gravitacionais
Astronomia de Posição	Coordenadas, Esfera celeste, Constelação	História da Astronomia	Astronomia na antiguidade, Astronomia e Cultura
Astronomia Galáctica e Estelar	Evolução estelar, Buracos negros, Exoplanetas, Galáxias, Nucleossíntese	Mecânica Celeste	Leis de Kepler, Órbita, Fases da Lua, Estações do ano, Marés, Eclipses
Cosmologia	Origem e Evolução do Universo, Tipos de Universo, Big Bang, Estrutura do Universo	Sistema Solar	Origem do Sistema Solar, Sistema Sol-Terra-Lua, História do Sistema Solar, Efeito Estufa

Tabela 3 - Exemplos de conteúdos em cada categoria de conteúdo.

Fonte: Autores.

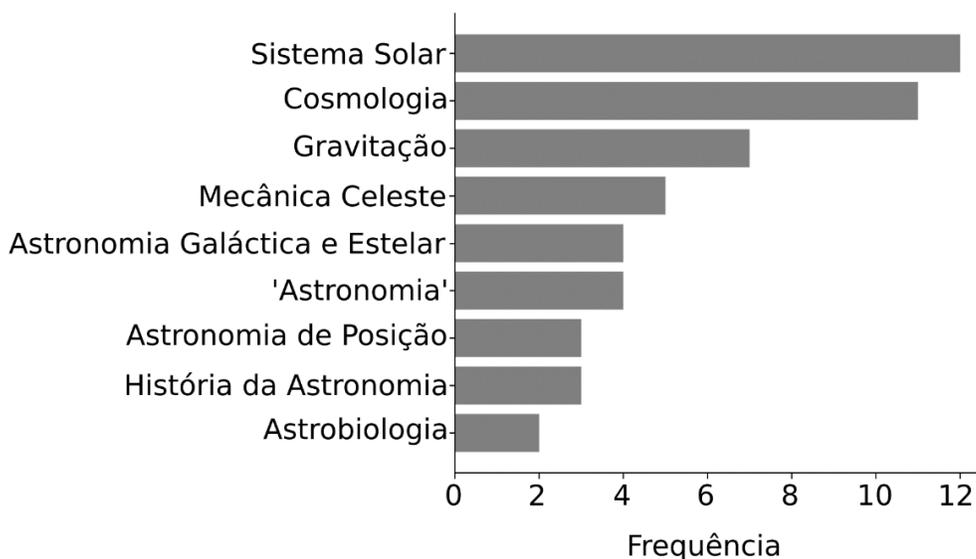


Figura 1 - Frequência das categorias de conteúdo presentes nos PPC

Fonte: Autores.

7 Discussão

A análise dos PPC dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas permitiu constatar a baixa frequência de universidades federais brasileiras que possuem conteúdos de Astronomia nos currículos desses cursos. Essa afirmação vai ao encontro dos resultados observados por Oliveira et al. (2018), ao nível estadual. Além disso, conteúdos de Astronomia foram geralmente observados dentro de disciplinas obrigatórias de outras ciências, como Física e Geologia, sendo que disciplinas próprias de Astronomia nunca eram obrigatórias. Dessa forma, corroboramos a hipótese de Langhi e Nardi (2009) de que o curso de Ciências Biológicas pouco discute assuntos astronômicos. Portanto, os resultados deste estudo trazem dados exclusivos, ao nível nacional, que evidenciam a lacuna de conhecimentos astronômicos na formação de Biólogos para exercer a docência em Ciências.

A maioria das disciplinas que abordam conteúdos de Astronomia foram classificadas como conjugadas e obrigatórias, por outro lado, houve poucas disciplinas próprias de Astronomia, todas optativas. Os conteúdos de Astronomia nas disciplinas conjugadas são acessórios, ou seja, são um suporte para os principais conteúdos dessas disciplinas. Portanto, é de se esperar que a carga horária dos conteúdos de Astronomia nessas disciplinas seja baixa, ou que esse conteúdo seja negligenciado por parte dos docentes. Já para as disciplinas próprias optativas, podemos questionar a frequência de oferta dessas disciplinas e a motivação dos estudantes para cursá-las. Ademais, o fato dessas disciplinas serem todas optativas, agregado a oferta incipiente de matérias introdutórias de Astronomia às Licenciaturas, refletem a desvalorização por parte dos departamentos responsáveis desses cursos, inclusive o de Licenciatura em Ciências Biológicas (Rocha-Pinto et al., 2009).

As disciplinas que contém Astronomia são predominantemente relacionadas à Geologia e Física, que abordam frequentemente conteúdos como: Origem do Universo, do Sistema Solar e da Terra e Lei da Gravidade, respectivamente. Portanto, isso explica a maior frequência das categorias de conteúdo Sistema Solar, Cosmologia e Gravitação. Entretanto, dessas três categorias, apenas os conteúdos relacionados à Sistema Solar aparecem na BNCC. Em geral, não há equabilidade entre as categorias de conteúdos, mesmo que os conteúdos relacionados às categorias menos frequentes, também, estejam presentes na BNCC. Por exemplo, a categoria Astrobiologia é a que menos está presente nos PPC, mas pode representar uma oportunidade de ensino de Astronomia para Biólogos, visto que seu caráter interdisciplinar conecta diversas ciências (Souza, 2013). Por fim, a categoria 'Astronomia' como sinônimo de conteúdo apenas reforça a negligência dessa ciência nos currículos, pois a Astronomia é um vasto campo de conhecimento e não um único conteúdo.

A partir do conhecimento histórico do curso de Ciências Biológicas, é possível explicar as deficiências observadas devido à falta de uma reestruturação curricular para incorporar conteúdos de Astronomia. Ou ainda, a desvalorização do ensino de Astronomia no Ensino Superior pode não ser uma problemática exclusiva da Licenciatura em Ciências Biológicas, mas dos cursos em geral, como foi observado nos cursos de Bacharelado de Física (Rocha-Pinto et al., 2009), de Licenciatura em Física (Junior et al., 2014; Slovinski et al., 2021) e até mesmo na maioria dos cursos de Ciências da Natureza/Naturais (Reis & Mortimer, 2020). Nesse sentido,

vale refletir se tal déficit generalizado de disciplinas de Astronomia é consequência da escassez de cursos de graduação em Astronomia, para servir de referência para a criação dessas disciplinas. A sobrecarga dos docentes de Física aptos a ministrar conteúdos de Astronomia também leva a refletir sobre esse déficit, pois eles precisam ofertar disciplinas específicas de Física para vários cursos, em detrimento de disciplinas astronômicas. Logo, seria importante contratar docentes exclusivos para ofertar tópicos de Astronomia, em disciplinas próprias ou colaborar em disciplinas conjugadas. Por fim, reconhecemos como limitação desse estudo que os PPC analisados podem não representar o estado atual das disciplinas ofertadas nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, já que as instituições não atualizam esse documento com frequência. Além disso, não foi possível obter o PPC de duas instituições que sabidamente ofertam disciplinas de Astronomia para outros cursos, mas reiteramos que essas duas instituições não alterariam o panorama apresentado.

A escassez de conteúdos de Astronomia nos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas representa uma lacuna de conhecimento para os futuros profissionais dessa área. Essa lacuna de conteúdos e disciplinas de Astronomia compromete a prática de sala de aula, uma vez que, o saber disciplinar é parte fundamental dos saberes docentes (Tardif et al., 1991). Contudo, a simples presença de disciplinas de Astronomia não é suficiente, pois disciplinas conteudistas não garantem uma transformação na prática docente, e sim disciplinas pautadas em metodologias pedagógicas que contribuem efetivamente para isso (Bartelmebs, 2018; Leite et al., 2013). Nesse contexto, apenas três disciplinas encontradas nos PPC cumprem esse requisito, mas elas também apresentam problemas, entre os citados anteriormente. Dessa forma, consideramos que nenhuma das instituições analisadas se aproximam do ideal de preparo para o ensino de Astronomia. Portanto, faz-se necessário a ampliação não só de disciplinas voltadas para Astronomia, mas também que essas tenham um viés pedagógico, sejam obrigatórias e próprias, ainda mais considerando o aumento de conteúdos Astronômicos na BNCC e no PNL D, nos últimos anos (Buffon, 2020).

8 Considerações Finais

Os conteúdos de Astronomia estão inseridos na disciplina de Ciências, do Ensino Fundamental Anos Finais, geralmente lecionada pelo formado em Ciências Biológicas. Entretanto as investigações acerca do currículo desse curso para o ensino de Astronomia são escassas. Foram identificados poucos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas que abordam Astronomia nos currículos, e quando abordam, raramente essa ciência está presente como uma disciplina própria, além disso, não existe uma equabilidade na frequência entre as diferentes categorias de conteúdos astronômicos. Esse estudo corrobora a hipótese de que cursos de Licenciatura em Biologia negligenciam os assuntos astronômicos e aponta um dos problemas persistentes no currículo desses cursos. Também, colabora com as discussões acerca da formação inicial de professores de Ciências para o ensino de Astronomia. Em síntese, é fundamental a criação e ampliação da oferta de cursos de formação continuada e a longo prazo é necessária uma reestruturação do currículo dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, a fim de capacitar esses profissionais para o exercício da docência científica em Astronomia.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores João Paulo Cunha de Menezes e Diones Charles Araújo pela leitura, revisão e sugestões do manuscrito.

Referências

- Almeida, A. S., & Menezes, M. C. F. (2020). A história da Astronomia nos livros de Ciências Naturais dos anos finais do Ensino Fundamental do PNLD 2017-2019. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 13(2), 75–98.
- Antiqueira, L. M. O. R. (2018). Biólogo ou professor de Biologia? A formação de licenciados em Ciências Biológicas no Brasil. *Revista docência do ensino superior*, 8(2), 280-287.
- Araújo, E. P. R., Toledo, M. C. M., & Carneiro, C. D. R. (2014). A evolução histórica dos cursos de Ciências Naturais na Universidade de São Paulo. *Terræ*, 10, 28-38.
- Barbosa, P. G., Aquino, A. M., & Calheiro, L. B. (2020). Representações sociais de alunos da Educação Básica sobre buracos negros. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32, 135–142.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barros, L. V. (2013). *Intenção de ingresso dos alunos do Ensino Médio das escolas de Planaltina no curso de Licenciatura em Ciências Naturais da faculdade UnB de Planaltina* (Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília). Recuperado em 03 nov., 2022, de https://bdm.unb.br/bitstream/10483/7238/1/2013_LaysVianaDeBarros.pdf.
- Bartelmebs, R. C. (2018). Concepções de estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas e Ciências Exatas sobre conceitos básicos de Astronomia. *Revista Espaço Pedagógico*, 25(2), 277-296.
- Bartelmebs, R. C., Jesus, M. T., Pandini, C. A., Figueira, M. M. T., Tait, A., Santos, K. R., . . . Silva, L. F. (2020). Um estudo exploratório sobre o que sabem os alunos dos anos iniciais acerca de conceitos de Astronomia. *Arquivos do Mudi*, 24(3), 107–114.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília. Recuperado em 03 nov., 2022, de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.
- Brasil. Ministério da Educação. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental*. Brasília. Recuperado em 03 nov., 2022, de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/biblioteca-de-apoio/pcn-ensino-fundamental-6-ao-9-ano/>.

- Brasil. Ministério da Educação. (2010). *Referenciais curriculares nacionais dos cursos de bacharelado e licenciatura*. Brasília. Recuperado em 03 nov., 2022, de <https://abmes.org.br/arquivos/documentos/Referenciais-Curriculares-Nacionais-v-2010-04-29.pdf>.
- Brasil. Ministério da Educação. Parecer CNE/CES 1301, de 6 de novembro de 2001. (2001). Aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura). Brasília: Presidência da República. Recuperado em 24 jul., 2022, de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>.
- Brasil. Lei nº 4024, de 20 de dezembro de 1961. (1961). Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Presidência da República. Recuperado em 24 jul., 2022, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm.
- Brasil. Lei nº 5692, de 11 de agosto de 1971. (1971). Fixa as Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República. Recuperado em 24 jul., 2022, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5692.htm.
- Brasil. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996. (1996). Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Presidência da República. Recuperado em 24 jul., 2022, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm.
- Brasil. Lei nº 6684, de 3 de setembro de 1979. (1979). Regulamenta as profissões de Biólogo e Biomédico, cria o Conselho Federal e os Conselhos Regionais de Biologia e Biomedicina, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República. Recuperado em 24 jul., 2022, de <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6684-3-setembro-1979-377756-publicacaooriginal-1-pl.html>.
- Buffon, A. D. (2020). A Astronomia e os livros didáticos de Ciências: uma comparação entre o PNLD 2017 e o PNLD 2020. *Arquivos do Mudi*, 24(3), 41–50.
- Buffon, A. D., Neves, M. C. D., & Pereira, R. F. (2019). Como os professores de Ciências veem o ensino de Astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental: uma possível influência dos saberes docentes. *Revista Pontes*, 6, 48-58.
- Carneiro, A. S., & Cunha, S. L. (2019). Quem é o/a Licenciado/a em Ciências Naturais/da Natureza?. In: D. M. S. Silva (Org.). *Quem é o/a Licenciado/a em Ciências Naturais/da Natureza? Perspectivas profissionais: coletânea de textos do III CONCINAT* (pp. 54-59). Campos dos Goytacazes, RJ: Brasil Multicultural.
- Chaves, L. L., Bierhalz, C. D. K., & Stoll, V. G. (2020). Análise dos Projetos Pedagógicos de curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. *Revista Meta: Avaliação*, 12(37), 956-978.
- Costa, S., Euzébio, G. J., & Damasio, F. (2016). A Astronomia na formação inicial de professores de Ciências. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (22), 59–80.

Cunha, A. M. O., & Krasilchik, M. (2000). A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência. In: *Reunião da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Educação* (p. 1-14). Caxambú, MG. Recuperado em 24 jul., 2022, de <https://www.anped.org.br/biblioteca/item/formacao-continuada-de-professores-de-ciencias-percepcoes-partir-de-uma-experiencia>.

Ferreira, M. S. (2007). Investigando os rumos da disciplina escolar Ciências no Colégio Pedro II (1960-1970). *Educação em Revista*, 45, 127-144.

Ferreira, M. S., & Selles, S. E. (2008). Entrelaçamentos históricos das Ciências Biológicas com a disciplina escolar Biologia: investigando a versão azul do 'BSCS'. In: M. G. Pereira & A. C. R. Amorim (Org.). *Ensino de Biologia: fios e desafios na construção de saberes* (pp. 37-61). João Pessoa, PB: Editora Universitária da UFPB.

Gatti, B. A. (2014). A formação inicial de professores para a educação básica: as licenciaturas. *Revista USP*, (100), 33-46.

Gobato, M. M., & Viveiro, A. A. (2017). Um panorama dos atuais cursos de Licenciatura em Ciências Naturais em universidades públicas brasileiras. In: *Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências* (p. 1-8). Florianópolis, SC. Recuperado em 24 jul., 2022, de <http://abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1995-1.pdf>.

Gomes, Y. M. (2020). *A ausência de estudos astronômicos nas Licenciaturas de Ciências Biológicas e o impacto dessa carência na Educação Básica* (Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Ciências Agrárias e Biológicas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia). Recuperado em 16 de set., 2022, de <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/705/1/GOMES%202020%20A%20aus%C3%A2ncia%20de%20estudos%20astron%C3%B4micos%20nas%20Licenciaturas%20de%20Ci%C3%A2ncias%20Biol%C3%B3gicas%20e%20o%20impacto%20desta%20car%C3%A2ncia%20na%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20B%C3%A1sica.pdf>.

Hansen, J. A. (2001). Ratio Studiorum e política católica ibérica no século XVII. In: D. G. Vidal & M. L. S. Hilsdorf (Org.). *Brasil 500 anos: tópicos em história da educação* (pp. 13-42). São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo.

Hosoume, Y., Leite, C., & Carlo, S. (2010). Ensino de Astronomia no Brasil - 1850 a 1951- Um Olhar pelo Colégio Pedro II. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 12, 189-204.

Junior, 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*, (18), 89-101.

Júnior, C. A. O. M., & Pietrocola, M. (2010). Análises de propostas para a formação de professores de Ciências do Ensino Fundamental. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(2), 31-58.

- Júnior, C. A. O. M., & Pietrocola, M. (2011). Atuação de professores formados em Licenciatura Plena em Ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 4(1), 175-198.
- Krasilchik, M. (1987). *O professor e o currículo das Ciências*. São Paulo: EPU/EDUSP.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2005). Dificuldades de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (2), 75-91.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111.
- 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, 4402-4412.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2010). Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 12, 205-224.
- Leite, C., & Hosoume, Y. (2007). Os professores de Ciências e suas formas de pensar a Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (4), 47-68.
- Leite, C., & Hosoume, Y. (2009). Programa nacional do livro didático e a Astronomia na educação fundamental. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2152-2157.
- Leite, C., Bretones, P. S., Langhi, R., & Bisch, S. M. (2013). Astronomia na Educação Básica. In: O. T. Matsuura (Org.). *A história da Astronomia no Brasil* (pp. 543-586). Recife, PE: Companhia Editora de Pernambuco.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5a. ed.). São Paulo, SP: Editora Atlas.
- Mayr, E. (1998). *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília.
- Oliveira, A. A., Fusinato, P. A., & Batista, M. C. (2018). Astronomia nos currículos dos cursos de Ciências Biológicas no estado do Paraná. *Revista Valore*, 3, 334-342.
- Picazzio, E. (Org.). (2011). *O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes*. São Paulo, SP: Odisseus editora.
- Rabelo, É. M. L., Mendes, I. L. V., Pileggi, M., & Azevedo, R. A. (2006). Ciências Biológicas. In: A. E. Haddad (Org.). *A trajetória dos cursos de graduação na saúde 1991-2004* (pp. 51-86). Brasília, DF: INEP.

Razuck, R. C. S. R., & Razuck, F. B. (2011). O enfoque CTS na formação de professores de Ciências - Um estudo de caso da Universidade de Brasília. In: *Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade* (p. 1-11). Curitiba, PR. Recuperado em 24 jul., 2022, de <https://www.esocite.org.br/eventos/tecsoc2011/cd-anais/arquivos/pdfs/artigos/gt003-aeducacao.pdf>.

Reis, R. C., & Mortimer, E. F. (2020). Um estudo sobre licenciaturas em Ciências da Natureza no Brasil. *Educação em Revista*, 36, 2020.

Rocha-Pinto, H. J., Gregorio-Hetem, J., Almeida, A. A., Gruenwald, R. B., Jatenco-Pereira, V., Saraiva, M. F. O., & Jafelice, L. C. (2009). *Ensino de Astronomia na Graduação*. São Paulo, SP: Relatório Anual do INCT-A, anexo 5b.

Romanelli, O. O. (1986). *História da Educação no Brasil (1930/1973)* (8ª. ed.). Petrópolis: Vozes.

Santos, L. V. O., Martins, E., Santos, T. N., Silva, C. C. B., Vieira, T. F., & Batista, M. C. (2021). Concepções de professores de Ciências sobre conceitos básicos de Astronomia. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 10678–10689.

Savall, A., & Dutra, C. M. (2020). Astronomia no Ensino Superior: qual sua evidência nos cursos de Licenciatura em Física e Ciências da Natureza?. In: *Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA*. Bagé, RS. Recuperado em 24 jul., 2022, de <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/67421>.

Saviani, D. (2009). Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Educação*, 14(40), 143-155.

Slovinski, L., Alves-Brito, A., & Massoni, N. T. (2021). A Astronomia em currículos da formação inicial de Física: uma análise diagnóstica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43.

Souza, J. G. (2013). *Astrobiologia: obstáculos e possibilidades, a (re)ligação com o Cosmos e o Ensino de Ciências* (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru). Recuperado em 03 nov., 2022, de https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90981/souza_jg_me_bauru.pdf?s.

Tardif, M., Lessard, C., & Lahaye, L. (1991). Os professores face ao saber: esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria e educação*, 4, 215–233.

Toledo, M. C. M. (2005). Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - Coordenadora do curso de Licenciatura em Ciências Naturais. Dados parciais da entrevista estruturada.

Wortmann, M. L. C. (2003). Currículo e Ciências: as especificidades pedagógicas do ensino de Ciências. In: M. V. Costa (Org.). *O Currículo nos Liminares do Contemporâneo* (3ª. ed.). Rio de Janeiro, RJ: DP&A.

ABORDAGEM DA ASTRONOMIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

 Taís Regina Hansen ¹
 Luciana Bagolin Zambon ²

Resumo: A Astronomia é apontada como uma importante colaboradora da Educação em Ciências: além de possibilitar a interdisciplinaridade e contemplar a abordagem da História e Filosofia da Ciência (HFC) e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), ela possui um papel motivador dificilmente encontrado em outras esferas científicas. Embora reconhecida por suas contribuições na formação de cidadãos críticos e responsáveis e mesmo estando presente nos documentos norteadores da Educação Básica, a área vem perdendo seu espaço em sala de aula. Segundo diversos estudos, essa ausência de assuntos astronômicos nos currículos da Educação Básica, possui decorrência, dentre outros fatores, da falta de formação apropriada dos docentes para a Astronomia e problemáticas relacionadas aos Livros Didáticos. Neste sentido, buscamos verificar, por meio da presente pesquisa, de que forma assuntos astronômicos vêm sendo abordados em uma coleção de Livros Didáticos da disciplina de Física. De modo geral concluímos que a coleção trata da Astronomia, contudo de forma bastante vaga e cometendo, em certos casos, erros conceituais.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia; Livros Didáticos; Ensino Médio.

APROXIMACIÓN A LA ASTRONOMÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA PARA LA ENSEÑANZA SECUNDARIA

Resumen: Se señala que la Astronomía es un contribuyente importante a la Enseñanza de las Ciencias: además de possibilitar la interdisciplinariedad y contemplar el enfoque HFC y CTS, tiene un papel dinamizador difícilmente encontrado en otros ámbitos científicos. Aunque reconocida por sus aportes a la formación de ciudadanos críticos y responsables e incluso estando presente en los documentos rectores de la Educación Básica, el área ha ido perdiendo su espacio en las aulas. Según varios estudios, esta ausencia de materias astronómicas en los currículos de Educación Básica se debe, entre otros factores, a la falta de formación adecuada de los docentes en Astronomía y a problemas relacionados con los libros de texto. En ese sentido, buscamos verificar, a través de la presente investigación, cómo los temas astronómicos han sido abordados en una colección de Libros Didáticos de la disciplina Física. En general, concluimos que la colección trata de la Astronomía, aunque de forma muy vaga y cometiendo, en ciertos casos, errores conceptuales.

Palabras clave: Enseñanza de la Astronomía; Libros Didáticos; Escuela Secundaria.

APPROACH TO ASTRONOMY IN PHYSICS TEXTBOOKS FOR MIDDLE AND HIGH SCHOOL

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. E-mail: ta.hansen@acad.ufsm.br

² Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. E-mail: luciana.zambon@ufsm.br

Abstract: Astronomy is seen as an important contributor to science education; in addition to enabling interdisciplinarity and addressing the History and Philosophy of Science (HPS) and Science, Technology, and Society (STS) approaches, it plays a motivating role that is hardly found in other scientific domains. Although recognized for its contributions to the formation of critical and responsible citizens and even though it is present in the guiding documents of Basic Education, the area has been losing its place in the classroom. According to various studies, this absence of astronomical topics in the Basic Education curriculum is due, among other factors, to the lack of appropriate teacher training in Astronomy and issues related to textbooks. In this sense, we aim to investigate, through the present research, how astronomical subjects are being addressed in a collection of Physics textbooks. In general, we concluded that the collection does cover Astronomy, but in a rather vague fashion and, in some cases, with conceptual errors.

Keywords: Teaching Astronomy; Didactical books; High school.

1 Introdução

Os Livros Didáticos (LD) são materiais com grande tradição na escolarização básica no Brasil, podendo facilmente ser considerado como parte da cultura escolar e das representações sociais e lembranças sobre a escola de várias gerações. O atual Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é resultado de uma trajetória histórica que teve início no século XX e que se consolidou, na transição para o século XXI, como uma política de Estado, envolvendo processo de avaliação dos livros, escolha pelos professores e distribuição para todos os estudantes. Por tudo isso, a presença de livros didáticos no cotidiano das escolas e das salas de aula de todo país é reafirmada, graças à distribuição gratuita de livros para todas as escolas públicas.

Nesta perspectiva, tendo em vista que o LD ocupa centralidade como uma fonte de informações para discentes e docentes, torna-se relevante que o material apresente os conteúdos de forma clara, aprofundada e significativa, promovendo condições favoráveis para o processo de ensino e de aprendizagem. No âmbito do ensino de ciências, Trevisan, Lattari e Canalle (1997, p. 8) destacam que o LD “deve apresentar como objetivo principal a explicitação das necessidades históricas que levaram o homem a compreender e a apropriar-se das leis que movimentam, produzem e regem os fenômenos naturais”. Além dessa perspectiva, embasados em Bizzo (1996 *apud* Langhi & Nardi, 2007), acrescentamos outros aspectos que tornam um livro de ciências adequado: as atividades propostas devem incluir demonstrações e atividades experimentais bem formuladas; o aluno deve perceber a constante interdisciplinaridade em seu conteúdo; a cultura e os valores éticos e religiosos devem ser respeitados; o livro não deve se limitar ao incentivo à memorização de fórmulas, enunciados e termos técnicos e as ilustrações devem transmitir a veracidade das informações.

Tendo iniciado na década de 1990, o processo de avaliação dos livros no âmbito do PNLD leva em consideração tanto critérios gerais e comuns a todas as áreas, bem como critérios específicos de cada área e critérios particulares de cada disciplina. No caso da Física, por exemplo, o PNLD 2018 utilizou vinte e sete (27) critérios específicos, desdobrados em dezessete (17) itens para o livro do aluno e dez (10) itens para o livro do professor. Podemos destacar a busca por um livro que: utilize o vocabulário científico; não privilegie a memorização de definições; leve em consideração as concepções alternativas dos estudantes e suas experiências

socioculturais; aborde o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)³ e História e Filosofia da Ciência (HFC)⁴; apresente exercícios e problemas de modo claro e contextualizado; apresente experimentos realizáveis em ambientes escolares típicos sob uma perspectiva investigativa; estimule o estudante para o desenvolvimento de habilidades de comunicação oral e científica; propiciando leituras e produções de textos diversificados; utilize analogias e metáforas, deixando claro suas semelhanças e diferenças em relação ao fenômeno estudado; utilize ilustrações de forma adequada; evite utilizar situações idealizadas; articule tópicos conceituais; trate de forma adequada e pertinente de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

Apesar disso, conforme destacam Amaral e Oliveira (2011, p. 53), “as limitações dos livros didáticos presentes no mercado editorial, inclusive aqueles que foram objeto de avaliação pelo Ministério da Educação [...], ainda são muito grandes.”. No que tange o ensino de Astronomia, foco do presente estudo, algumas investigações apontam que a área costuma ser impactada negativamente pelos livros didáticos. Langhi e Nardi (2007) indicam a ausência de diversos temas astronômicos ou a presença fragmentada de muitos deles, sendo que poucas páginas são dedicadas para a área. Ainda sobre esse ponto, Marrone Júnior e Trevisan (2009) salientam que

Não é raro encontrar opiniões que colocam a Astronomia como um capítulo do Ensino de Física, muitas vezes relegado ao esquecimento, quando muito abordado numa aula de Gravitação Universal ou nas Leis de Kepler, apenas como: “[...] e antigamente era assim que se pensava” (p. 549).

Outros pesquisadores apontam diferentes problemáticas. Amaral e Oliveira (2011) citam a existência de falhas nas imagens e diagramas e erros conceituais que poderiam facilmente ser corrigidos. Trevisan, Lattari e Canalle (1997, p. 14) salientam que “não se estimula o aluno a ver os fenômenos do céu, no seu dia a dia, estimulando a pesquisa e a observação”. Já Canalle (1997) evidencia que, nas poucas vezes em que há algum tipo de experimento ou atividade prática sugerida, faltam informações que, por vezes, impossibilitam a sua realização.

Embora antigas, essas pesquisas retratam problemáticas que ainda não foram completamente superadas. Investigações mais recentes, como a realizada por Sobreira e Ribeiro (2023), na qual foram analisadas 7 coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, aprovados pelo PNL D 2021, demonstram que persistem erros conceituais astronômicos nas obras. Em outra pesquisa, dessa vez envolvendo livros didáticos de Ciências para os anos finais do Ensino Fundamental, as autoras Zanatta, Weberling e Carvalho (2021) identificaram conteúdos astronômicos nas 5 obras exploradas, contudo, revelaram-se fragmentados, estanques e equivocados.

Informações imprecisas e desatualizadas, bem como inadequações de caráter conceitual e pedagógico quando presentes nos guias didáticos podem ser extremamente prejudiciais para o

³ O enfoque CTS tem como principal objetivo a formação crítica e reflexiva dos estudantes, visando que estes desenvolvam conhecimentos e atitudes favoráveis no que diz respeito à participação e tomada de decisões responsáveis sobre os temas de Ciência e Tecnologia.

⁴ O enfoque HFC tem como objetivo a inclusão de discussões sobre o processo histórico e o contexto filosófico das ciências, de forma a favorecer a compreensão e o aprendizado científico. Além disso, o enfoque é capaz de “humanizar” a ciência, enfatizando o processo de construção do conhecimento.

processo de ensino e de aprendizagem, principalmente devido à existência de um grande déficit na formação docente em relação a assuntos ligados à Astronomia (Hansen & Zambon, 2021). Conforme salientam Amaral e Oliveira (2011), esses professores encontram muitas dificuldades para identificar e corrigir os diversos erros trazidos pelos livros. Frente a essa lacuna formativa, Langhi (2009) considera que, de forma geral, os professores optam por duas alternativas:

Preferem não ensinar astronomia ou buscam outras fontes de informação. Porém, há carência de fontes seguras sobre astronomia [...] A mídia é escassa em documentários sobre o tema, e muitas vezes prefere exagerar no sensacionalismo em notícias que envolvem assuntos sobre o espaço sideral (p. 11).

Como resultado destes e de outros aspectos, tais como o peso da tradição na definição dos conteúdos escolares e condições precárias de trabalho dos professores na educação básica, percebe-se que a Astronomia vem perdendo seu espaço em sala de aula nos últimos anos (Neres, 2017), mesmo estando prevista nos documentos norteadores da educação, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e sendo considerada, pela comunidade acadêmica, como uma área de grande colaboração para o ensino de Ciências e para a formação de jovens críticos e responsáveis; nas palavras de Voelzke e de Macêdo (2020, p. 3) “a Astronomia combina ciência, tecnologia, inspiração e emoção e pode assim contribuir para a melhoria da educação e no desenvolvimento sustentável”.

Em contrapartida à sua insuficiente presença no contexto da Educação Básica, o ensino de Astronomia vem sendo indicado como uma área de crescente preocupação entre os pesquisadores brasileiros (Langhi & Nardi, 2014). Um olhar para as teses e dissertações publicadas até 2020 nos mostra um aumento de pesquisas, principalmente a partir de 2015. Da mesma forma, Castro, Pavani e Alves (2009) identificam um aumento de pesquisas publicados em congressos e eventos das áreas de educação em ciências e de ensino de Física e Hansen (2021) observa o mesmo nas publicações em periódicos, verificando que as investigações sobre os “erros conceituais e conteúdos apresentados pelos livros didáticos foram realizadas, em sua maioria, anteriormente ao programa do PNLD. Apenas um dos trabalhos relacionados à temática foi realizado após 2009” (Hansen, 2021, p. 88).

Tendo em vista o panorama aqui apresentado e considerando o importante papel desempenhado pelos livros didáticos, tanto no planejamento quanto na efetivação das práticas pedagógicas escolares, entendemos como fundamental compreender a maneira como os conceitos astronômicos são abordados nos Livros Didáticos de Física, sendo esse o objetivo desta investigação.

2 Metodologia

O presente estudo faz parte de uma investigação mais ampla que buscou compreender como se dá o processo de ensino de conceitos astronômicos dentro da Educação Básica em especial no Ensino Médio. Trata-se de uma pesquisa qualitativa (Flick, 2009) e documental, com foco na análise de livros didáticos de Física.

Nosso corpus de análise foi definido a partir da identificação do LD mais escolhido para o componente curricular de Física, dentre os aprovados e distribuídos no âmbito do PNLD 2018,

nas escolas públicas de um município do Rio Grande do Sul, onde foi realizada a pesquisa mais ampla. Chegamos assim à coleção *Física, Contexto & Aplicações*, volumes 1, 2 e 3 (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016), adotada em sete escolas.

Para a análise da coleção seguimos três (3) etapas, pelas quais foram analisados os textos, as atividades e as ilustrações. Na primeira etapa, através de uma leitura fluente, identificamos as páginas que apresentavam informações relacionadas com Astronomia – seja através de texto, questão, ilustração ou imagem. Para a segunda etapa, realizamos a distribuição dos conteúdos em duas categorias: 1 – Conceitos astronômicos como elementos centrais de discussão e 2 – Conceitos astronômicos como elementos contextualizadores para o ensino de Física. Na terceira etapa, realizamos a análise dos elementos coletados, buscando verificar quais os conceitos apresentados, a coerência das informações e de que forma a Astronomia é evidenciada. Neste âmbito, para esta etapa utilizamos um quadro com vinte e dois (22) critérios de análise (Tabela 1), com itens utilizados como referência para a análise dos livros didáticos em relação à composição geral dos seus textos, às suas propostas de atividades e às suas ilustrações.

Material de análise	Item	Descrição
Textos	1	O texto apresenta os conceitos de forma correta?
	2	O texto apresenta os conceitos de forma contextualizada?
	3	As informações são claras e adequadas ao nível de ensino?
	4	Apresenta o conteúdo em uma sequência didática adequada?
	5	O texto utiliza um vocabulário científico?
	6	O texto busca relacionar a Astronomia com o cotidiano do aluno?
	7	O texto busca relacionar a Astronomia com as aplicações e ampliações tecnológicas?
	8	O texto transmite valores que auxiliem na formação de um sujeito crítico, ético, reflexivo e responsável?
	9	O texto apresenta o desenvolvimento histórico da Astronomia?
	10	O texto sugere leituras complementares para aprofundar os conhecimentos do aluno?
	11	O texto apresenta sugestão de alguma atividade complementar?
Atividades	1	As atividades estão relacionadas com os conteúdos?
	2	As propostas de atividades são claras?
	3	Apresenta propostas de atividades para serem desenvolvidas em grupo, despertando a cooperação e o trabalho em equipe?
	4	As atividades favorecem o desenvolvimento de um senso crítico em relação ao tema?
	5	As atividades valorizam os conceitos astronômicos e físicos?
Ilustrações	1	As ilustrações são objetivas?
	2	As ilustrações mantêm relação com o texto?
	3	As figuras possuem legenda e/ou título explicativos?
	4	As ilustrações retratam a realidade?
	5	A legenda está de acordo com o texto?
	6	A legenda explica de forma clara o que está representado na ilustração?

Tabela 1 -Itens utilizados como referência para as análises dos Livros Didáticos.

Fonte: Adaptado de (Cavalcante, 2013).

Tendo em vista a inevitável subjetividade dessa análise, consideramos pertinente reforçar os critérios estabelecidos para alguns dos itens presentes na Tabela 1. No que diz respeito aos textos, por meio do item 1 observamos se os conceitos apresentados estavam explicados de forma correta, aliado a isso, através do item 5 (O texto utiliza um vocabulário científico?) verificamos se os termos empregados estavam de acordo com a linguagem científica, ou seja, se apresentavam uma linguagem impessoal, objetiva, formal e contam com termos técnicos. Para o item 2 (O texto apresenta os conceitos de forma contextualizada?) verificamos a forma como os conceitos eram tratados, examinando se as passagens textuais eram apenas descritivas ou apresentavam o conceito através da contextualização com aspectos do passado ou do presente, trazendo, por exemplo, discussões sobre a utilização/importância daquele conhecimento. Em um caminho semelhante, verificamos por meio do item 6 (O texto busca relacionar a Astronomia com o cotidiano do aluno?) se essa contextualização incluía discussões sobre a forma como o conceito astronômico se relaciona com o cotidiano do estudante. Para o item 3 (As informações são claras e adequadas ao nível de ensino?), no que diz respeito à adequação dos conceitos à etapa de ensino, nos atentamos à excessiva complexidade ou simplicidade nas explicações dos conceitos que, pela idade dos estudantes, não podem ser infantilizadas e tampouco incluir noções avançadas.

A fim de operacionalizar o processo analítico, foram criadas tabelas contendo informações sobre os itens analisados, sua localização no LD, categoria e o(s) assunto(s) ligado(s) à Astronomia identificado(s). Após, em novas tabelas – divididas de acordo com as categorias 1 e 2 – foram informados quais os itens de análise atendidos de acordo. Os principais resultados alcançados por meio da investigação são apresentados a seguir.

3 Resultados e discussões

Para melhor apresentação/compreensão dos resultados, discutiremos, em um primeiro momento, cada volume da coleção de forma isolada. Nesse sentido, com relação ao volume 1 da coleção, destinada ao 1º ano do Ensino Médio, encontramos menção de aspectos relacionados à Astronomia em poucas páginas do livro (do total de 288 páginas, a temática foi encontrada em apenas 31) em que os conceitos são abordados, na maioria das vezes, apenas como forma de contextualizar outro conceito físico, de maneira que, poucos conceitos são explorados como elementos centrais de discussão. Em relação a estes, percebemos que na maioria dos textos os assuntos são apresentados de forma clara, a partir de uma linguagem precisa e concisa, utilizando frases curtas que contemplam poucas informações, facilitando a leitura. Também fica evidente o uso da linguagem científica, sendo que todos os textos se apresentam em uma linguagem impessoal, objetiva, formal e contam com termos técnicos. Embora utilizem o vocabulário científico, as ideias expressas durante as passagens contam sempre com explicações simples que determinam o significado do conceito, todavia, sem subestimar a capacidade de entendimento dos estudantes, tornando-se adequadas ao nível de ensino.

A contextualização também pode ser percebida em muitos trechos, sendo nítida a preocupação do LD em estabelecer um contexto, precedente ou atual, para o tema em questão.

Os textos também nos parecem estar dentro de uma sequência didática pertinente, sendo que existe um seguimento lógico entre os conceitos. Os itens 8, 10 e 11 – referentes à transmissão de valores e à sugestão de leituras e atividades complementares, respectivamente – não foram atendidos em nenhum dos textos analisados neste volume.

É importante destacar que, embora o livro busque, em diversos momentos, relacionar os conceitos astronômicos com o desenvolvimento histórico da Astronomia, esta abordagem é pouco profunda, de forma que muitos conceitos, como, por exemplo, o heliocentrismo, são citados sem a devida definição e descrição. Além disso, a maioria dos textos dessa categoria (assuntos astronômicos como elementos centrais de discussão) apresentam os conteúdos astronômicos de forma bastante vaga, ou seja, sem aprofundamento nos conceitos e com passagens, na maioria das vezes, limitadas a poucas linhas; assim, acaba deixando de abordar diversos aspectos importantes e até mesmo indispensáveis para o entendimento do assunto.

Já as ilustrações, em sua totalidade, atendem os itens 1, 2 e 3 – são objetivas, pois exibem ilustrações e informações que auxiliam no entendimento e complementam o conceito trabalhado; mantêm relações com o texto, ou seja, não fogem do foco de estudo; e possuem legendas e títulos explicativos. Contudo, em sua grande maioria, não atendem ao item 4, relativo à representação da realidade, sendo que as ilustrações são apresentadas fora de escala e em cores fantasias. Embora o LD tenha o cuidado de evidenciar tais aspectos, percebemos que, por vezes, esse fator acaba reforçando algumas concepções alternativas. Um exemplo é uma ilustração (Figura 1b) em que encontramos a representação do Sol no **centro** da órbita de um planeta qualquer, a fim de ilustrar a força centrípeta responsável por mantê-lo em órbita.

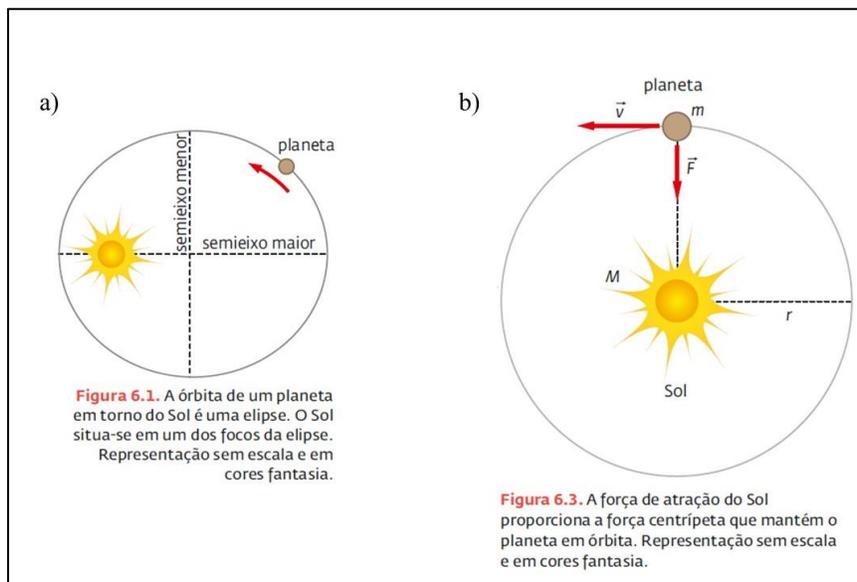


Figura 1 - Figuras do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 1.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a).

De forma geral, esta ilustração é capaz de explicar de maneira precisa o fenômeno tratado, entretanto, na seção anterior o livro destaca que as órbitas dos planetas são elípticas e que o Sol está em um dos **focos** da mesma, trazendo inclusive uma ilustração (Figura 1a) para

tornar claro que o Sol não ocupa a posição central da órbita, uma concepção bastante comum entre os estudantes. Neste âmbito, verificamos uma incoerência entre as imagens que podem causar certa confusão nas concepções dos estudantes e professores, uma vez que conforme destaca Machado Filho, Rique e Dantas (2014, p.73), “não se pode ignorar a capacidade de alunos e professores leigos deduzirem informações a partir das imagens”.

Um aspecto positivo observado em ambas as figuras se refere ao fato de não representarem as órbitas dos planetas solares em forma de uma elipse muito excêntrica, uma vez que as órbitas reais são elipses pouco achatadas, praticamente circulares, conforme representadas nas imagens. Esse é um erro que vinha sendo apontado em diversas pesquisas de análise de livros didáticos, como as realizadas por Canalle, Trevisan e Lattari (1997) e mais recentemente por Machado Filho, Rique e Dantas (2014). Embora as duas imagens apresentem a representação correta, vale ressaltar que em algumas das figuras trazidas pelo texto o erro persiste, como as imagens expostas na Figura 2. Vale frisar que a primeira ilustração da figura supracitada apresenta ainda outros equívocos, como a distância entre as órbitas dos planetas que são variáveis, mas estão representadas de maneira uniforme, as cores que não são reais e o tamanho dos planetas que se encontram em desproporção.

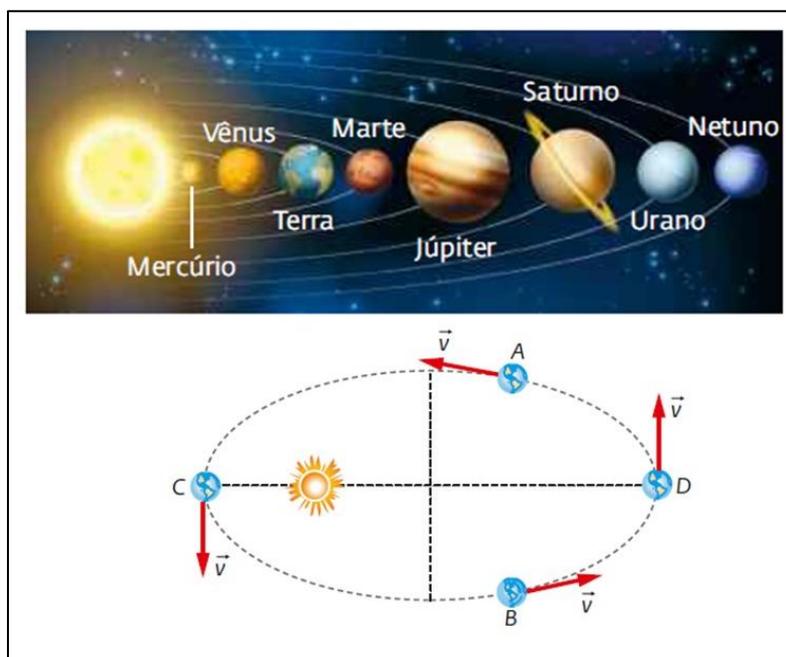


Figura 2 - Figuras do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 1.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a).

Quanto às atividades destacamos que o volume sugere apenas questões teóricas, de forma que, na maioria das vezes, os critérios referentes à proposta de atividades em grupo e que favoreçam o desenvolvimento do senso crítico não são atendidas. Grande parte das atividades atende aos itens 1, 2 e 5 – encontram-se relacionadas com o conteúdo, ou seja, contribuem para o entendimento do conceito trabalhado anteriormente; possuem propostas claras, visto que se encontram expressas a partir de uma linguagem de fácil compreensão e com questionamentos

objetivos; e valorizam os conceitos astronômicos e físicos, apresentando problemáticas relevantes e interessantes, que não possuem respostas diretas e óbvias, exigindo dos estudantes processos de raciocínio.

Uma questão que chamou atenção destinou-se a apresentar alguns dos diversos fenômenos naturais compreendidos pela teoria da gravitação universal, como a ocorrência das marés, a precessão do eixo de rotação da Terra e a descoberta de planetas devido a alterações em observações de suas órbitas elípticas em comparação a estimativas. A questão sugere que o estudante observe uma ilustração referente ao movimento de precessão da Terra (Figura 3) e, a partir desta, levando em consideração que o nosso planeta se encontra na posição mais próxima do Sol, determine a estação do ano para o hemisfério sul. Em seguida, questiona os estudantes sobre quantos anos após, ao passar pela mesma posição, seria inverno no hemisfério sul.

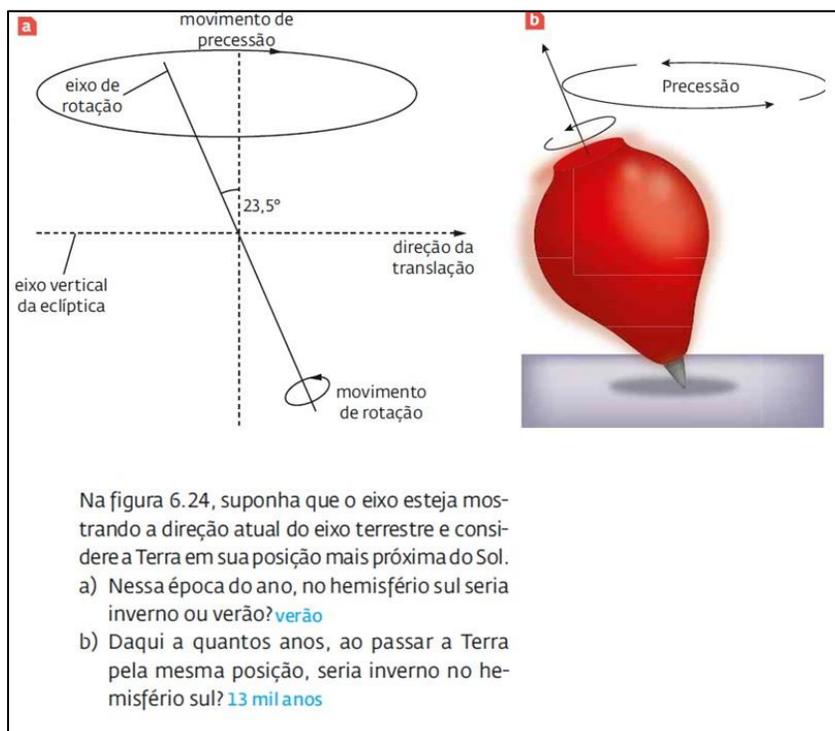


Figura 3 – Questão e figura do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 1.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a).

A questão busca enfatizar as mudanças na posição dos astros causadas pelo período de precessão (que possui um período de 26 mil anos), contudo, cabe destacar que em nenhum momento, anterior ou posterior, a coleção trata das estações do ano, de forma que, por meio da pergunta pode acabar sendo reforçada uma concepção alternativa muito comum entre os leigos de que a aproximação entre a Terra e o Sol interfere nas estações do ano, quando na verdade se trata apenas de uma questão vinculada à inclinação do eixo de rotação terrestre. Além disso, com relação ao item (b) da questão, é importante destacar que em virtude de utilizarmos o calendário Gregoriano – que já inclui as alterações provocadas pelo movimento de precessão na contagem do ano – ainda que se passem 13 mil anos, a ocorrência das estações do ano se manterá nos mesmos meses, fato não evidenciado no livro.

Nesta mesma seção encontramos uma questão muito interessante. Segundo a mesma

Algumas pessoas argumentam que a Lua influencia diversos aspectos de nossa vida, como o ritmo de crescimento do cabelo. Elas argumentam que, como a Lua influencia o movimento das marés, e como o corpo humano é constituído principalmente por água, seria natural que a Lua também influenciasse nosso corpo (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a, p. 168).

Em seguida, o exercício solicita que o estudante discuta sobre essa suposta interferência da Lua com os ritmos de crescimento do cabelo. Assim, podemos destacar esta como sendo a única “atividade” em todo volume que atende o item de análise número 4. Isso porque, ao evidenciar uma forte crença sobre a Astronomia e questionar o estudante sobre a veracidade da mesma, a partir de conhecimentos físicos, favorece o desenvolvimento do senso crítico e reflexivo de forma mais direta se comparada às demais questões. Cabe destacar que, embora consideremos a atividade citada anteriormente como única a satisfazer o critério analítico referente à construção do pensamento crítico em relação ao tema, não descartamos a importância das demais questões, que também podem alcançar este viés a partir de uma abordagem mais reflexiva.

Tendo em vista os **conceitos** tidos como **contextualizadores** para o ensino de Física, destacamos que embora relevantes por enfatizarem a Astronomia, além de breves, possuem alguns erros conceituais e/ou explicações não suficientes que podem gerar concepções alternativas. Em um trecho, por exemplo, o conceito de heliocentrismo foi utilizado para introduzir quem foi Galileu Galilei e seu maior feito: o isocronismo do pêndulo. No trecho introdutório lê-se a seguinte frase:

Embora a concepção de movimento de Aristóteles, de que o centro do Universo coincidia com o centro da Terra, tenha prevalecido por longa data, foi com Galileu Galilei que ela começou a mudar. Amante da experimentação, Galileu desafiou a Igreja afirmando que o Sol estava no centro do Universo (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a, p. 54).

Sabe-se de fato que Galileu buscou provar no século XVII que o Sol, e não a Terra, encontrava-se no centro do Universo, contudo, a teoria heliocêntrica já vinha sendo desenvolvida no século anterior por Nicolau Copérnico, astrônomo que não é incluído nas discussões do texto. Além disso, hoje sabemos que o Sol é orbitado por oito (8) planetas, incluindo a Terra, mas não se encontra no centro da Galáxia, tampouco no centro do Universo, conforme a frase evidencia. Assim, embora não esteja incorreta, a frase pode alimentar algumas concepções ingênuas com relação ao assunto, visto que coloca Galileu como um grande cientista, detentor de várias descobertas, mas não esclarece que sua concepção não estava totalmente correta, bem como que este conhecimento não foi desenvolvido de forma isolada.

Durante o livro podem ser encontradas ainda passagens contendo conceitos utilizados de forma incorreta; como na seção “*Física no Contexto*”, momento em que, ao discutir a queda de objetos com resistência do ar, utilizando como forma de contextualização o fenômeno dos meteoroides, acaba empregando os termos meteorito e meteoro como um único fenômeno.

Além destes aspectos – ligados à falta de explicações detalhadas e a erros conceituais – o texto acaba evidenciando a Astronomia de uma forma equivocada e até mesmo ingênua. Ao buscar introduzir a unidade referente às Leis de Newton, a partir de um texto bastante breve,

afirma que:

Nos dias de hoje, o ser humano já pisou na Lua, enviou naves espaciais para explorar outros planetas, colocou em órbita da Terra o telescópio espacial Hubble, com o qual tem registrado imagens dos mais distantes pontos do Universo, e consegue ir e voltar de uma estação espacial que orbita a Terra (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a, p. 80).

De fato, os feitos da tecnologia em prol da ciência possibilitaram avanços extraordinários nas questões ligadas à Astronomia. O telescópio espacial Hubble, lançado ao espaço em 1990 pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), é responsável por diversas descobertas e por imagens impressionantes do Universo, mas não podemos afirmar que o telescópio registra imagens dos mais distantes pontos, até porque sabemos que o universo visível é finito.

No texto introdutório referente à Gravitação Universal também encontramos um relato sensacionalista. Ao mencionar as diversas sondas lançadas ao espaço visando explorar os corpos celestes, destacando a sonda-robô Curiosity enviada a Marte em 2012, o texto afirma que tais explorações fazem parte de investigações que permitirão ao ser humano estabelecer uma base habitada no planeta, uma vez que, segundo o texto, a partir delas, “[...] já são bem conhecidas a geografia e a composição do solo e da atmosfera de Marte e também já temos a informação de que há água no planeta” (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a, p. 150).

As sondagens em Marte geraram informações importantes sobre as condições físicas e químicas do planeta, inclusive sobre a existência de água, conforme destacado no texto, contudo os estudos apontam à presença de água na forma sólida; não evidenciar o estado físico da água pode gerar diversas concepções alternativas em estudantes que não possuem acesso a informações sobre o assunto, como a idealização de oceanos e lagos assim como se observa na Terra. Embora falho, não podemos deixar de mencionar que o texto traz um questionamento muito positivo como forma de discussão do assunto: “O que motiva o ser humano a explorar outros corpos celestes?” (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016a, p. 150). Uma indagação capaz de despertar o senso reflexivo e crítico nos estudantes dentro de assuntos relacionados à Astronomia, atendendo assim, o critério estabelecido pelo item 8 da análise.

Partindo para o volume 2 da coleção, conceitos astronômicos foram identificados em apenas 16 do total de 256 páginas, assim, encontramos a Astronomia em número bastante reduzido comparativamente ao primeiro volume. Cabe destacar, contudo, que o mesmo apresenta a discussão de um número maior de conceitos, entre as temáticas podemos destacar: eclipses, efeito estufa, refração da luz estelar, ordens de grandezas astronômicas, Efeito Doppler e expansão do universo.

Com relação aos **conceitos** astronômicos como elementos **centrais** de discussões, destacamos que em todos os textos são atendidos os itens 1, 2, 3 e 4 referentes à apresentação dos conceitos de forma correta, contextualizada, clara, adequada ao nível de ensino e em uma sequência didática adequada. Já os itens 8 e 10 – referente a transmissão de valores e a sugestão de leituras complementares, respectivamente – não são atingidos por nenhum dos textos. Com relação às ilustrações, a maioria das imagens e figuras atendem aos itens de análise 1, 2, 3 e 5 – são objetivas, possuem relação com o texto, legendas e títulos explicativos que estão de acordo com o texto. Cabe destacar que, assim como no volume 1, encontramos a maior parte das

imagens fora de escola e em cores fantasias.

Uma passagem que não utilizou de uma linguagem científica adequada (item 5 de análise) foi observada na discussão do eclipse Solar e Lunar. No texto, a região de umbra de um eclipse foi citada como “sombra total”, que se trata na verdade da definição do conceito. Esse erro persistiu ainda na ilustração utilizada para a explicação do fenômeno, conforme podemos verificar na Figura 4. Consideramos ainda que este texto poderia ter explorado de forma mais profunda o conceito, explicitando, por exemplo, que a órbita da Terra em torno do Sol, e a órbita da Lua em torno da Terra, não estão no mesmo plano, caso contrário aconteceria um eclipse lunar a cada Lua Cheia e um eclipse solar a cada Lua Nova. Também destacamos a falta de imagens explicativas sobre o eclipse da Lua. Apesar disso, o texto é bastante válido, uma vez que apresenta inicialmente uma abordagem histórica em que discute os relatos de eclipses desde a antiguidade e a forma como nossos ancestrais previam o fenômeno através do ciclo de Saros e destaca o fato de que a partir do estudo dos eclipses foi possível estimar as dimensões e as distâncias entre a Terra, Lua e Sol e determinar com precisão as datas dos equinócios – embora este conceito não tenha sido definido em nenhum momento da coleção.

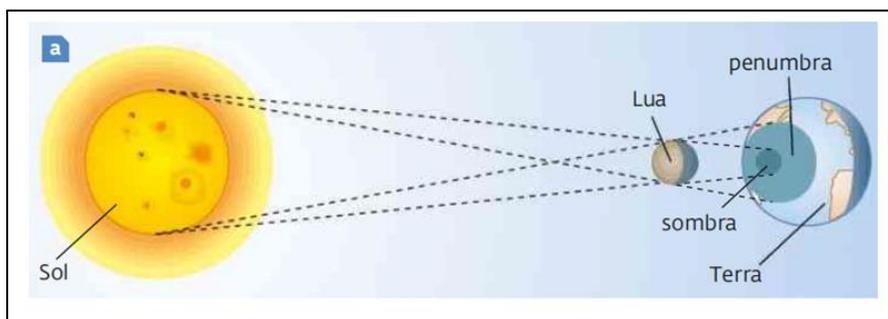


Figura 4 - Figura do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 2.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b).

Com relação às atividades destacamos que, mais uma vez, não são encontradas propostas de atividades a serem desenvolvidas em grupo. Algumas deixam a desejar ainda nos critérios relacionados à clareza, favorecimento do senso crítico e valorização dos conceitos (itens analíticos 2, 4 e 5, respectivamente). Um exemplo destas atividades insatisfatórias está associado ao fenômeno do Efeito Doppler da luz, para o qual propõem-se quatro (4) exercícios. As questões de modo geral são superficiais, de forma que não valorizam o conceito em questão, além de não gerarem nenhum tipo de discussão capaz de agregar valores relacionados à reflexão e ao senso crítico. Uma das questões deixa a desejar ainda na clareza das informações, de forma que torna impossível sua solução devido à falta de dados. Nela o enunciado solicita ao estudante que analisando a figura de um espectro (Figura 5) para diferentes elementos químicos na Terra, supondo que fossem de uma galáxia distante, verificassem se as linhas estariam no mesmo lugar do espectro, deslocada para a direita ou para a esquerda. Esse deslocamento de linhas nos indica se uma galáxia está se afastando (deslocamento para o vermelho) ou se aproximando (deslocamento para o azul) em relação à Terra. Apesar da questão agregar o assunto, a falta de dados acaba por torná-la irrelevante. Na figura apresentada, encontram-se apenas as linhas de absorção observadas na Terra para os elementos lítio, sódio e cálcio. Assim – visto que na questão não é explicitado o deslocamento da galáxia e que não há nenhuma figura comparativa

das linhas de absorção observadas para uma galáxia genérica, conforme o enunciado – o estudante não possui meios para inferir sobre a mudança de posição das linhas espectrais.



Figura 5 – Questão do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 2.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b).

Apenas duas questões apresentadas no volume, a nosso ver, favorecem de forma mais direta o desenvolvimento do senso crítico (item 4 de análise). Essas atividades foram propostas após a discussão da ocorrência do Efeito Estufa de nosso planeta e do aquecimento global, e trazem os seguintes enunciados:

1. Apesar de alguns cientistas mostrarem-se preocupados com a mudança climática e o aquecimento global, muitos setores da sociedade ainda não demonstraram encarar o assunto com a seriedade que merece. Cite as principais consequências que podemos esperar em função do aumento da temperatura no planeta e em particular em nosso país.
2. Alguns cientistas discordam da afirmação de que o aquecimento global é causado pelo ser humano e outros ainda alegam que o aumento de temperatura pelo qual o planeta está passando faz parte de um ciclo natural que ocorre desde a formação da terra. Pesquise sobre o tema e responda por que, ao estudar um mesmo problema, cientistas podem chegar a respostas tão distintas. E você? Partilhe com seus colegas a conclusão a que chegou após pesquisar (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b, p. 39).

Entendemos que estas questões podem gerar reflexões sobre as consequências do aumento de temperatura de nosso planeta e também sobre as diferentes opiniões entre os cientistas no que se refere a um aquecimento antropogênico ou natural, de forma que possibilitam ao estudante perceber a ciência como uma construção humana passível de erros.

Quanto aos **conceitos** astronômicos utilizados como elementos **contextualizadores** para o ensino de Física, destacamos que todos os textos atendem aos critérios relacionados aos itens 2, 4 e 5 – apresentação dos conceitos de forma contextualizada, exposição dos conteúdos dentro de uma sequência didática pertinente e utilização do vocabulário científico. Julgamos que um dos textos analisados não apresenta os conceitos de forma clara (item 3 de análise). O assunto em questão é a presença de água em uma das Luas de Júpiter. Neste âmbito, é apresentada Europa, de acordo com o LD, uma das 67 luas do planeta. Após informar que Europa é totalmente coberta por uma camada de gelo, o texto expõe o seguinte trecho:

A hipótese dos pesquisadores é que abaixo dessa camada há muita água no estado líquido. Isso ocorreria graças à energia liberada pelo efeito de maré causado em Europa

pela enorme gravidade de Júpiter, o que aumentaria a temperatura do gelo até o seu ponto de fusão, naquelas condições. E, também neste caso, a dilatação irregular da água e o fato de o gelo ser um isolante térmico eficiente garantiriam a presença de água no estado líquido, tão longe assim do Sol: Júpiter está 5,2 vezes mais distante do Sol do que a Terra (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b, p. 25).

A partir do excerto, o texto busca justificar o motivo pelo qual existe água no estado líquido em um satélite natural que é extremamente frio, visto sua distância em relação ao Sol e a ausência de uma atmosfera. Contudo a falta de informações sobre as condições da lua, como temperatura e distâncias em relação ao Sol e ao próprio planeta que orbita, tornam o texto confuso e superficial. Destacamos também a desatualização das informações no decorrer do trecho – até 2016, ano de publicação do livro, já haviam sido descobertas 77 Luas que orbitam Júpiter. A título de informação, de acordo com dados de fevereiro de 2023, esse número é de 95 luas e ainda não pode ser considerado definitivo.

O texto introdutório da unidade relativa ao conceito de Calor se destacou por ser o único a atender o item 8 de análise, uma vez que, através de uma abordagem CTS, contribui mais diretamente na transmissão de valores auxiliares na formação de sujeitos crítico, reflexivos e responsáveis. O texto inicia citando a variação de temperatura da superfície dos diferentes planetas do Sistema Solar como consequência de suas atmosferas. Em seguida, traz a informação de que a atmosfera de Vênus é rica em dióxido de carbono, assim como a da Terra, de forma que o planeta também possui o chamado efeito estufa. Finalizando a introdução, encontramos a seguinte passagem: “Pesquisas dessa natureza constituem uma contribuição relevante para dimensionar com mais precisão os impactos causados pela ação humana na atmosfera terrestre, permitindo ações mais decisivas que evitem a intensificação das mudanças climáticas que já ocorrem em nosso planeta” (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b, p. 54). Visto que o volume discute em outro momento o efeito estufa e o fenômeno de aquecimento global, a citação pode gerar um efeito positivo de conscientização sobre os impactos causados pelos seres humanos em relação ao aquecimento global.

Já o texto introdutório, referente ao conceito de refração da luz, foi o único a apresentar o desenvolvimento histórico da Astronomia (item 9 de análise), relatando as observações de Galileu Galilei e as contribuições das mesmas para o desenvolvimento da Astronomia. Para tornar a reflexão sobre as contribuições históricas de Galileu para a área de Astronomia ainda mais acentuada, o texto trouxe para discussão a seguinte questão: “Por que o telescópio desenvolvido por Galileu revolucionou a Ciência?” (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016b, p. 152).

Com relação às demais atividades da categoria, destacamos a presença de interessantes questões que atendem aos itens 1, 2 e 5, ou seja, se tratam de atividades relacionadas ao conteúdo, com propostas claras e que valorizam os conceitos envolvidos. Com relação às ilustrações, destacamos que tivemos todos os critérios de análise atendidos, com a exceção de uma ilustração, a qual não se encontrava diretamente relacionada ao conteúdo do texto (item 1 de análise).

No volume 3 da coleção encontramos um número ainda mais reduzido de páginas que abordam conceitos relacionados à Astronomia; das 280 páginas, apenas 6 abordam algum conteúdo astronômico. Com relação aos **conceitos** astronômicos apresentados como elementos

centrais de discussão, de uma forma geral, podemos dizer que os textos não possuem uma exposição clara das ideias, visto que apresentam muitos conceitos de forma superficial, não atendendo, portanto, ao item 3 de análise. Um exemplo refere-se ao texto da seção intitulada “*A teoria da relatividade geral*”; a passagem traz diversos assuntos em torno do conceito, como o princípio de equivalência, raio de Schwarzschild, horizonte de eventos e expansão do Universo. A discussão de tais conceitos é extremamente interessante e enriquecedora, entretanto, a mesma ocorre em apenas três páginas, um número insuficiente para explorar de maneira compreensível conceitos tão complexos.

Nesta mesma seção, conforme já dito, encontramos menção ao raio de Schwarzschild – raio característico associado à extensão do horizonte de eventos de corpos de massas concentradas em um ponto de dimensões infinitesimais, ou seja, buracos negros. No texto, que se limita a poucas linhas, não encontramos a definição do fenômeno, apenas a descrição de como uma estrela pode se tornar um buraco negro, a partir do conceito de raio de Schwarzschild. Mesmo nesse caso, a explicação presente no livro não é suficiente, uma vez que, não discute o fato de que a delimitação do horizonte de eventos está associada às diferentes massas dos corpos. Em seguida encontramos uma ilustração artística que estaria retratando o fenômeno (Figura 6), no entanto, verificamos outro fenômeno, conforme expresso pela própria legenda. Nela uma estrela está sendo “engolida” por um buraco negro supermassivo e formando o disco de acreção do mesmo. Cabe mencionar que buracos negros podem ser considerados como um dos assuntos astronômicos que mais instigam os estudantes, contudo o texto apresenta poucas informações sobre o assunto.

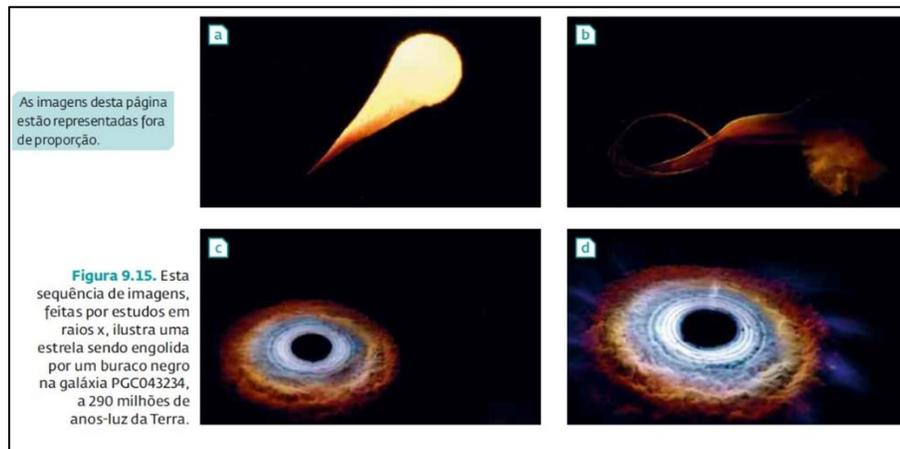


Figura 6 - Figura do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 3.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016c).

Ainda nesta seção, após destacar o erro cometido por Einstein em acrescentar em suas equações da relatividade geral uma constante, por ele denominada como constante cosmológica, para corrigir as soluções que indicavam um Universo dinâmico, o texto apresenta uma ilustração (Figura 7) com a representação da expansão do Universo a partir do *big bang*.

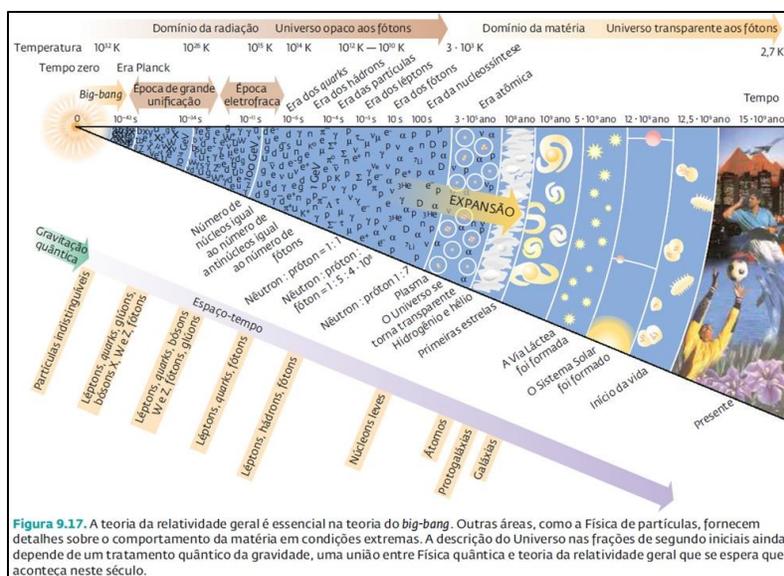


Figura 7 - Figura do livro Física, Contexto & Aplicações, volume 3.

Fonte: (Máximo, Alvarenga & Guimarães, 2016c).

Na ilustração podemos encontrar uma série de informações sobre temperatura, tempo e eras anteriores à atômica, como a era dos quarks, dos hádrons, léptons e assim por diante; contudo tais partículas elementares, constituintes de cada era, não foram discutidas no decorrer do volume e nem mesmo na legenda da ilustração. Assim, tornou-se evidenciada uma lacuna deixada também pelo volume 2 da coleção, que ao citar o *big bang*, não realizou explicações aprofundadas em torno da formação do Universo.

A categoria sobre **conceitos** astronômicos como elementos **contextualizadores** para o ensino de Física conta com apenas um texto e uma imagem que atendem a poucos critérios de análise. O texto busca introduzir a Física contemporânea, citando os principais princípios da Lei da Gravitação de Newton e da Teoria da Relatividade Geral e a importância dos avanços nos modelos atômicos no final do século XIX e início do século XX para a elaboração desta teoria que contribuiu para o desenvolvimento de novas interpretações da natureza. Contudo, o assunto não é contextualizado (item 2 de análise), não relaciona a Astronomia com o cotidiano (item 6), não traz relação com os avanços tecnológicos (item 7), não envolve o pensamento crítico (item 8) e não sugere leituras e atividades complementares (itens 10 e 11, respectivamente).

Quanto à ilustração, empregada como complementação do texto citado acima, apresenta-se o sistema de galáxias Gato de Cheshire. Na legenda, encontramos a explicação do nome e a informação de que se trata do fenômeno das lentes gravitacionais previsto pela Teoria da Relatividade Geral. Contudo, o fenômeno citado não recebe nenhum tipo de explicação anterior ou posterior, configurando-se como mais uma lacuna explicativa do LD. Neste âmbito, a ilustração não atende aos critérios de objetividade (item 1), concordância com o texto (item 5) e clareza da legenda (item 6).

4 Conclusões

De modo geral, podemos considerar que a coleção analisada busca evidenciar em diversos momentos o Ensino de Astronomia, seja por meio de textos, exemplos, contextualizações, ilustrações e/ou questões. Assim, para diversos conceitos físicos utiliza recursos vinculados à Astronomia e, em diversos momentos, destaca elementos históricos ligados à temática. Além disso, a coleção busca em alguns momentos libertar os estudantes dos “preconceitos, do misticismo, da magia e das crendices presentes em seu cotidiano” (Trevisan, Lattari & Canalle, 1997, p. 9), aspectos que se encontram diretamente vinculados à Astronomia e são apontados por Trevisan, Lattari e Canalle (1997) como fundamentais para tornar um livro de Ciências aceitável.

Langhi e Nardi (2007, p. 105) já afirmavam que a avaliação dos livros didáticos realizada pelo PNLD resultou em uma sensível melhora na qualidade desse material pedagógico, “entretanto, ainda recentemente, persistiam exemplares com erros conceituais, ou, no mínimo, com afirmações incompletas que sugerem e permitem interpretações alternativas”. Neste viés, destacamos a existência de alguns aspectos negativos, assim como apontado em outras pesquisas, na coleção analisada. Em todos os volumes, o livro adota imagens fora de escala e em cores fantasias, havendo apenas um aviso sobre esse detalhe, sem nenhum tipo de explicação durante os textos. Alguns conceitos são usados durante o decorrer dos volumes sem nenhum tipo de definição.

Em nenhum momento são sugeridas atividades dinâmicas que favoreçam os conceitos astronômicos, como as atividades de experimentação de fácil realização e com materiais acessíveis e atividades de observação, como, por exemplo, observar o céu para localização de uma constelação, e até mesmo observações mais complexas com o uso de *softwares* educativos. Langhi e Nardi (2007, p. 105) já evidenciaram essa falha ligada ao incentivo de análise dos fenômenos no céu; para os autores o “estímulo à observação no processo de ensino e aprendizagem de Astronomia representa uma inclusão indispensável, prova de eficácia que não pode ser contestada”.

De um modo geral, os conteúdos são apresentados de maneira fragmentada e os poucos textos dedicados exclusivamente a conceitos astronômicos são superficiais, de forma que necessitam de um maior aprofundamento para que os conceitos sejam bem esclarecidos. Aliado a isso não encontramos indicações de referências bibliográficas e sugestões de leituras que habilitem o estudante a investigar mais detalhadamente os fenômenos, a fim de sanar possíveis dúvidas e curiosidades. Tais referências poderiam contribuir também com o trabalho do professor que, na maioria das vezes, devido à sobrecarga, não possui condições para buscar mais informações a respeito dos assuntos tratados de forma superficial nos livros didáticos, acabando por retratar aquilo que está no material, ou, na pior das hipóteses, deixando de abordar assuntos astronômicos em suas aulas.

Importantes conceitos ligados à Astronomia não são abordados pela coleção, entre eles destacamos a evolução estelar, os tipos de galáxia, asteroides, existência de planetas extrasolares, matéria escura, entre muitos outros. Com relação aos poucos conceitos apresentados, destacamos o fato de que estes não são discutidos de maneira interdisciplinar, um aspecto incabível, visto que a Astronomia integra diversas áreas do conhecimento, como: Química,

Física, Biologia, Geografia, História e Matemática.

Sabemos que o livro didático deve servir como um auxílio para o professor preparar suas aulas e não como um guia único, entretanto, julgamos que a presença de poucas discussões sobre assuntos de Astronomia pode ocasionar a não abordagem dos mesmos, tendo em vista a formação superficial dos professores com relação ao tema, aliada à sobrecarga dos profissionais de educação. Além disso, para alguns estudantes, o LD é a única fonte de consulta disponível, assim, informações incompletas e superficiais acabam comprometendo a aprendizagem, sendo, portanto, um aspecto fundamental a ser considerado na escolha do material. Neste sentido, concordamos com Coutinho, Ruppenthal e Adaime (2019, p. 80), quando estes afirmam que “a seleção e a utilização do livro devem ser realizadas com atenção”, a fim de que este recurso, visto sua ampla utilização no cotidiano das escolas, represente um recurso favorável aos processos de ensino e aprendizagem.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Referências

- Amaral, P., & Oliveira, C. E. Q. V. (2011). Astronomia nos livros didáticos de Ciências: Uma análise do PNLD 2008. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (12), 31-55. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/162>
- Canalle, J. B. G. et al. (1997). Análise do conteúdo de Astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(3), 254-263. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6983>
- Castro, E.S.B., Pavani, D.B. & Alves, V.M. (2009). A produção em ensino de astronomia nos últimos quinze anos. *Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Paulo, SP, Brasil, 1.
- Cavalcante, A. B. S. (2013). *Energia Nuclear no ensino médio: uma análise dos livros didáticos de Física dos programas PNLEM 2007 e PNLD 2012*. 2013. 235f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Matemática. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
- Coutinho, C., Ruppenthal, R., & Adaime, M. B. (2019). Estimulando a formação do sujeito ecológico em alunos de Ensino Fundamental: contribuições dos Livros Didáticos de Ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10(3), 79-92. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2123>
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3a ed.). Porto Alegre: Editora Artmed.
- Hansen, T. R. (2021). *Ensino de Astronomia em aulas de Física do Ensino Médio: desafios e possibilidades*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal de Santa

Maria, Santa Maria.

Hansen, T. R., & Zambon, L. B. (2021). O ensino de Astronomia na formação de professores: uma investigação acerca dos componentes curriculares em cursos de licenciatura em Física de IES gaúchas. *Anais da VII Escola de inverno de Educação Matemática e I Escola de inverno de Ensino de Física*, Santa Maria, RS, Brasil, 7.

Langhi, R. (2009). *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores*. (Tese de Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru.

Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6055>

Langhi, R. & Nardi, R. (2014). Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(3), 41-59. Recuperado em 10 set., 2023, de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4292/2857>

Machado Filho, H., Rique, A. C. F., & Dantas, A. L. (2014). Erros conceituais, problemas de interpretação e ideias do senso comum em astronomia e no livro didático de geografia do ensino fundamental. *Revista Ciências & Ideias*, 5(2), 67-80. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/94>

Marrone Júnior, J., & Trevisan, R. H. (2009). Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(3), 547-574. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p547>

Máximo, A., Alvarega, B., & Guimarães, C. C. (2016a). *Física, Contexto & Aplicações* (2a ed.). São Paulo: Scipione.

Máximo, A., Alvarega, B., & Guimarães, C. C. (2016b). *Física, Contexto & Aplicações* (2a ed.). São Paulo: Scipione.

Máximo, A., Alvarega, B., & Guimarães, C. C. (2016c). *Física, Contexto & Aplicações* (2a ed.). São Paulo: Scipione.

Neres, L. B. (2017). *O Stellarium como estratégia para o ensino de Astronomia*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

Sobreira, P. H. A. & Ribeiro, J. P. M. (2023). Erros conceituais de Astronomia em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias-PNLD 2021. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 35, 77-126. Recuperado em 10 set., 2023, de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/661>

Trevisan, R. H., Lattari, C. J. B., & Canalle, J.B. (1997). Assessoria na Avaliação dos livros de Ciências do Primeiro Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(1), 7 - 15. Recuperado em 12 abr., 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165852>

Voelzke, M. R. & De Macêdo, J. A. (2020). Aprendizagem Significativa, objetos de aprendizagem e o ensino de astronomia. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(5), 1-19. Recuperado em 10 set., 2023, de <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2726>

Zanatta, S. C., Weberling, B. S. & De Carvalho, H. A. P. (2021). Os Conteúdos de Astronomia dos Livros Didáticos. *Revista Valore*, 6, 1697-1706. Recuperado em 10 set., 2023, de <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/908>

CONSTELAÇÕES EM SALA DE AULA: UMA PRÁTICA DOCENTE EM UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

 Hualan Patrício Pacheco¹
 Kenedy Daniel Calegari Furtado²
 Marli Lúcia Tonatto Zibetti³
 Laffert Gomes Ferreira da Silva⁴
 Eduardo Rodrigues Mamédio⁵

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo mostrar a organização do ensino do tema de constelações por meio de um relato de experiências de uma prática docente em um curso de formação de professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO). Os oito alunos da Licenciatura em Física cursaram a disciplina de Introdução à Astronomia e Astronáutica ao longo do primeiro semestre de 2022 e um dos temas tratados foram as constelações, suas origens e a necessidade destas para o mundo antigo e ainda, para o contemporâneo. A metodologia utilizada para tratar o tema englobava a utilização de materiais impressos em 3D, a construção de uma maquete de uma constelação escolhida por eles, aulas expositivas sobre o tema e, por fim, a utilização de um planisfério para o mapeamento de constelações presentes no céu noturno. Ao fim das práticas de ensino, os alunos obtiveram conhecimentos relevantes sobre a função social das constelações em civilizações antigas e contemporâneas, bem como, evidenciaram o aprofundamento acerca do conteúdo tratado ao longo das aulas, onde a metodologia utilizada foi tida como fator preponderante para levá-los à compreensão das nuances das constelações celestes.

Palavras-chave: Constelações; Ensino de Astronomia; Materiais didáticos; Prática docente.

CONSTELACIONES EN EL AULA: UNA PRÁCTICA DE ENSEÑANZA EN UN CURSO DE FORMACIÓN DOCENTE

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la organización de la enseñanza del tema de las constelaciones a través de un relato de experiencia de una práctica docente en un curso de formación de profesores en el Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Rondônia (IFRO). Los ocho alumnos del Profesorado en Física cursaron la asignatura *Introducción a la Astronomía y la Astronáutica* a lo largo del primer semestre de 2022 y uno de los temas tratados fue el de las constelaciones, su origen y la necesidad de las mismas para el mundo antiguo e incluso para el contemporáneo. La metodología utilizada para tratar el tema incluyó el uso de materiales impresos en 3D, la construcción de un modelo de una constelación elegida por ellos, clases expositivas sobre el tema

¹ Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Rondônia – IFRO, Rondônia, Brasil. E-mail: hualan.pacheco@ifro.edu.br

² Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Rondônia – IFRO, Rondônia, Brasil. E-mail: calegarikenedy@gmail.com

³ Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Rondônia, Brasil. E-mail: marlizibetti@unir.br

⁴ Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Rondônia – IFRO, Rondônia, Brasil. E-mail: laffert.silva@ifro.edu.br

⁵ Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Rondônia, Brasil. E-mail: eduardomamedio.ro@gmail.com

y, finalmente, el uso de un planisferio para mapear las constelaciones presentes en el cielo nocturno. Al finalizar la prácticas docentes, los estudiantes obtuvieron conocimientos relevantes sobre la función social de las constelaciones en las civilizaciones antiguas y contemporáneas, y también evidenciaron la profundización de los contenidos tratados a lo largo de las clases, donde la metodología utilizada se consideró factor preponderante para conducirlos a un entendimiento de los matices de las constelaciones celestes.

Palabras clave: Constelaciones; Enseñanza de la Astronomía; Materiales de enseñanza; Práctica docente.

CONSTELLATIONS IN THE CLASSROOM: A TEACHING PRATICE IN A TEACHER TRAINING COURSE

Abstract: The present work aims to show the organization of teaching the theme of constellations through an experience report of a teaching practice in a teacher training course at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia (IFRO). The eight undergraduate teacher training physics students` attended the subject, *Introduction to Astronomy and Astronautics* throughout the first half of 2022 and one of the topics covered was the constellations, their origins and the need for them for the ancient world and even for the contemporary one. The methodology used to deal with the theme included the use of 3D printed materials, the construction of a model of a constellation chosen by them, expository classes on the theme and, finally, the use of a sphere to map the constellations present in the night sky. At the end of the teaching practices, the students obtained relevant knowledge about the social function of constellations in ancient and contemporary civilizations, as well as evidenced the deepening of the content treated throughout the classes, where the employed methodology was considered a preponderant factor to lead them to understand the nuances of celestial constellations.

Keywords: Constellations; Teaching Astronomy; Teaching materials; Teaching practice.

1 Introdução

A utilização de atividades práticas que mobilizem o aluno na busca pelo conhecimento sempre tende a ser sinônimo de sucesso pedagógico e isso é evidenciado em diversas ações e relatos de experiência em Astronomia, dentre os quais podemos destacar os estudos de Ourique, Giovanni e Catelli (2010) que utilizaram as imagens produzidas por uma câmera fotográfica para as representações e reconhecimento das constelações que se fazem presentes no céu.

A atividade de astrofotografia (conjunto de técnicas de fotografia aplicadas a captura de imagens dos astros, corpos celestes em geral e objetos do céu profundo), tem vasta gama de aplicações e diversos públicos que podem ser atendidos pela metodologia, evidenciando a universalidade da astronomia e suas derivações. Outro ponto importante, advindo de atividades que explorem esse sentido prático, é a perspectiva de aprofundamento dos estudos sobre o tema que foi ensinado em sala de aula, tal como a astrofotografia amadora. (Ourique; Giovanni; Catelli; 2010)

A Astronomia e o seu ensino favorecem a cultura científica, pois seu laboratório é natural e gratuito, estando à disposição de todos e em todos os lugares tal como nos informa Langhi (2016), que ressalta também a possibilidade de desenvolvimento de atividades a céu aberto sem a necessidade de materiais custosos. Esta ciência está presente no campo, na cidade e até mesmo nas grades metrópoles que possuem alto nível de poluição luminosa conforme nos

ensina Nunes e Dourado (2017), servindo como ponto de integração entre alunos ou cidadãos com necessidades especiais, tais como a baixa visão ou cegueira.

O trabalho de Dominique et al. (2008) traz a construção de materiais didáticos para pessoas com deficiência visual de diversos graus e apresenta as características principais do céu noturno aos estudantes com necessidades especiais da visão, tendo em vista que:

[...] sem instrumentos especiais a única informação astronômica acessível a todos, exceto para os portadores de deficiência visual, é o céu estrelado e as suas variações. No entanto, sabemos que uma grande variedade de informações físicas, [...] históricas e culturais[...] podem ser extraídas da observação do céu noturno. (Dominici, et al., 2008, p. 4501)

Assim, como explorar o ensino de astronomia, especificamente o conteúdo de constelações, de maneira a evidenciar esse processo social que as constelações possuem em sua gênese? A abordagem do processo histórico da construção das constelações é parte primordial para que o aluno entenda as nuances dessas formações geométricas celestes. Foi a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade e passou a cultivar e desenvolver a agricultura que as mudanças sazonais passaram a ser objeto de curiosidade. (Horvath, 2008; Schappo, 2022, p. 13)

A utilização das constelações do céu para marcar períodos ao longo do ano, ciclos e até mesmo estações, é de conhecimento geral e pode até mesmo ser utilizada nos dias de hoje, no entanto a importância de ler o céu e seus sinais era algo imprescindível para a sobrevivência.

Diferentes culturas associaram ao céu observável a olho nu sentidos e figuras diferentes. Em comum estão o fato de as variações do céu ao longo do tempo serem usadas como base para os calendários e medidas de tempo em geral, para a localização geográfica e planejamento do plantio e colheita de alimentos. Os indígenas brasileiros tinham o seu próprio sistema de constelações, obviamente com peculiaridades entre as distintas tribos e regiões do país. Estas informações foram recuperadas através do trabalho pioneiro do astrônomo Germano Afonso (Dominici et al., 2008, p. 4501).

Em virtude da necessidade de entender o funcionamento celeste, das constelações e sua função histórica, cultural e científica, e ter mediadores para essa atividade, observamos a aplicação de diversos materiais didáticos, tais como aqueles evidenciados em Renner (2018), Dominici et al. (2008) e Leão (2013). No entanto a aplicação de um material didático, por si, não é garantia de sucesso no ensino e aprendizado.

Nas palavras de Leão, podemos observar que: “[...] o mini planetário por si só não é capaz de provocar a melhoria conceitual dos estudantes em Astronomia. Seu potencial é aproveitado, em maior ou menor grau, dependendo da forma como ele é empregado em sala de aula ou fora dela” (Leão, 2013, p. 59). Assim, a possibilidade de sucesso de um material didático em Astronomia depende também da metodologia de utilização para o fim que o concebeu.

Embora as constelações tenham tido origem cultural e histórica, sua utilidade para a ciência atual ainda é grande, pois é por meio delas que mapeamos o céu e delimitamos regiões de pesquisa ou identificamos grande parte das coisas do céu. As 88 constelações celestes, e as 89

regiões do céu, foram firmadas e oficializadas em 1930 pela União Astronômica Internacional (IAU – *International Astronomical Union*), que foi fundada em 1922 com o intuito de, dentre outras coisas, organizar o conhecimento acerca da Astronomia e a promoção de reuniões e conferências sobre esta ciência (Langhi, 2016).

A prática que é comentada ao longo das páginas seguintes tem como objetivo nos mostrar como organizar o ensino desse conteúdo dentro de sala de aula, tendo como base quatro atividades: aula expositiva; mapeamento do céu através do planisfério; identificação de constelações e; maquete da constelação de Cruzeiro do Sul. A prática docente, que constitui esse relato de experiência, foi desenvolvida em um curso de formação de professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO).

A concepção de constelações no senso comum ainda insiste em buscar elementos no contexto do horóscopo, que são crenças populares que não tem relações diretas com o contexto científico. Sendo assim, o ensino desse conteúdo em um curso de formação de professores vem para dar ferramentas científicas para os debates sobre a origem e importância das constelações no contexto atual, indo contra a narrativa de descrédito da ciência que domina diversas áreas do conhecimento.

Outro ponto que ressalta a importância da discussão do tema de constelações é o papel da escola como espaço de difusão do conteúdo científico historicamente e sistematicamente organizado, nos possibilitando a desmistificação de propriedades importantes dessas formações celestes, como posição e formato visto de outras perspectivas.

A busca pela organização do ensino deste tema é ponto necessário, tendo em vista a sua presença dentro do contexto do ensino médio e da própria legislação educacional por meio da Base Nacional Comum Curricular que está vigente nas escolas de ensino médio e também na organização do conhecimento por meio de resoluções de formação de professores, tal como a resolução nº 02 de 2019 que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação).

Os oito alunos da licenciatura em física cursaram a disciplina de Introdução à Astronomia e Astronáutica ao longo do primeiro semestre de 2022 e um dos temas tratados foi as constelações, suas origens e a necessidade destas para o mundo antigo e ainda para o contemporâneo. Ao final os alunos responderam um questionário dando sugestões de temas para serem abordados em atividades posteriores na disciplina e também mostraram a percepção destes com relação a prática desenvolvida.

2. As constelações, seus significados e as implicações científicas e sociais

De acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2017) podemos dar a seguinte definição para constelações:

Constelações são agrupamentos aparentes de estrelas, os quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos que estivessem relacionados com sua cultura. Numa noite escura, pode-se ver entre 1000 e 1500 estrelas, sendo que cada uma delas pertence a alguma constelação. As constelações nos ajudam a separar o céu em porções menores, mas

identifica-las é uma tarefa em geral bastante difícil. (Oliveira Filho; Saraiva; 2017, p. 4)

As constelações representam, do ponto de vista sócio-histórico, lendas de personagens de civilizações antigas, animais de locais distantes de nossa realidade, ou ainda deuses e personagens do zodíaco que ainda hoje persistem na cultura popular. A predominância dessas formações geométricas advindas de traços entre estrelas brilhantes no céu nos permitiu utilizá-las cientificamente para delimitar no céu 88 constelações que estão costuradas no céu como uma colcha de retalhos.

A IAU foi a responsável por fazer essas divisões do céu e foram através de reuniões e debates que em 1930 as constelações do céu tomaram a forma que se tem hoje, sendo compostas por 89 lotes, pois a constelação da serpente possui duas regiões (cabeça e cauda). Dentre estas constelações existem as mais diversas representações, desde objetos, como a constelação da bússola e a constelação da taça, até os semideuses que estão presentes na mitologia greco-romana como Hércules.

A constelação não pode, pois, ser encarada como simplesmente um conjunto de estrelas que se enxerga no céu e que forma a figura de algum ser mitológico, como Órion ou Escorpião, por exemplo. A constelação envolve uma área do céu onde tudo o que estiver contido naquele determinado setor celeste deve ser considerado como parte daquela constelação, incluindo o personagem imaginário ou mitológico. (Langhi, 2016, p. 17)

As constelações, como já dissemos, são produto de civilizações por essa razão diferentes povos faziam, para estrelas iguais, constelações diferentes, pois as figuras que são formadas pelas pessoas dependem das questões culturais associadas. A princípio qualquer pessoa pode criar suas constelações e isso foi feito ao longo da história humana. As constelações do homem velho, da Ema, do cervo e da Anta são exemplos de criações para culturas diferentes, englobando partes de diversas constelações fundamentadas por outros povos. Sobre isso Langhi (2016, p. 21) nos informa que:

Os índios brasileiros, por exemplo, criaram quatro constelações principais sazonais, dentre outras, que lhes serviam para localização temporal e espacial: A constelação da Anta (primavera), do Homem Velho (verão), do Cervo (outono) e da Ema (Inverno). A constelação do Homem Velho, por exemplo, engloba partes das constelações que nós conhecemos como Órion e Touro. A constelação da Ema envolve partes do Cruzeiro do sul, Centauro e Escorpião. Para os índios, o conhecimento sobre as constelações era imprescindível para a sua sobrevivência e perpetuação da sua cultura.

Outro grupo comum de formações estelares são os asterismos, que são figuras localizadas dentro de uma constelação maior, constituindo-se em pequenos grupos de estrelas, tal como as Três Marias ou ainda a Grande Caçarola, identificados dentro da constelação de Órion e de Ursa Maior, respectivamente (Schappo, 2022, p. 28). Essa mesma região da constelação de Ursa Maior recebe outros nomes, tais como O Arado (Inglaterra), O Burocrata Celestial (China) ou ainda A Carruagem (Europa Medieval), sendo elementos do cotidiano de cada povo (Sagan,

1982, p. 46). Outro asterismo comum é o das Sete Cabrinhas, que se constitui no berçário de estrelas das Plêiades (Messier 45) e que podem ser encontrados na constelação de Touro. Esses asterismos são pontos principais para a identificação de constelações, pois a partir deles podem ser traçadas linhas que ligam as outras estrelas da constelação ou ainda a localização de outras constelações.

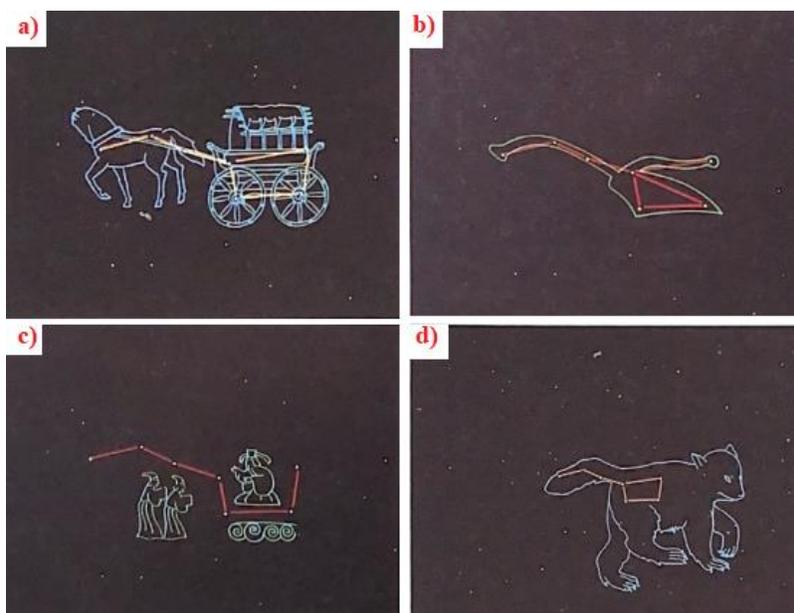


Figura 1 – a) A Carruagem; b) O Arado; c) O Democrata Celestial; d) Ursa Maior [Adaptado de Sagan (1982)]

Fonte: Adaptado de Sagan (1982)

As estrelas de uma constelação recebem nomes que tem relação direta com sua magnitude aparente, essa nomenclatura segue um padrão em que primeiramente emprega-se uma letra grega, (Alpha, Beta, Gamma, Delta, etc.) e em seguida o nome da constelação no genitivo latino. Assim a estrela mais brilhante da constelação de Cruzeiro do Sul receberá o nome de Alfa Crucis, outro exemplo é a estrela mais brilhante da constelação de Cão Maior, sendo denominada por Alfa Canis Majoris, também chamada de Sirius em virtude da nomenclatura de origem árabe que influencia fortemente o conhecimento acerca da Astronomia (Langhi, 2016, p. 22).

Todas as nuances deste assunto o transformam em algo muito bom de ser explorado no ensino, principalmente pela transversalidade com outros temas e outros locais do mundo. As questões históricas associadas a nomenclatura das constelações atraem os olhos de alunos, professores e do público em geral, no entanto a didática que deve ser empregada para o ensino de constelações é matéria de pesquisas. Nas próximas seções falaremos sobre esse aspecto e sobre os resultados obtidos com a prática que foi desenvolvida.

5 O método de ensino de constelações: mapeando os “céus de Rondônia”⁶

⁶ O hino do estado de Rondônia, que teve letra composta por Joaquim Araújo Lima, é batizado como “Céus de Rondônia”. Nele é colocado em evidência a beleza do céu e sua cristalinidade quando nos remetemos às

a. O local da prática docente, o público e o papel do professor

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) é uma instituição de ensino médio e superior, com cursos técnicos integrado e subsequente, bem como os cursos licenciatura e bacharel que compõem o rol daqueles ofertados à comunidade local. Dentre os diversos campi que compõem a instituição está o Campus Porto Velho – Calama, local onde ocorreu a prática de ensino descrita aqui neste trabalho.

O Campus Calama se encontra em uma das regiões com maior densidade populacional da capital, tendo por consequência uma grande poluição luminosa no entorno e dificultando a observação celeste a olho nu de diversas constelações existentes. No entanto, a instituição está em um terreno amplo que possui pontos de pouca ou nenhuma luminosidade e esta região foi utilizada para as práticas de astronomia ao longo do semestre em que ocorreu a disciplina de Introdução à Astronomia e Astronáutica.

A disciplina de Introdução à Astronomia e Astronáutica é ministrada de forma optativa para o sétimo período do curso de Licenciatura em Física do IFRO, por esta razão a quantidade de alunos é limitada, sendo composta por oito alunos que tem idades diversas, indo desde os 22 anos até aos 45 anos, sendo em igual número o de homens e mulheres. A experiência do docente com o tema de Astronomia e Astronáutica já vem desde o ano de 2017, onde cursos e atividades sobre os temas de Astronomia e Astronáutica têm sido ministrados com o intuito de preparar os alunos do ensino médio para as Olimpíadas Brasileiras de Astronomia e Astronáutica (OBA) e Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).

Por ser uma disciplina voltada para a graduação e por explorar não somente os conteúdos, mas metodologias de ensino de Astronomia e Astronáutica, algumas atividades tinham cunho didático e pedagógico, outras cunho lúdico e, por fim, informativo, no entanto todas contavam com a relação entre teoria e prática. A atividade de ensino de constelações ocorreu na segunda quinzena do mês de junho de 2022 e, em virtude do chamado inverno amazônico não foi interrompida por chuvas ou formação de mal tempo, permitindo observações celestes excelentes apesar da localização urbana do campus.

b. A aula expositiva

A aula expositiva foi ministrada uma semana antes das atividades práticas, tendo sido marcada pela interação com a turma que tirava as dúvidas ao longo da exposição do conteúdo. Esta parte da atividade docente teve tempo total de aproximadamente duas horas.

O conteúdo ministrado tratava de aspectos referentes ao tamanho do universo observável e nossa posição nele, à morfologia de galáxias; ao grupo local; à Via Láctea e a posição do sistema solar dentro da galáxia; conhecendo as constelações (Órion, Cruzeiro do Sul, Cão Maior; Carina e; Touro). Em seguida o material utilizado na aula foi disponibilizado para os alunos, que podiam revisitá-lo durante as aulas seguintes.

possibilidades de observação das estrelas no céu noturno: “Azul, nosso céu é sempre azul. Que Deus o mantenha sem rival. Cristalino muito puro. E o conserve sempre assim”

Ao término da atividade docente foi aberta uma seção de perguntas e respostas, onde eram questionadas as nomenclaturas de estrelas e diversos outros temas abordados ou não na aula expositiva. Nesse momento foi feita uma conexão da Astronomia com a cultura árabe e a mitologia grega e por fim foi dada uma introdução à observação celeste de constelações, onde as mais importantes foram localizadas e, utilizando um laser verde foi possível a observação das figuras formadas e que constituem as constelações. Nesse momento foi introduzida a nomenclatura de estrelas dentro de uma constelação, tal como mencionamos na seção anterior. Como atividade para casa, os alunos deveriam confeccionar um planisfério celeste, que foi disponibilizado para eles pelo professor.

4. A construção e o funcionamento do planisfério celeste

O planisfério celeste, ou simplesmente planisfério, é um mecanismo que permite ao seu usuário que encontre as constelações que estão no céu no momento em que desejar, ou seja, com precisão máxima de minutos. O planisfério tem aplicação mais profunda do que somente encontrar as constelações do céu num dado dia, mês e hora, com ele podemos encontrar a posição do polo celeste, que é marcado na Figura 2 – a) (polo sul celeste) e Figura 2 – b) (polo norte celeste, onde se encontra a estrela polar pertencente a constelação de Ursa Menor) pela numeração 5.

De igual maneira podemos localizar o equador (linha contínua vermelha na Figura 2) da esfera celeste e a trajetória do sol ao longo dos meses, ou seja, a eclíptica (linha tracejada vermelha na Figura 2).

O solstício, que é diferenciado entre o de inverno e o de verão, é o período em que a diferença entre o dia e a noite são os maiores possíveis, ou seja, quando o solstício é de verão o período diurno é o mais longo possível, enquanto no solstício de inverno o dia é o mais curto possível. Na Figura 2 – a) os pontos 2 e 4 marcam respectivamente os solstícios de verão e inverno respectivamente. No hemisfério norte esses solstícios são inversos, ou seja, ocorrerão, de acordo com a figura 2 – b), nos dias 20 ou 21 de junho enquanto o solstício de inverno ocorrerá nos dias 20 ou 21 de dezembro.

Já o equinócio é o ponto em que os dias e as noites têm a mesma duração, sendo, portanto, iguais a 12 horas cada. Novamente temos dois pontos que possuem essa mesma característica, no entanto um deles é identificado como equinócio de Primavera e o outro como equinócio de Outono. No hemisfério sul o equinócio de Primavera e o equinócio de Outono são marcados nos pontos de encontro da eclíptica e da linha do equador celeste, na Figura 2 – a) esses pontos são respectivamente 3 [Primavera no polo hemisfério sul e Outono no hemisfério norte, de acordo com a Figura 2 – b)] e 1 [Outono no polo hemisfério sul e Primavera no hemisfério norte, de acordo com a figura 2 – b)].

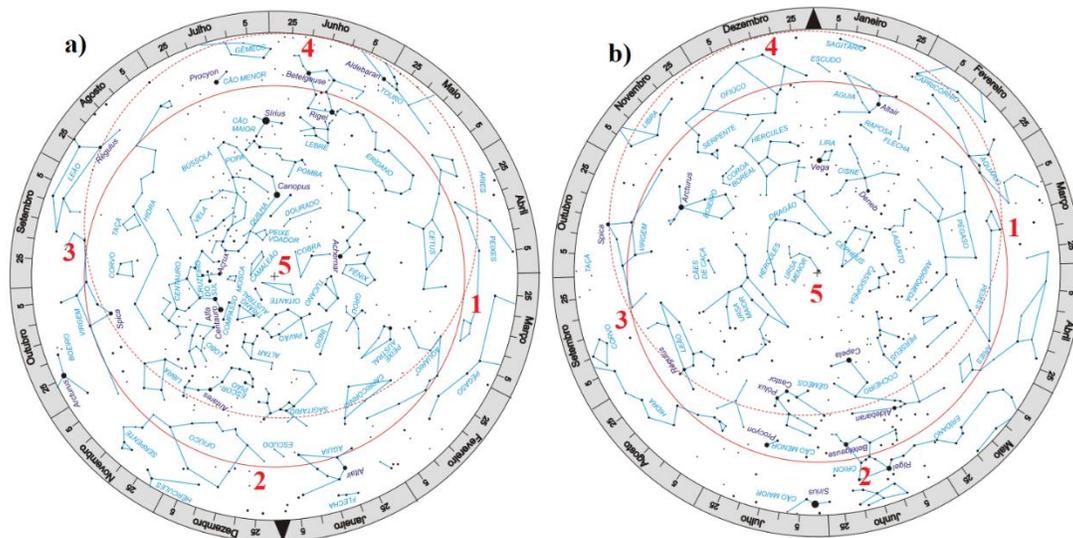


Figura 2 – a) Carta celeste sul mostrando em evidência os pontos de interesse através das numerações de 1 a 5, sendo o equinócio de outono (1) e equinócio de primavera (3), bem como o solstício de verão (2) e o solstício de inverno (4) e também o polo sul celeste, identificado pela numeração (5); b) Carta celeste norte sul mostrando, novamente em evidência os pontos de interesse através das numerações de 1 a 5, sendo o equinócio de primavera (1) e equinócio de outono (3), bem como o solstício de inverno (2) e o solstício de verão (4) e também o polo sul celeste, identificado pela numeração (5) e muito próxima da estrela polar da constelação de Ursa Menor.

Fonte: O Autor

O planisfério celeste foi construído através de materiais de fácil acesso, mas que permitem a durabilidade deste e a utilização posterior pelos alunos para a obtenção de dados sobre a esfera celeste e as estações do ano. O planisfério que foi construído pelos alunos contava com uma máscara adesiva, impressa em gráfica e colada sobre superfície plástica transparente e fixada sobre a carta celeste sul (impressa colorida em papel vergê) com um alfinete com cabeça, tal como mostrado na Figura 3:

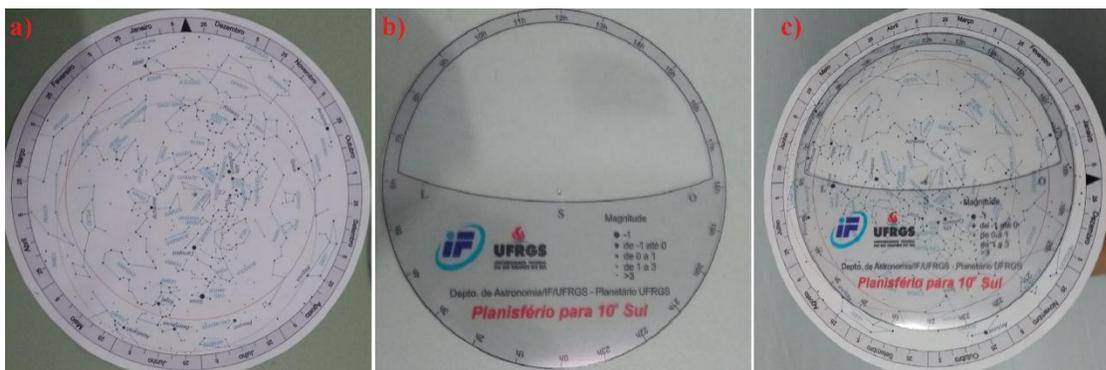


Figura 3 – a) Carta celeste sul impressa colorida em papel vergê; b) Máscara sul 10° impressa em material rígido, porém transparente; c) Conjunto montado, com o auxílio de um alfinete. disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/planisferio/planisferio-celeste.pdf>

Fonte: O Autor

Com o material em mãos os alunos puderam sair da sala de aula para localizar as constelações, munidos de lanternas, e procurando os lugares com baixa luminosidade do campus os discentes conseguiram localizar com facilidade as constelações de Cruzeiro do Sul, Centauro, Libra, Escorpião, Ofiúco, Corvo, Taça, Lobo, Sagitário. Algumas constelações que possuíam estrelas mais fracas devido a poluição luminosa eram salientadas pelo professor da disciplina, que já havia feito o mapeamento prévio de constelações em dias anteriores e em horários próximos daquele em que ocorreria a prática.

A atividade de identificação das constelações pelos alunos ocorreu as entre as 19:30 e 20:50 do dia 24 de junho de 2022, e em diversos momentos os alunos perguntavam sobre a origem e nomenclatura de algumas constelações existentes. Outro ponto recorrente nas perguntas foram as posições das constelações do zodíaco, que são sempre ponto de interesse do grande público.

Ao final da prática algumas constelações, que foram impressas em impressora 3D (Figura 4), foram utilizadas em uma atividade de identificação de constelações pelos alunos. Os modelos em 3D podem ser encontrados no site <http://www.rovingbits.com/StarCoins/> em que consta um número de 34 constelações que podem ser escolhidas pelo docente.



Figura 4 – Placas impressas em impressora 3D com figuras das constelações dos hemisférios sul e norte
Fonte: O Autor

Estes modelos eram dispostos sobre uma mesa e os alunos separavam as que eles tinham certeza sobre a nomenclatura e sobre a forma. Uma destas foi de grande destaque por se assemelhar muito com um cachorro, ou seja, foi possível ao estudante identificar automaticamente a constelação de Cão Maior, somente pela observação do modelo impresso em 3D.

Assim, aprofundamos o conteúdo, fazendo o aluno materializar as figuras que estavam dispostas na carta celeste. Vale ressaltar que essa parte da atividade foi realizada sem o auxílio do mapa celeste, para que os alunos associassem automaticamente algumas das imagens às constelações respectivas.

5. A constelação em uma perspectiva espacial

A construção de uma maquete de uma constelação em uma perspectiva espacial pode auxiliar aos alunos no entendimento de que a figura desenhada por uma constelação não pertence ao ramo do absoluto, mas sim à perspectiva de visão a partir do Planeta Terra. Assim esse modelo teria uma série de características que auxiliariam no entendimento dessa parte do conceito de constelação que não havia sido explorada por nenhuma outra atividade prática realizada até então.

De acordo com Batista, Salvi e Lucas (2011) este modelo é mecanicista ou pictórico, pois “diz respeito aos modelos construídos por analogia cuja função consiste em fazer raciocinar a respeito do objeto/entidade que se quer conhecer, mediante aquilo que já se conhece (relação analógica).” (Batista; Salvi; Lucas, 2011, p. 07), desta forma, já conhecemos o espaço tridimensional ao nosso redor, mas não conhecemos os anos-luz que separam as estrelas de uma mesma constelação e por essa razão o modelo nos permitirá ter essa sensação de perspectiva.

Para obter as distâncias das estrelas principais da constelação escolhida pelos alunos recorreremos ao aplicativo *Stellarium*, que é um software de aquisição livre e contém uma boa quantidade de informações sobre as estrelas de qualquer constelação definida pela IAU. As distâncias das estrelas da constelação de Cruzeiro do Sul com relação ao plano do nosso sistema solar são dadas no Quadro 1:

Estrela	Distância(Ano-luz)	Posição(Eixo x)	Posição(Eixo y)	Posição(Eixo z)
α	320,00	23,20 cm	8,5 cm	3,2 cm
β	278,00	19,00 cm	3,2 cm	14 cm
γ	88,00	0 cm	9,7 cm	20,8 cm
δ	345,00	25,70 cm	14,6 cm	15,1 cm
ϵ	230,00	14,20 cm	11,5 cm	10,8 cm

Tabela 1 - Distância das estrelas com relação ao plano de cada umas das estrelas da constelação de Cruzeiro do Sul.

Fonte: O autor.

A estrela γ foi usada como referência de distância por ser a mais próxima do nosso sistema solar das cinco mais brilhantes desta constelação. A partir dela, os outros pontos foram definidos. Os alunos fizeram a escala e anotavam os valores no quadro para que todos pudessem compartilhar as observações, de tal modo que a cada 10 anos-luz eram equivalentes a 1cm. A construção do equipamento alcançou o resultado que é mostrado na figura.

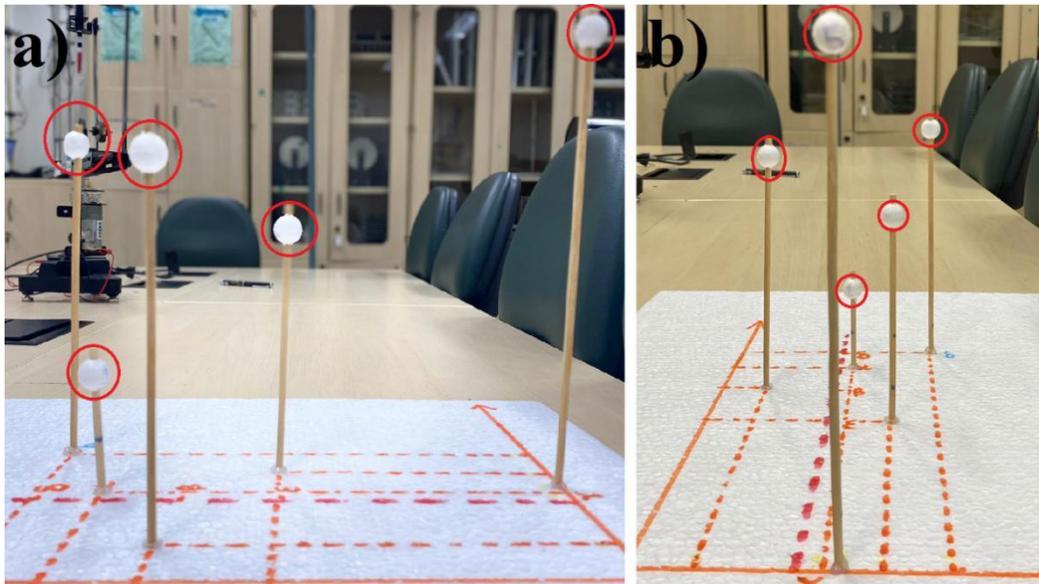


Figura 5 –Figura formada pelas estrelas principais da constelação de Cruzeiro do Sul visto a partir de duas perspectivas: a) perspectiva de uma posição a 90° daquela que o sistema solar ocupa; b) perspectiva a partir do nosso sistema solar.

Fonte: O autor.

De acordo com Renner (2018, p. 45) para construir uma representação espacial das constelações os alunos deverão utilizarem-se de três eixos de coordenadas, tal como é elucidado abaixo:

O eixo x corresponde à distância em que as estrelas se encontram da Terra (valores obtidos no *Stellarium*) em escala reduzida; o eixo y corresponde à distância entre as estrelas quando observadas no plano frontal; o eixo z corresponde à altura. Os valores de y e z são obtidos através da ampliação da imagem do aplicativo *Stellarium*. O ponto P corresponde uma estrela que terá posição definida através desses valores.

No modelo desenvolvido pelos alunos essas distâncias medidas foram colocadas tal como apresentada no Quadro 1, e são tomados com base na Figura 6, em que foi utilizado o método descrito por Renner (2018) com a imagem diretamente da tela do computador. A escala máxima de distâncias horizontal e vertical deve levar em consideração o tamanho do espeto de churrasco utilizado, tendo em vista que essa distância será a máxima que poderá ser alcançada pelas bolinhas de isopor que representarão as estrelas.

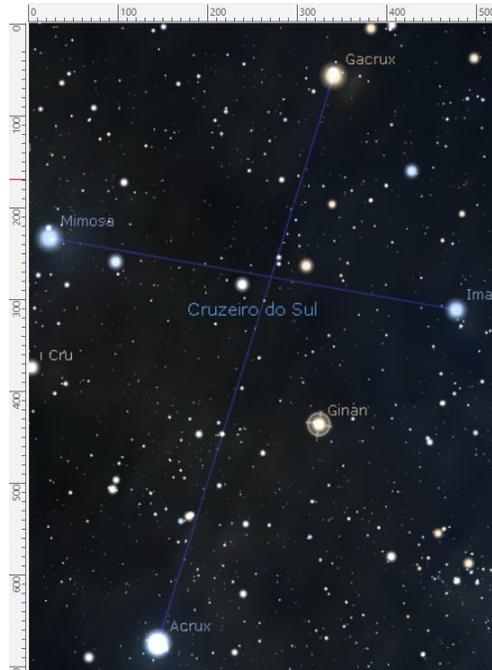


Figura 6– Imagem para a construção das escalas referentes às coordenadas y e z do modelo a ser construído pelos alunos (obtida a partir da *Software Stellarium*).

Fonte: Adaptado de *Stellarium*

Os materiais utilizados para a confecção da representação espacial da constelação aparecem no quadro abaixo, sendo todos de fácil aquisição e de pouco valor para investimento.

Material	Quantidade	Especificações
Placa de isopor	1	Acima de 15mm
Palito de churrasco	5	30cm ou maior
Barbante	1 rolo pequeno	
Bolinhas de isopor	5 bolinhas	15mm de diâmetro
Cola-quente	1	
Régua	1	30cm ou maior
Estilete	1	

Tabela 2 - Lista de materiais para a construção do modelo da Constelação de Cruzeiro do Sul;

Fonte: O Autor

Alguns aspectos, sobre os planos de coordenadas espaciais, devem ser ressaltados para que possamos compreender como funciona a construção do modelo; a maquete tem planos geométricos que são mais importantes para a formação da figura que outros, assim o posicionamento no plano yz é o que permitirá, ao final a visualização da imagem da constelação; o plano xy é inacessível neste modelo, pois constitui-se na base da constelação; o plano xz é

perpendicular ao plano yz , por tanto mostrará uma figura que será, em geral, diferente da figura formada por aquela ao observar a constelação do plano yz .

Durante a prática docente é necessário que os alunos observem a figura formada de diferentes posições, para evidenciar que a mesma combinação de estrelas pode ser vista de maneiras diferentes e formando combinações que não são iguais. Em alguns casos de planos de observação a imagem formada é espelhada com relação àquela vista a partir de nossa perspectiva, invertendo a constelação, tal como uma rotação com relação a um dos eixos de coordenadas. A confecção do modelo é mostrada abaixo, na Figura 7:



Figura 7 – a) Alunos fazendo a conexão das bolinhas com um barbante afim de facilitar a construção da imagem formada e a comparação entre as mais diversas perspectivas; b) alunos marcando no isopor as linhas de coordenadas do plano xy e a posição onde iriam colocar cada estrela; c) imagem final obtida a partir da visualização através do plano zy .

Fonte: O Autor

Ao final do segundo dia de atividades (dia 1: aula expositiva e observação prévia; dia 2: utilização do planisfério celeste e construção do modelo da constelação de Cruzeiro do Sul), os alunos foram convidados a responder um questionário que continha perguntas acerca da disciplina como um todo, bem como das atividades desenvolvidas ao longo da disciplina de maneira geral. Os resultados da análise desse questionário serão apresentados na próxima seção.

6. Resultados e discussões

No atual contexto, em que as informações circulam de forma mais rápida e eficaz, é cada vez mais importante, senão fundamental, buscar metodologias de ensino capazes de prender a atenção dos alunos. Os conteúdos de Astronomia e Astronáutica, por vezes, são tratados de forma teórica em sala de aula (por meio de fotos e vídeos), apesar de representar um laboratório ao ar livre. Daí a necessidade de buscar metodologias mais atraentes para os alunos.

A metodologia empregada se mostrou satisfatória e uma alternativa para trabalhar Astronomia. Após o contato com os conteúdos em sala de aula, os alunos também os vivenciaram na prática, de modo que possam coadunar essas duas experiências e construir seus conhecimentos de forma ativa e, portanto, com mais robustez.

Ao término da disciplina, após as avaliações e fechamento dos diários escolares, os alunos foram convidados a responderem um questionário em que a disciplina era avaliada, e o ensino de constelações foi tema central dos questionamentos. Doze questões foram inseridas no *Google forms* e foi solicitado aos alunos que o respondessem no prazo máximo de três dias após o encerramento da disciplina, para que não ocorresse perda de percepção por parte dos alunos. Tendo em vista que muitas questões são de interesse exclusivo do docente e com cunho específico da disciplina como um todo trataremos apenas aqueles aspectos que estão relacionados com a prática descrita até aqui.

O Primeiro questionamento que aparecia aos alunos sobre a prática docente desenvolvida sobre o ensino de constelações fazia menção a percepção da atividade, tendo sido de múltipla escolha e trazia o texto: *“Sobre a atividade ‘Constelações e mapeamento do céu’ que engloba o planisfério, identificação de constelações, construção de constelações em 3D, qual a sua percepção sobre a atividade?”* As alternativas estavam nesse caso eram *“péssima”, “ruim”, “regular”, “boa” e “ótima”*. Como resposta obtivemos que cinco alunos escolheram a alternativa *“ótima”* e três disseram que a atividade proposta havia sido *“boa”*. As respostas que foram obtidas e o aproveitamento que foi alcançado por parte da atividade de ensino revelam a aceitação por parte dos participantes da prática, podendo refletir diretamente no processo de motivação dos estudantes.

A questão seguinte remetia ao aspecto da prática que mais havia chamado a atenção dos alunos, e que ajudou na construção da perspectiva cultural da constelação: *“Qual ponto da atividade ‘Constelações e mapeamento do céu’ que mais ajudou a construção da perspectiva de que constelações são figuras que estão ligadas à cultura de um povo, seus costumes e sociedade?”*

Como mencionamos anteriormente a prática de ensino era composta por outras atividades que tinham motivações diferentes no contexto do ensino de constelações. As respostas obtidas foram: seis estudantes escolheram a atividade de *“identificação prática das constelações”*, um informou que a *“construção da constelação em 3D (Cruzeiro do sul)”* permitiu essa construção da perspectiva cultural das constelações, enquanto outro indicou a *“construção do planisfério”* como a principal formadora dessa concepção para o aluno.

A identificação prática das constelações foi o ápice da atividade, pois os alunos passaram a visualizar as formações geométricas de estrelas de maneira completa e de forma real, comparando os dados com o material que tinham em mãos, ou seja, com o planisfério. No desenvolvimento da atividade o docente acompanhava os alunos os auxiliando sempre que necessário ou quando solicitado na resolução de dúvidas que apareciam ao longo da prática. As constelações que eram encontradas tinham suas características ou estrelas mais brilhantes nomeadas e em alguns casos as lendas ou origens da nomenclatura eram explicadas pelo professor que conduzia a disciplina. Essa característica histórica da identificação das constelações e das origens dos nomes associados levou os estudantes a conectarem civilizações antigas à concepção das constelações, associando-as a figuras locais de cada cultura.

Os alunos foram questionados durante a aula sobre o significado das constelações, tanto do ponto de vista das culturas antigas quanto da contemporânea e, sobre esse último aspecto, um dos estudantes relatou: “Constelação é um conjunto de estrelas visíveis que estão numa mesma região. Hoje, as constelações são utilizadas como identificadoras de direção e para o reconhecimento do céu em análises espaciais.” Observa-se que o aluno remete ao fato de as constelações serem um conjunto de estrelas visíveis, que foi a forma antiga de definir as constelações, e remeter ao fato delas delimitarem regiões do céu, tal como comentamos na sala de aula, quando tratávamos da fotografia do primeiro buraco negro que está localizado na região compreendida pela constelação de Centauro.

Sobre a justificativa para a nomenclatura e identificação das constelações por parte dos alunos, podemos destacar a ideia apresentada por um destes, em que é ressaltada a característica divina para as constelações: “*Antigamente os astrônomos acreditavam que todos os fenômenos que ocorriam na terra ou no céu estavam relacionados aos deuses, então era fácil entender que a maioria das imagens observadas no céu mencionavam deuses de diferentes povos e culturas*”. A menção aos aspectos históricos é outra evidência da ligação entre os contos que foram falados aos estudantes durante a parte da prática docente em que os alunos foram convidados a mapear as constelações e como ela foi de grande auxílio na ligação entre a Astronomia e sociedade.

Tomando os alunos como de professores em formação, a apresentação dessa metodologia e do conteúdo amplia o repertório de práticas a serem desenvolvidas no Ensino Básico, evidenciando sua importância para a formação dos professores que atuarão na educação básica. Conforme pontua um dos alunos, quando questionamos “*Como as aulas irão favorecer sua compreensão do mundo?*” temos como resposta que o conteúdo é um importante aliado nos níveis anteriores de educação e assim, o primeiro aluno responde que “[...] *A apresentação do nosso céu para os alunos da educação básica*” é um dos aspectos que podem ser aproveitados futuramente, enquanto que outro nos diz, a partir de suas experiências em estágio supervisionado que “*Os alunos do ensino médio fazem muitas perguntas sobre o conteúdo*”, evidenciando assim os possíveis impactos para a prática no contexto da atuação profissional.

7. Considerações Finais

Diante do exposto, podemos concluir que a organização do ensino de constelações mostrou bons resultados, impactando na concepção espontânea equivocada do estudante de que as constelações têm origem recente e estão ligadas somente aos aspectos científicos. Os alunos puderam observar ao longo das três atividades propostas que essas formações não são nem mesmo absolutas, tendo características específicas a partir do ângulo de visão do indivíduo.

A prática foi bem avaliada pelos alunos e nos permitiu realizar as inspeções sobre o aprendizado desses conceitos. O mapeamento das constelações no céu foi o ponto alto da atividade, de acordo com a visão dos estudantes, tendo em vista o caráter prático da astronomia e sua conexão com a natureza e a realidade. A construção da constelação em 3D foi imprescindível para a visualização do mesmo conjunto de estrelas a partir de diversas perspectivas de visão, sendo de fácil construção e podendo ser aplicado ao âmbito do ensino médio.

Os estudantes revelaram durante as aulas, e após a análise dos dados do formulário, o entendimento sobre o conceito de constelação e a importância da construção histórica da constelação para a visão atual desse mecanismo de delimitação do céu. Investigações futuras sobre a prática aplicada ao ensino médio é algo imediato, bem como a utilização dessa

metodologia de ensino aos alunos do ensino médio pelos professores que foram formados inicialmente.

Referências

- Batista, I. L., & Salvi, R. F., & Lucas, L. B. Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 8., Rio de Janeiro, 2011. Anais... Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.uel.br/grupo-pesquisa/ifhiecem/arquivos/BATISTA;%20SALVI;%20LUCAS%202011.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2023.
- Dominici, T. P. & Oliveira, E. S. V., & Del Guerra, F., Atividades de observação e identificação do céu adaptadas às pessoas com deficiência visual, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 4, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/WnNVSx9Vsm7n7F5XF674JFg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 de abril de 2023.
- Horvath, J. E., *O ABC da Astronomia e Astrofísica*, São Paulo – SP, Editora Livraria da Física, 2008, 232 p.
- Langhi, R., *Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para astronomia observacional*; 2ª edição, São Paulo – SP, Editora Livraria da Física, 2016, 143 p. Disponível em: Acesso em: 26 de abril de 2023.
- Leão, D. S., A Astronomia no ensino médio: Compreendendo detalhes do movimento aparente das estrelas com um miniplanetário, *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 15, 2013. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/6>. Acesso em: 26 de abril de 2023.
- Nunes, I., & Dourado, L., Poluição luminosa e educação ambiental: um estudo de caso em Camarate, Lisboa; *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 24, 2017. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/288>. Acesso em: 26 de abril de 2023.
- Oliveira Filho, K. S., & Saraiva, M. F. O., *Astronomia e Astrofísica*, 4ª Edição, São Paulo – SP, Editora Livraria da Física, 2017, 613 p.
- Ourique, P. A., & Giovanni, O., & Catelli, F., Fotografando estrelas com uma câmera digital, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/321302.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2023.

Renner, G., & Lefer, P.; Construção de um maquete tridimensional fosforescente da constelação de Órion: uma proposta didática para o ensino de astronomia, *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 25, 2018. Disponível em:

<https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/320>

Acesso em: 26 de abril de 2023.

Sagan, C. *Cosmos*, 3ª Edição, Rio de Janeiro – RJ, Livraria Francisco Alves Editora S.A., 1982, 364 p.

Schappo, M. G.; *Astronomia: os astros, a ciência, a vida cotidiana*, São Paulo – SP, Editora Contexto, 2022, 128 p.

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE PRÁTICA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: DETERMINAÇÃO DA LATITUDE LOCAL COM UM SEXTANTE PRODUZIDO EM UMA IMPRESSORA 3D

 *Thiago Costa Caetano*¹
 *Camila Cardoso Moreira*²

Resumo: As contribuições que a Astronomia pode oferecer para o Ensino de Ciências têm sido apontadas na literatura há tempos. Por se tratar de uma área altamente interdisciplinar e fazer parte do cotidiano, a Astronomia tem potencial para desempenhar um papel integrador do conhecimento. Além disso contribui para aproximar os estudantes de procedimentos investigativos e de práticas observacionais do céu. Nesse contexto, este trabalho descreve a construção de um sextante com desenho altazimutal, produzido com auxílio de uma impressora 3D, cuja concepção foi motivada por uma atividade prática realizada com estudantes de licenciatura de uma universidade pública brasileira durante uma disciplina introdutória de Astronomia – todos os arquivos necessários para a reprodução do instrumento estão disponíveis gratuitamente para download. A atividade consiste na determinação da latitude local e a construção teórica relativa à análise do problema é apresentada em detalhes. Uma abordagem alternativa, adequada para a Educação Básica, é apresentada fazendo uma relação com a BNCC. Percebe-se que os procedimentos dessa abordagem apresentam consonância com os objetivos preconizados pelas diretrizes curriculares, o que evidencia o seu potencial didático. Um quadro-sumário contendo as fases, subfases e sugestões de tópicos que podem ser tratados foi construído a partir da análise da atividade.

Palavras-chave: Educação em Astronomia, Construção de um sextante, Determinação da latitude.

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDAD PRÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA: DETERMINACIÓN DE LA LATITUD LOCAL CON UN SEXTANTE PRODUCIDO CON UNA IMPRESORA 3D

Resumen: Los aportes que la Astronomía puede ofrecer a la Enseñanza de las Ciencias han sido señalados en la literatura desde hace mucho tiempo. Por ser un área altamente interdisciplinar y parte de la vida cotidiana, la Astronomía tiene un potencial para desempeñar un papel integrador en el conocimiento. También ayuda a acercar a los estudiantes a los procedimientos de investigación y prácticas de observación del cielo. En este contexto, este trabajo describe la construcción de un sextante con diseño altazimutal, producido con la ayuda de una impresora 3D, cuya concepción fue motivada por una actividad práctica realizada con estudiantes de pregrado de una universidad pública brasileña durante un curso de introducción a la Astronomía – todos los archivos necesarios para la reproducción del instrumento están disponibles gratuitamente para su descarga en varios formatos. La actividad consiste en determinar la latitud local y se presenta en detalle la construcción teórica relacionada con el análisis del problema. Se presenta un enfoque alternativo, adecuado para la Educación Básica, haciendo relación con los temas encontrados en la BNCC. Se nota que los procedimientos de este enfoque presentan consonancia con los objetivos recomendados por las orientaciones curriculares, lo que muestra su potencial didáctico. A partir del análisis de la

¹Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: tccaetano@unifei.edu.br

²Bhadram Soluções Educacionais, E-mail: camila.bhadram@gmail.com

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

actividad se construyó un cuadro resumen que contiene las fases, subfases y sugerencias de temas que se pueden tratar.

Palabras clave: Educación en Astronomía, Construcción de un sextante, Determinación de latitud.

A PROPOSAL OF A PRACTICAL ACTIVITY FOR ASTRONOMY EDUCATION: DETERMINING THE LOCAL LATITUDE WITH A 3D-PRINTED SEXTANT

Abstract: The contributions that Astronomy may offer to science teaching have been pointed out in the literature for a long time. For being a highly interdisciplinary field and being present in the quotidian, Astronomy exhibits the potential of acting as a knowledge-integrating agent. Besides, it contributes to bringing students closer to scientific investigative procedures and to observational practice. In this sense, this work describes the construction of an altazimuthal sextant built with the help of a 3D printer, whose conception was motivated by a practical activity carried out with students of a physics teacher's practice course at a Brazilian public university during an introductory course of Astronomy— all files required for the reproduction of the instrument are freely available. The activity consists of determining the local latitude and the theoretical basis concerning the problem is presented in this work. An alternative approach, more suitable for basic education, is presented establishing a link with the BNCC. It is possible to notice that the procedures in this alternative method are in agreement with the aims found in that document, which makes evident its didactical potential. A summary table is presented with the phases, sub-phases, and suggestions on the topics that the teacher might address.

Keywords: Astronomy education, building a sextant, latitude determination.

1 Introdução

Diversos trabalhos apontam a importância da Astronomia para o ensino de ciências, como é o caso dos trabalhos de Nussbaum (1995), Tignaneli (1998), Townsend (1998), Leite e Hosoume (1999), Leite (2002), Langhi (2004), Langhi e Nardi (2014) e Peixoto (2018). De acordo com o estudo realizado por Langhi e Nardi (*Op. cit.*), as pesquisas brasileiras apontam como principais justificativas para o ensino de Astronomia o fato de que essa ciência contribui para que sejam trabalhados conteúdos referentes à história e à filosofia da ciência no ensino, bem como o fato de que favorece abordagens com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Ainda segundo os autores, o ensino de Astronomia: i) promove a elaboração de atividades experimentais e a prática de observação do céu; ii) é altamente interdisciplinar e o tema é motivador; iii) possui potencial para promover a interação com a comunidade de astrônomos profissionais e espaços não-formais de ensino; iv) é preconizado pelas diretrizes curriculares e v) é necessário, levando-se em conta a presença de erros conceituais e falhas nos livros didáticos, as concepções alternativas em professores e alunos e a baixa popularização dessa ciência – ou da ciência, de modo geral. O aspecto interdisciplinar da Astronomia é certamente uma característica que se sobressai e também é citado por Peixoto quando afirma que se “a Astronomia é parte do nosso cotidiano, poderíamos utilizá-la como integradora de saberes, propiciando ao ensino de ciências momentos interdisciplinares” (*Op. cit.*, p. 50).

Por todas as razões mencionadas, mas especialmente pelo fato de que a Astronomia está sempre presente nas diretrizes curriculares, é imprescindível que esse conteúdo faça parte dos programas de formação de professores. Pensando nisso, no ano de 2007 foi criada a disciplina

intitulada “Conceitos de Astronomia” e integrada à matriz curricular do curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) – MG. No início se tratava de uma disciplina com 32 horas-aula e sua sigla era AST926. Com a implementação da nova matriz curricular em 2016, a disciplina passou a ter a sigla AST929 e uma carga horária total de 64 horas-aula, sendo que 50% dessa carga era oferecida na modalidade EaD. Naquele momento, a mudança foi parte da reforma curricular que ocorreu em consequência das discussões que existiram em torno da Resolução 2/2015 aprovada pelo Conselho Nacional de Educação – CNE – em 9 de junho de 2015, a qual ampliava a carga horária dos cursos de formação inicial dos profissionais do magistério da Educação Básica. A carga horária da disciplina foi novamente ampliada quando da implementação da matriz curricular de 2022, passando a ter a sigla AST001 e uma carga horária de 96 horas-aula, permanecendo um terço dessa carga sendo oferecida no regime EaD.

A disciplina está inserida no primeiro período do curso e, portanto, foi decidido que deveria apresentar um caráter predominantemente conceitual, tendo em vista principalmente dois fatores: i) a disciplina tem como objetivo prover um panorama da área, abordando desde astronomia antiga, modelos de mundo, evolução estelar, galáxias, até a cosmologia. Evidentemente, trata-se de uma ementa bastante densa e apenas um semestre não é tempo suficiente para que os tópicos sejam minuciosamente discutidos; ii) os estudantes encontram-se no início do curso e ainda não possuem familiaridade com muitas das ferramentas que seriam necessárias para compreenderem o formalismo por trás de abordagens mais aprofundadas. Além disso, é preciso levar em consideração que esses estudantes passam por uma fase de adaptação ao ensino superior, um período de transição, de forma que deve-se ponderar com muito cuidado o volume de informações e de trabalho, o nível de formalismo e de aprofundamento que serão empregados. Idealizou-se ainda que a disciplina deveria valer-se de variadas estratégias de ensino, com especial ênfase na sua componente prática.

A ideia deste trabalho surgiu a partir de uma das atividades práticas realizadas na disciplina, a qual consiste na determinação da latitude a partir de observações do céu. Normalmente a determinação é realizada a partir de dados coletados com um sextante rudimentar de baixo custo, como aquele que é apresentado por Rosado e Mota (2015), e um transferidor calibrado a partir da linha norte-sul. Entretanto, no ano de 2022, a atividade foi desenvolvida com auxílio de um “sextante” aprimorado, concebido, projetado e produzido em uma impressora 3D. Na verdade, a funcionalidade do instrumento excede aquela de um sextante convencional, pois foi integrado a ele uma escala que permite obter também medidas para a coordenada azimute. Neste trabalho são apresentados os detalhes do projeto do instrumento e são fornecidas as informações para a obtenção dos arquivos para reprodução – projetos CAD, arquivos para impressora 3D e manual com parâmetros de impressão. Todo o material está disponível gratuitamente online (ver Tabela 2).

Inicialmente apresentamos alguns conceitos de Astronomia que são importantes para facilitar a compreensão do método que é empregado na determinação da latitude. Dando prosseguimento, discutimos a formulação teórica e procedemos à verificação do método utilizando dados teóricos obtidos para a estrela Antares, nas noites de 15 e 16 de maio de 2022, considerando o sistema de referência de um observador localizado no hemisfério sul, aproximadamente no sudeste brasileiro. Em seguida é feita a apresentação do instrumento em termos dos seus componentes e são descritos os procedimentos de montagem. Uma abordagem

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

possível para a Educação Básica é apresentada na sequência, fazendo relação entre as atividades que a compõem e os objetivos encontrados na Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Por fim, tecemos algumas considerações sobre o contexto em que o instrumento foi concebido, suas limitações e potenciais do ponto de vista do ensino.

2 Alguns conceitos de Astronomia

O primeiro conceito útil para que os estudantes possam compreender a atividade proposta neste trabalho, além de ser um conceito fundamental em Astronomia, refere-se à **esfera celeste**. O termo remonta à Astronomia antiga, muitos séculos antes de Cristo, quando ainda predominava a ideia de um Universo geocêntrico e a própria geometria da Terra ainda era alvo de debates.

O conceito consiste em uma esfera concêntrica ao globo terrestre na superfície da qual as estrelas encontram-se fixas. A esfera parece se deslocar como um corpo rígido, causando o **movimento aparente** dos astros, o qual é possível testemunhar diariamente. Os planetas ocupariam órbitas internas a essa esfera e isso explicaria o porquê de possuírem movimentos peculiares – daí a razão de terem recebido esse nome. A palavra planeta é proveniente do grego *planétes* (πλανήτης), que quer dizer viajante, que caminha sem destino, transeunte.

A Figura 1 mostra uma representação da esfera celeste. O **equador celeste** é definido pela interseção do plano do equador terrestre com a esfera celeste, ou seja, o equador terrestre e o equador celeste são coplanares por construção. Esse plano divide a esfera celeste em dois hemisférios, o **hemisfério norte celeste** (HNC) e o **hemisfério sul celeste** (HSC). A interseção do eixo de rotação da Terra com a esfera celeste define dois pontos, o **polo norte celeste** (PNC) e o **polo sul celeste** (PSC). Quando vista a partir do PNC, a esfera celeste apresenta rotação no sentido horário – contrário ao sentido do movimento de rotação da Terra.

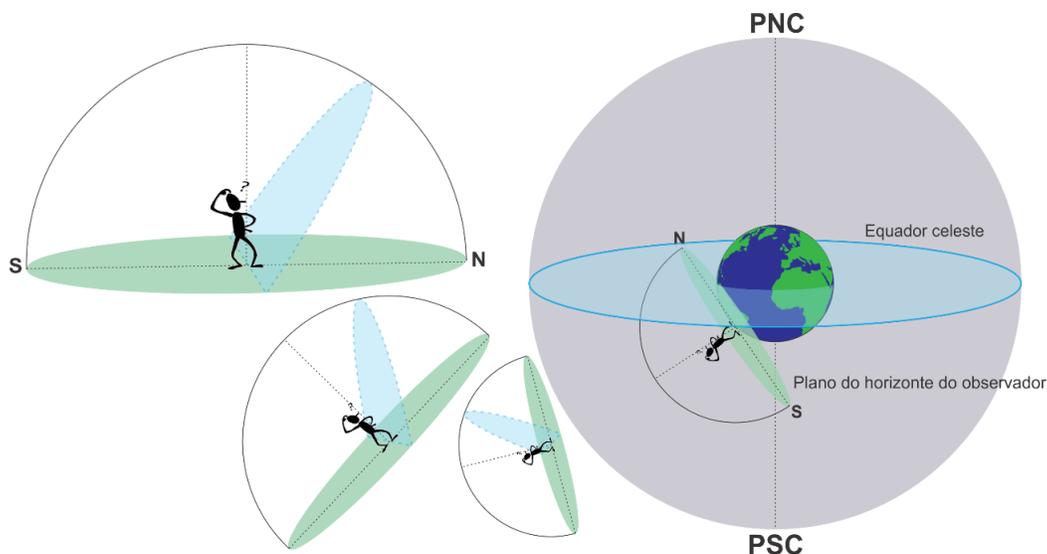


Figura 1 – Representação da esfera celeste contendo o plano do horizonte para um observador localizado no hemisfério sul, próximo à região do Trópico de Capricórnio, na América do Sul. A interseção do equador celeste com o hemisfério celeste observável (HCO) é mostrada em detalhes. As siglas PNC e PSC significam, respectivamente, polo norte celeste e polo sul celeste.

Fonte – autoria própria.

Um observador no hemisfério sul está representado na figura, localizado próximo à região do Trópico de Capricórnio, na América do Sul. Alguns elementos relevantes para o observador também estão indicados, como é o caso das direções norte e sul e o plano do horizonte, ou **plano do horizonte do observador**. O céu que pode ser visto por ele corresponde à porção da esfera celeste que se encontra acima do plano do horizonte do observador. Não fossem as distorções inevitáveis na escala da figura, seria possível perceber imediatamente que essa porção é equivalente à metade da esfera celeste. Contudo, visando a clareza da ilustração, a dimensão da Terra está exagerada. Portanto, é necessário imaginar que ela, na verdade, é apenas um ponto no centro da esfera e assim ficará evidente o que acaba de ser dito. Iremos nos referir ao céu que pode ser visto pelo observador como **hemisfério celeste observável (HCO)**. É evidente que o HCO depende de onde o observador está situado no globo terrestre e também do instante em que a observação é feita, visto que observador e esfera celeste estão em movimento relativo.

Na Figura 1, note como o equador celeste intersecciona o HCO do observador. Do ponto de vista dele, o plano do equador celeste está inclinado na direção norte e é fácil perceber que esse ângulo depende da latitude em que ele se encontra. O ângulo a que nos referimos é o menor ângulo entre o plano do equador celeste e o segmento de reta que vai desde o observador até o **zênite** (ponto mais alto no HCO) – um segmento de reta vertical que passa pelo observador. Se ele estivesse exatamente sobre o equador da Terra, esse ângulo seria nulo. Se estivesse sobre um dos polos, o equador celeste seria coincidente com o seu plano do horizonte do observador. Para uma latitude qualquer, esse ângulo é equivalente à latitude, em módulo, porém com sinal

oposto. Isto é, o plano do equador celeste tem inclinação para o norte quando estamos no hemisfério sul da Terra e vice-versa.

O mesmo comportamento pode ser observado com relação à trajetória aparente de um astro. A Figura 2 mostra com detalhes o HCO do observador da **Figura 1** contendo as trajetórias aparentes de duas estrelas hipotéticas. Note como cada uma delas determina um plano que é paralelo ao plano do equador celeste. Isso é lógico, pois o eixo de rotação da esfera celeste é ortogonal a esse plano e, como as estrelas supostamente estão fixas na superfície da esfera, elas descrevem circunferências em planos sempre ortogonais ao eixo de rotação, portanto paralelos entre si. Significa que, para determinar a inclinação do equador celeste basta escolher um astro e determinar a inclinação do plano que contém a sua trajetória. Como mencionado, esse ângulo depende da localização do observador, de forma que se tem um método para a determinação da latitude.

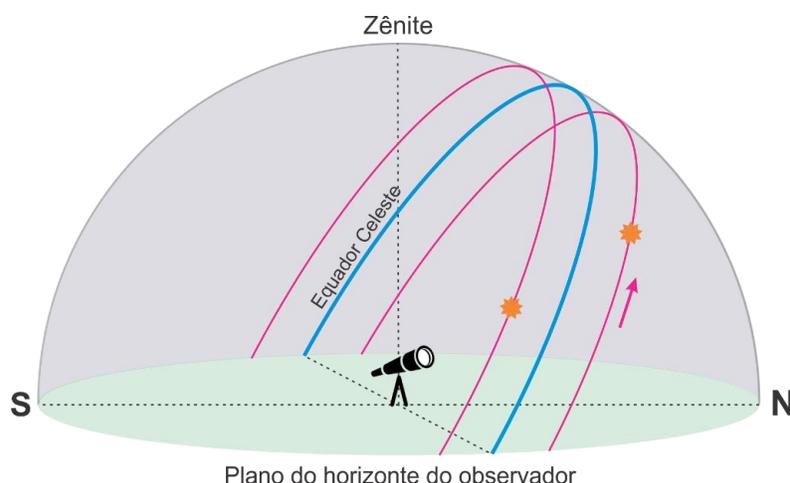


Figura 2 – Hemisfério celeste observável (HCO) para o observador da Figura 1, trajetória aparente de dois objetos e o plano do equador celeste.

Fonte – autoria própria.

3 Determinação da latitude: princípios teóricos

Uma das formas de se obter o ângulo de inclinação do plano que contém a trajetória aparente de um astro é com base na direção do vetor normal a este plano. A obtenção desse vetor, por sua vez, pode ser feita a partir do produto vetorial de dois vetores no plano, cuja determinação requer que sejam conhecidas as coordenadas de três pontos da trajetória. Uma forma de obter essas informações é através de medição direta. Nesse caso, para conferir maior precisão às determinações, é recomendado que as medidas sejam feitas com intervalos de ao menos uma hora. Mas o ideal é que estejam igualmente espaçadas e distribuídas ao longo de toda a noite. O instrumento para a realização das medidas será apresentado mais adiante.

As coordenadas da estrela são obtidas no **sistema local**, ou **sistema horizontal de coordenadas**. Esse sistema consiste em duas coordenadas esféricas denominadas azimute e elevação (ou altura) e representadas, respectivamente, por A e H. A primeira corresponde ao ângulo medido sobre o plano do horizonte do observador, a partir do norte, em direção ao leste – sentido horário quando o plano do horizonte do observador é visto a partir do zênite. O azimute pode assumir valores no intervalo de 0 a 360 graus. Conforme mostra a **Figura 3**, essa coordenada corresponde ao ângulo implícito entre os segmentos \overline{ON} e \overline{OP} , sendo que o último é a projeção do vetor \vec{r}_i sobre o plano do horizonte do observador (ilustrado na Figura 3 para o caso $i = 1$). Por sua vez, a altura representa o ângulo subtendido entre o plano do observador e o vetor \vec{r}_i e vai de 0 a 90 graus, sendo que o valor máximo ocorre para um objeto localizado no zênite.

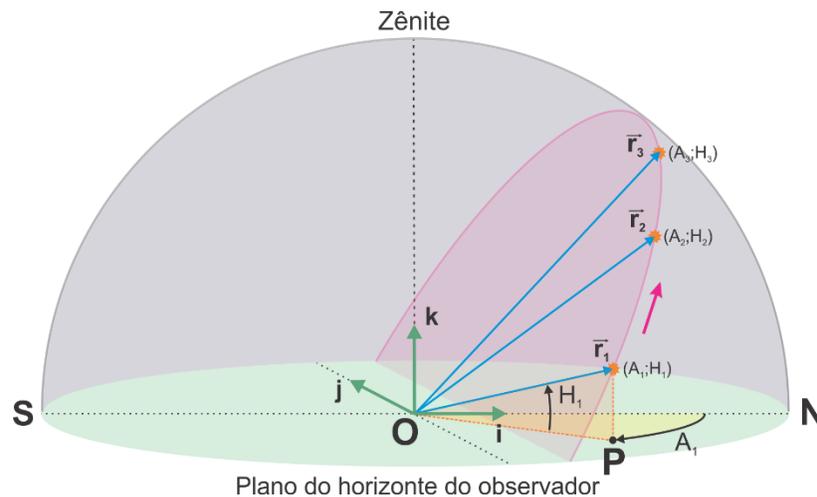


Figura 3 – Hemisfério celeste observável (HCO) para o observador da **Figura 1**. Estão indicadas a trajetória aparente de uma estrela e as posições do objeto em três momentos diferentes. As coordenadas horizontais para o primeiro momento também estão indicadas na figura.

Fonte – autoria própria.

Dado um par ordenado $(A_i; H_i)$, o vetor \vec{r}_i que localiza o astro, expresso em coordenadas cartesianas segundo a base canônica representada na **Figura 3**, é dado por

$$\vec{r}_i = \cos H_i \cos A_i \hat{i} - \cos H_i \sin A_i \hat{j} + \sin H_i \hat{k} \quad (1)$$

É possível notar que \vec{r}_i é unitário. Conforme Figura 3, dois vetores linearmente independentes pertencentes ao plano da trajetória aparente do astro são $\vec{r}_2 - \vec{r}_1$ e $\vec{r}_3 - \vec{r}_1$, em que

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

$$\vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (\cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1) \hat{i} - (\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1) \hat{j} + (\sin H_2 - \sin H_1) \hat{k} \quad (2)$$

$$\vec{r}_3 - \vec{r}_1 = (\cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1) \hat{i} - (\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1) \hat{j} + (\sin H_3 - \sin H_1) \hat{k} \quad (3)$$

e um vetor \vec{r}_n normal ao plano é dado pelo produto vetorial

$$\vec{r}_n = \vec{r}_3 - \vec{r}_1 \times \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \quad (4)$$

Na forma matricial, temos

$$\vec{r}_n = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1 & -(\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1) & \sin H_3 - \sin H_1 \\ \cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1 & -(\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1) & \sin H_2 - \sin H_1 \end{vmatrix} \quad (5)$$

O determinante da matriz acima fornece

$$\vec{r}_n = [-(\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1)(\sin H_2 - \sin H_1) + (\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1)(\sin H_3 - \sin H_1)] \hat{i} + [(\cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1)(\sin H_3 - \sin H_1) - (\cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1)(\sin H_2 - \sin H_1)] \hat{j} + [-(\cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1)(\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1) + (\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1)(\cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1)] \hat{k} \quad (6)$$

ou, quando escrito em termos das suas componentes cartesianas:

$$r_{nx} = (\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1)(\sin H_3 - \sin H_1) - (\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1)(\sin H_2 - \sin H_1) \quad (7)$$

$$r_{ny} = (\cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1)(\sin H_3 - \sin H_1) - (\cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1)(\sin H_2 - \sin H_1) \quad (8)$$

$$r_{nz} = (\cos H_3 \sin A_3 - \cos H_1 \sin A_1)(\cos H_2 \cos A_2 - \cos H_1 \cos A_1) - (\cos H_3 \cos A_3 - \cos H_1 \cos A_1)(\cos H_2 \sin A_2 - \cos H_1 \sin A_1) \quad (9)$$

A ordem dos fatores no produto vetorial da Equação 3 foi escolhida de tal forma que a componente do vetor normal na direção de \hat{i} é positiva, ou seja, aponta para a direção norte. Dessa forma, o ângulo entre o vetor \vec{r}_n e o vetor \hat{i} corresponde ao módulo da latitude, conforme

pode ser inferido a partir da Figura 4. O sinal será negativo se o plano da trajetória estiver inclinado para o norte e vice-versa. Utilizando a definição de produto escalar, temos

$$\vec{r}_n \cdot \hat{i} = |\vec{r}_n| |\hat{i}| \cos\varphi \quad (10)$$

em que φ é o ângulo entre os vetores ou, em nosso caso, o módulo da latitude. Decorre da expressão acima que

$$|\vec{r}_n| \cos\varphi = r_{nx} \quad (11)$$

e, portanto:

$$\varphi = \cos^{-1} \frac{r_{nx}}{|\vec{r}_n|} = \cos^{-1} \frac{r_{nx}}{\sqrt{r_{nx}^2 + r_{ny}^2 + r_{nz}^2}} \quad (12)$$

As componentes do vetor \vec{r}_n são dadas pelas equações 7, 8 e 9.

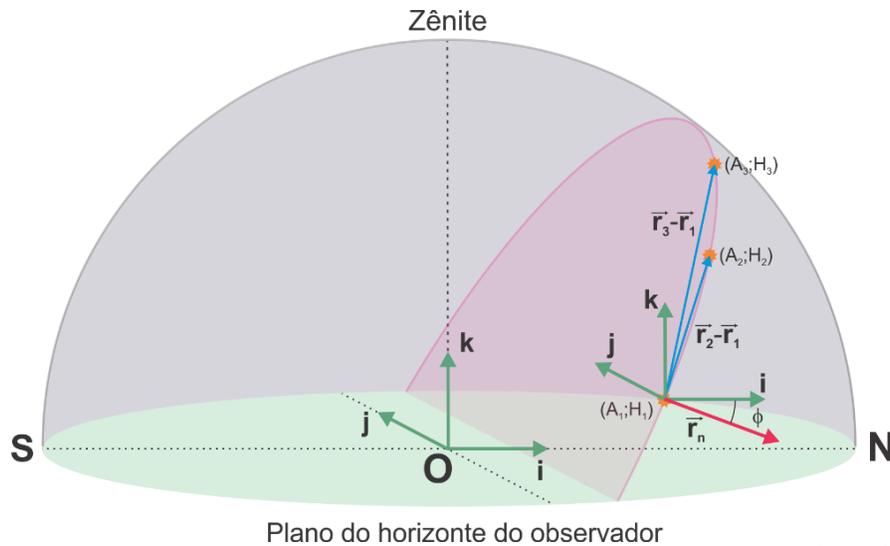


Figura 4 – O mesmo que a Figura 3, porém mostrando em detalhes os vetores $\vec{r}_3 - \vec{r}_1$ e $\vec{r}_2 - \vec{r}_1$ pertencentes ao plano da trajetória aparente da estrela e o vetor normal \vec{r}_n .

Fonte – autoria própria.

A título de exemplo, considere a trajetória aparente da estrela Antares da constelação de Escorpião, observada a partir das coordenadas geográficas 22.4 graus de latitude sul e 45.4 graus de longitude oeste – aproximadamente a localização do Observatório do Pico dos Dias, do

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

Laboratório Nacional de Astrofísica, LNA/MCTI. As coordenadas da estrela, expressas no sistema horizontal de coordenadas, em três momentos diferentes nas noites de 15 e 16 de maio de 2022, constam na Tabela 1.

Tabela 1 –Coordenadas da estrela Antares da constelação de Escorpião no sistema horizontal a partir das coordenadas geográficas 22.4 graus de latitude sul e 45.4 graus de longitude oeste, nos dias 15 e 16 de maio de 2022. As coordenadas são dadas em graus decimais e em radianos.

Fonte – autoria própria.

	Data	Horas UTC	A (°)	H (°)	A (rad)	H (rad)
1	15/05/2022	23h00	110.407	23.101	1.927	0.403
2	16/05/2022	03h00	110.304	76.383	1.925	1.333
3	16/05/2022	08h00	252.511	34.921	4.407	0.609

A partir dos dados da tabela, a Equação 12 fornece $\varphi \approx 22.41$ graus, que é precisamente a latitude do local das observações. A acurácia do resultado depende, todavia, da qualidade das medidas e também dos pontos escolhidos ao longo da trajetória aparente do astro. Se as medidas forem feitas em intervalos de tempo pequenos, o ângulo entre os vetores da Equação 2 será pequeno e a propagação das incertezas associadas às medidas fará com que o resultado para o ângulo φ seja pouco preciso. No caso da Tabela 1, as coordenadas foram obtidas teoricamente a partir das coordenadas equatoriais da estrela (Seidelmann, 2006; Duffett-Smith e Zwart, 2017), do local e do momento escolhidos para a observação, para que servissem de subsídio às verificações das equações que foram apresentadas. As incertezas associadas, nesse caso, são desprezíveis e isso explica a exatidão do resultado que foi obtido a partir dos dados da tabela.

4 O sextante: descrição e procedimentos de montagem

Como mencionado anteriormente, para que a determinação da latitude seja possível é necessário medir as coordenadas de uma estrela em diferentes pontos da sua trajetória aparente, utilizando o sistema horizontal de coordenadas. Para isso foi desenvolvido um protótipo³, um instrumento que pode ser produzido com auxílio de uma impressora 3D. O aparato, mostrado na Figura 5, combina a funcionalidade de um sextante com uma adaptação do desenho altazimutal empregado em telescópios⁴. O modelo tridimensional é mostrado do lado esquerdo da figura em

³ Os arquivos em diferentes formatos estão disponíveis em <https://labremoto.unifei.edu.br/materials/sextante/sextante.zip>.

⁴ O desenho altazimutal dos telescópios possui uma estrutura mais robusta, geralmente empregando uma forquilha para sustentar o peso do instrumento. Aqui referimo-nos apenas ao desenho, especificamente à forma como os eixos principais (eixos das coordenadas) estão dispostos no instrumento, e não aos aspectos estruturais.

uma perspectiva isométrica e, do lado direito, há uma vista explodida para auxiliar a compreensão dos procedimentos de montagem.

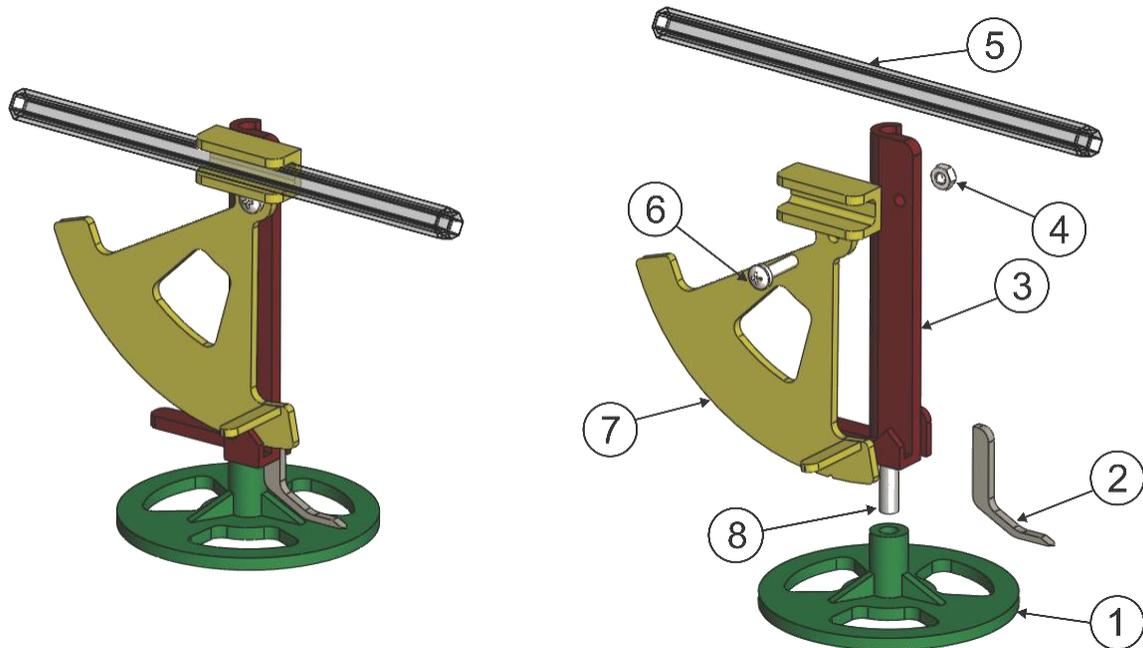


Figura 5 –À esquerda: perspectiva isométrica do sextante. À direita: vista explodida com identificação dos componentes. A descrição de cada um é apresentada na Tabela 2.

Fonte – autoria própria.

Na base (1) do instrumento existe uma escala angular que vai de 0 a 360 graus. Quando o zero da escala está orientado na direção do norte geográfico, os valores lidos são equivalentes à coordenada azimute. No sextante (7) existe outra escala angular, a qual permite ler valores entre -10 e 70 graus. Esse ângulo corresponde à elevação do astro, ou seja, o ângulo subtendido entre o plano do horizonte do observador – ou a linha do horizonte – e a linha imaginária que conecta o observador ao astro.

Note que o termo sextante é devido ao fato de que esses instrumentos são construídos de tal maneira que o arco onde fica a escala da elevação possui uma abertura angular – uma amplitude – que equivale a um sexto da circunferência. De forma análoga também existem quadrantes e oitantes, em cujas leituras varrem, respectivamente, um quarto e um oitavo da circunferência. Atualmente, entretanto, o termo sextante tem sido empregado coloquialmente para se referir a instrumentos que permitem medir a elevação de um astro. Já o emprego do termo para referir-se ao instrumento em questão configura uma catacrese⁵, visto que a escala da elevação possui uma amplitude um pouco maior que 60 graus.

⁵ Figura de linguagem que consiste no uso de uma palavra ou expressão que não descreve com exatidão o que se quer expressar, mas é adotada por não haver uma outra palavra apropriada - ou a palavra apropriada não é de uso comum; é uma gíria do cotidiano, expressão usada para facilitar a comunicação.

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

A Tabela 2 contém a lista de componentes do instrumento. Alguns dos itens estão disponíveis para impressão 3D, enquanto que os demais referem-se a materiais acessíveis que podem ser adquiridos ou até mesmo reaproveitados de outros equipamentos. Para a montagem, o primeiro passo consiste em inserir o eixo do azimute (8) na base (1). Esse é um encaixe forçado, portanto pode ser necessário utilizar um martelo pequeno nessa etapa. Se for esse o caso, apoie a base sobre uma superfície nivelada e resistente. Em seguida, posicione uma das extremidades do eixo no furo e então execute golpes suaves na extremidade oposta até que o eixo alcance o fundo do orifício.

Nas ocasiões em que o instrumento foi construído, foram empregados eixos de aço retificado removidos de impressoras do tipo jato de tinta inutilizadas. No entanto existem outras opções. Por exemplo, é possível utilizar um parafuso com 6 mm de diâmetro e com cerca de 90 mm de comprimento. Nesse caso é necessário remover a cabeça do parafuso e utilizar apenas a haste cilíndrica. De fato, qualquer haste com as dimensões mencionadas e que ofereça pouca fricção é adequada para essa montagem.

Tabela 2 –Componentes do sextante mostrado na
Figura 5.
Fonte – autoria própria.

Identificador	Descrição
1*	Base
2*	Indicador do azimute
3*	Corpo
4	Porca sextavada M4
5	Tubo de caneta esferográfica ou similar, com diâmetro externo aproximado de 8 mm
6	Parafuso M4 com 16 mm de comprimento, cabeça abaulada com base reta, fenda cruzada – tipo <i>Philips</i>
7*	Sextante
8	Eixo com 6 mm de diâmetro e 90 mm de comprimento.

* - itens disponíveis para impressão 3D. Download dos arquivos em <https://labremoto.unifei.edu.br/materials/sextante/sextante.zip>. Além dos componentes da tabela, no mesmo endereço estão disponíveis dois arquivos no formato PDF contendo as escalas angulares do azimute e da elevação, para que sejam impressas e fixadas no instrumento da forma mostrada na Figura 6.

Na sequência faz-se o encaixe do corpo (3) no eixo (8). O diâmetro interno do corpo é ligeiramente maior que o diâmetro do eixo, de forma que esse encaixe deve ocorrer sem dificuldades. Contudo, dependendo do material empregado na impressão das peças, a contração do filamento pode reduzir a dimensão do furo, dificultando o encaixe. Em todo caso, deve ser

possível realizá-lo sem a necessidade de ferramentas. Em seguida deve-se unir o sextante (7) ao corpo (3) por meio do conjunto parafuso-porca – itens (6) e (4) da Figura 5, respectivamente. Esses dois últimos componentes são itens baratos e que podem ser encontrados em casas de materiais de construção ou lojas de ferramentas, ou ainda, podem ser reaproveitados de equipamentos sucateados.

O item (2), indicador da escala angular do azimute, deve ser colado ao corpo (3). Da mesma forma, o tubo (5) deve ser colado no sextante (7). Recomenda-se a utilização de um adesivo instantâneo para melhor fixação dessas partes. A Figura 6 mostra a imagem real do instrumento após a montagem, produzido em uma impressora 3D com filamento PLA (ácido polilático) vermelho.



Figura 6 –Fotografia do instrumento produzido em uma impressora 3D com filamento PLA vermelho.
Fonte – autoria própria.

Os arquivos contendo as escalas angulares tanto do azimute quanto da elevação podem ser encontrados junto aos arquivos dos componentes disponíveis impressão 3D. As escalas devem ser impressas e fixadas conforme mostrado na figura. Para isso é recomendado utilizar cola-bastão.

5 Determinação da latitude: uma abordagem possível para a Educação Básica

A determinação precisa da latitude a partir da inclinação do plano da trajetória de um astro implica certas operações matemáticas pertencentes normalmente ao âmbito do ensino superior. Uma abordagem voltada para estudantes da Educação Básica deve, portanto, esquivar-se dessas operações. Nesta seção apresentamos uma forma alternativa de determinar a latitude com o instrumento apresentado neste trabalho, a qual implica naturalmente certas simplificações e aproximações. Por essa razão, o resultado pode não ser tão preciso, porém não deixa de ser válido como uma forma de se trabalhar certos conceitos tanto de Astronomia quanto de

Matemática, além de procedimentos investigativos e de análise preconizados pelas orientações curriculares nacionais.

O primeiro passo consiste na escolha de um objeto para observação, cujas coordenadas deverão ser determinadas para dois pontos da trajetória aparente, como os pontos D e B mostrados na **Figura 7**, por exemplo. Essa tarefa simples já constitui um catalisador para inúmeras discussões, as quais podem limitar-se a uma abordagem puramente conceitual ou não. A título de ilustração, no momento em que se planeja a escolha de um alvo para as observações/medições, pode-se aproveitar o ensejo para realizar um exercício de reconhecimento do céu noturno, identificando constelações, discutindo as principais diferenças entre planetas e estrelas, apresentando técnicas de localização a partir de pontos de referência no céu, tratando aspectos relacionados ao movimento diurno dos astros, entre inúmeras outras possibilidades. Também se deve valer da oportunidade para introduzir e explicar as simplificações que são adotadas na abordagem utilizada, estabelecendo assim as condições de contorno para a seleção de um objeto adequado para as observações.

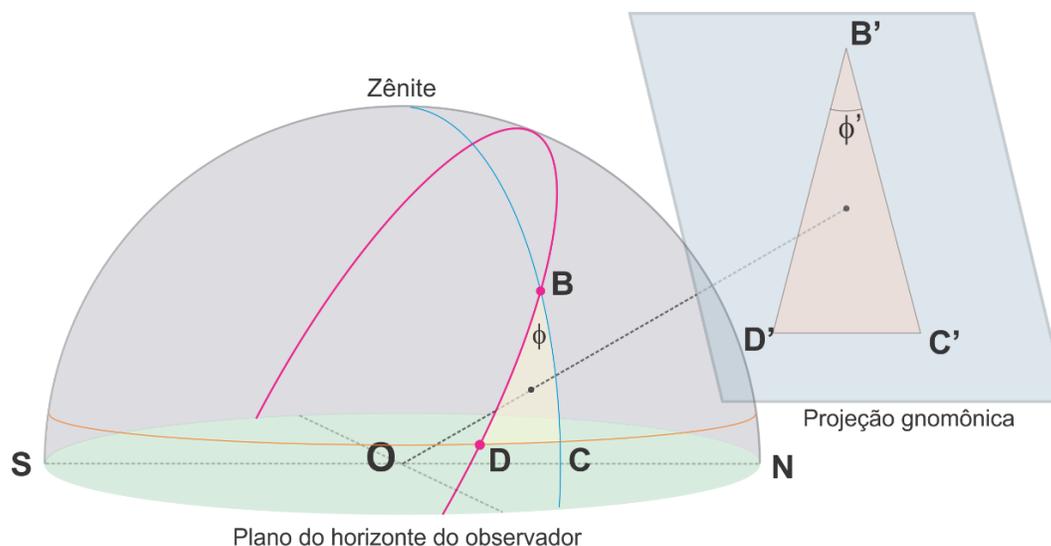


Figura 7 –HCO do observador da **Figura 1** com a indicação dos pontos D e B em que são feitas as medidas das coordenadas do astro. Projeção gnomônica do triângulo BCD.

Fonte – autoria própria.

Um objeto adequado para observação deve nascer próximo ao leste. Objetos com essa característica exibem uma trajetória aproximadamente retilínea quando ainda estão próximos do horizonte – elevações menores que 30 graus. Por outro lado, considerando o observador da Figura 1, um objeto próximo do polo sul celeste, por exemplo, descreveria trajetórias com curvaturas acentuadas e as aproximações do método levariam a resultados absurdos. Outro cuidado que deve ser observado é para que as medidas sejam feitas em um intervalo de tempo de aproximadamente 30 minutos para minimizar as distorções relativas ao processo de projeção, o qual ficará mais claro adiante.

Discussões como essas podem oferecer contribuições significativas tanto para a área da Matemática quanto para a de Ciências da Natureza. Conforme a Base Nacional Curricular

Comum (BNCC), na etapa do ensino fundamental, a matemática deve garantir que os estudantes relacionem observações empíricas do mundo real a representações, como tabelas, figuras e esquemas (Brasil, 2018). Percebe-se que esse é precisamente o caso da abordagem que está sendo proposta, visto que os dados coletados durante as observações servem de subsídio para a construção de esquemas como aquele que é mostrado na Figura 7.

Depois de feita a seleção da estrela que se pretende observar, o próximo passo, naturalmente, é discutir os procedimentos com respeito à determinação das suas coordenadas, os quais estão centrados no instrumento apresentado neste trabalho. Essa é considerada uma etapa preparatória para a coleta de dados. Nesse ponto pode-se discutir sobre os aspectos da construção do instrumento e do seu funcionamento, além de questões ligadas aos sistemas de coordenadas empregados em Astronomia. Qual é o significado das escalas do instrumento? De que forma deve ser utilizado? Qual a origem desse instrumento? O contexto parece sugerir que existe espaço para que sejam abordados fatos históricos que envolvam instrumentos/procedimentos semelhantes e que tiveram extrema importância para a construção do conhecimento da área, como é o caso dos trabalhos realizados por Tycho Brahe, que tiveram um papel crucial para a elaboração das leis de Kepler (Dreyer, 2014). Essa é uma oportunidade para a discussão de aspectos epistemológicos, da história e da natureza das ciências.

Outras possibilidades particularmente interessantes consistem em enfatizar questões como aquelas relacionadas ao porquê de apenas duas coordenadas bastarem para localizar um astro na superfície da esfera celeste, à relação dessas coordenadas com o sistema cartesiano, à técnica de determinação da linha norte-sul de um local (Santos, 2019) e, portanto, do ponto zero da escala azimutal no sistema local de coordenadas, entre outras. Nos anos iniciais do Ensino Fundamental, conforme aponta a BNCC, “*espera-se que os alunos identifiquem e estabeleçam pontos de referência para a localização [...] de objetos*” (Brasil, 2018, p. 272), o que vai ao encontro dessa abordagem.

Dando prosseguimento, a coleta de dados consiste na obtenção das coordenadas de uma estrela em dois pontos da sua trajetória aparente. Esse é o momento para que os estudantes possam avaliar a precisão do instrumento e refletir sobre as possíveis fontes de erros do processo. Ao fazer isso, estar-se-á promovendo a “*aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica*” (Ibid., p. 321). O momento da coleta de dados é oportuno para retomar as discussões em torno das simplificações e das aproximações adotadas, enfatizando-se o porquê de o intervalo de tempo entre as duas medidas não poder ser nem muito grande nem muito pequeno e por que é recomendado utilizar um intervalo de aproximadamente 30 minutos. Grosso modo, quanto maior a área do triângulo BCD (Figura 7), maior as distorções na projeção, a qual serve de base para a determinação da latitude. Por outro lado, para intervalos de tempo muito reduzidos, os erros tornam-se relativamente grandes e podem levar a resultados inadequados – é conveniente apontar que o instrumento não é um instrumento de precisão.

Após realizarem as medidas das coordenadas, para que seja possível determinar a latitude, os estudantes devem construir um triângulo sobre o HCO – uma superfície esférica – em que dois dos vértices coincidam com as posições medidas, como é o caso do triângulo BCD da Figura 7. A coordenada azimute é constante ao longo do arco BC e, no caso do arco DC, a elevação é a coordenada que permanece constante. Os arcos DC e BC são determinados,

respectivamente, pelas diferenças entre as coordenadas azimute e elevação dos pontos D e B. Por essa razão, é desnecessário que o zero da escala azimutal esteja orientado para o norte do local no momento das medidas. Qualquer desvio sistemático devido a um erro de calibração é automaticamente compensado quando se faz o cálculo da diferença.

O próximo passo consiste em construir o triângulo $B'C'D'$ da projeção. O segmento $\overline{D'C'}$ possui o mesmo comprimento do arco DC e, de forma análoga, os demais segmentos têm comprimentos equivalentes aos seus arcos correspondentes. Se adotarmos a esfera celeste com um raio unitário, esses comprimentos equivalem numericamente a amplitude do arco correspondente expressa em radianos – o arco de circunferência é equivalente ao produto do raio da circunferência pela amplitude do arco em radianos. Ou seja, o comprimento do segmento $\overline{D'C'}$ corresponde à diferença do azimute entre os pontos D e B e o comprimento do segmento $\overline{B'C'}$ equivale à diferença da elevação entre eles, ambas expressas em radianos. Nesse ponto é importante notar que os ângulos internos no triângulo BCD não são exatamente os mesmos de $B'C'D'$ por conta de distorções inerentes à projeção da figura. Sendo assim, o ângulo φ' não é equivalente a φ , tampouco podemos afirmar que $B'C'D'$ é um triângulo retângulo. Contudo, quando o ponto D não está muito distante de B (a área do triângulo BCD é pequena) e D não está muito acima do horizonte, podemos considerar com boa aproximação que

$$\varphi' \approx \text{tg}^{-1} \frac{A_D - A_B}{H_B - H_D} \quad (13)$$

em que A_D e A_C correspondem ao azimute dos pontos D e C, respectivamente, e H_B e H_C são as elevações dos pontos B e C, nessa ordem – todos os ângulos devem estar expressos em radianos. A Tabela 3 contém as coordenadas da estrela Antares em dois pontos da sua trajetória aparente na noite de 15 de maio de 2022, segundo o referencial do observador da Figura 1. De acordo com os dados da tabela, a Equação 10 fornece que $\varphi' \approx 20.2$ graus, que representa uma boa estimativa da latitude, dadas todas as aproximações empregadas e limitações do método e do instrumento.

Tabela 3 – Coordenadas da estrela Antares da constelação de Escorpião segundo o referencial do observador da
Figura 1.

Fonte – autoria própria.

	Data	Horas UTC	A (°)	H (°)	A (rad)	H (rad)
D	15/05/2022	21h58m	116.670	5.032	2.036	0.088
B	15/05/2022	22h30m	112.341	16.705	1.961	0.292

A **Tabela 4** apresenta um sumário das fases e subfases da abordagem apresentada, bem como sugestões de tópicos que podem ser tratados em cada uma delas. Naquilo que se refere ao seu potencial em termos de aprendizagem, destaca-se que “*estudar posição e deslocamentos no espaço, formas e relações entre elementos de figuras planas e espaciais pode desenvolver o pensamento geométrico dos alunos*” (Brasil, 2018, p. 271). Novamente, segundo o documento, “*para que [os estudantes] aprofundem a noção de número, é importante colocá-los diante de problemas, sobretudo os geométricos*” (Ibid., p. 269). É notável a forma como a abordagem proposta aqui relaciona-se com ambos os excertos. Pois para a determinação da latitude do local em que se encontra, o estudante deve primeiro compreender a relação entre o seu referencial, a configuração do céu que observa e o movimento diurno dos astros.

Tabela 4 – Sumário com as fases e subfases da abordagem sugerida para a Educação Básica.

Fonte – autoria própria.

Fases	Subfases	Tópicos
Escolha do alvo	Embasamento conceitual	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pontos cardeais ✓ Constelações ✓ O movimento diurno dos astros ✓ Planetas e estrelas – diferenças e semelhanças
	Seleção	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seleção do alvo ✓ Reconhecimento do céu ✓ Representação do céu na região do alvo
Coleta de dados	Preparação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentação do instrumento que será utilizado ✓ Sistemas de coordenadas em Astronomia ✓ Discussão de aspectos históricos relevantes
	Coleta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Precisão e acurácia ✓ Erros sistemáticos ✓ Aproximações, simplificações e limitações do procedimento
Análise dos dados	Representação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Representação geométrica do problema ✓ Identificação dos elementos do triângulo ✓ Comportamento das coordenadas ao longo das arestas
	Análise	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo dos arcos de circunferência ✓ Construção da projeção ✓ Análise das distorções inerentes à projeção ✓ Discussão sobre as aproximações empregadas

	✓ Construção de uma tabela semelhante à ✓ Tabela 3
Conclusão	✓ Determinação da latitude por meio da Equação 13 ✓ Análise dos erros do processo ✓ Avaliação do processo

6 Considerações finais

O instrumento apresentado neste trabalho foi concebido no contexto de uma das atividades que é normalmente realizada com os estudantes da disciplina “Conceitos de Astronomia” – AST001, oferecida durante o primeiro período do curso de licenciatura em Física da Unifei. A atividade refere-se à determinação da latitude do local com base no movimento aparente de um astro. Apesar de o instrumento ter sido inicialmente concebido para esse propósito, é importante ressaltar que ele é útil em diversas outras práticas observacionais, visto que medir a posição de um objeto celeste constitui uma atividade basilar quando se trata de astronomia, especialmente no que se refere a atividades didáticas, sejam elas para o ensino superior ou para a Educação Básica.

À guisa de ilustração, com o mesmo instrumento, os estudantes podem acompanhar o movimento da Lua ao longo dos dias e determinar o período de uma luação ou relacionar a sua posição com a fase que exhibe. Para isso é necessário que realizem medidas da sua posição sempre no mesmo horário em cada dia. Observando o comportamento de astros em diferentes regiões do céu é possível ampliar a compreensão acerca do movimento diurno dos astros, sobre o que sejam constelações circumpolares e sobre referências no céu que possam ser empregadas para localização do observador no globo terrestre. Com esse instrumento ainda podem acompanhar o movimento aparente dos planetas ao longo dos dias e assim perceberem que, embora os astros executem diariamente um movimento indo de leste para oeste, com relação as estrelas, os planetas, normalmente, parecem se deslocar de oeste para leste, com o passar dos dias – não estamos falando do movimento que observamos diariamente, mas sim ao longo de muitos dias.

O instrumento possui uma precisão limitada, evidentemente, porém isso não compromete o seu objetivo didático. Deve-se ter em mente que as atividades realizadas com ele são inerentemente ricas em conceitos da astronomia, da matemática e das ciências de uma forma geral, especialmente naquilo que se refere à história da ciência. Além disso, como mencionado anteriormente, existe um consenso de que a Astronomia é altamente interdisciplinar e, por fazer parte do cotidiano, propicia a integração dos saberes. Outro ponto relevante é que as atividades realizadas com o instrumento aproximam os estudantes de procedimentos investigativos, dos métodos e da natureza da ciência.

A construção teórica apresentada neste trabalho é factível com estudantes do ensino superior desde que possuam familiaridade com conceitos básicos de geometria analítica. Para a Educação Básica, por outro lado, é recomendado utilizar um método alternativo, o qual está descrito no trabalho. O método emprega algumas simplificações e aproximações que ocasionam certa imprecisão nos resultados. Entretanto, ainda assim é possível obter uma boa estimativa da latitude. O ponto mais benéfico da atividade, no entanto, parece ser o potencial integrador que

ela apresenta, permitindo trabalhar diversos conceitos e técnicas que vão ao encontro dos ideais que são encontrados na BNCC.

Por fim é conveniente mencionar novamente que todos os arquivos relativos ao projeto do instrumento estão disponíveis gratuitamente para download: i) arquivos CAD, tanto no formato nativo do programa como no formato STL – um formato mais conveniente para leitura por outros programas; ii) arquivos para impressora 3D no formato GCODE – contendo instruções de máquina, normalmente empregado em equipamentos CNC – e iii) manual com parâmetros de impressão para os principais tipos de filamentos disponíveis no mercado. Por uma razão de conveniência, os arquivos para impressão foram gerados para dois tipos diferentes de filamentos, conforme os parâmetros recomendados para impressão, e encontram-se em diretórios distintos, denominados ABS (acrilonitrila butadieno estireno) e PLA (ácido polilático).

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências FAPEMIG e CNPq pelo auxílio financeiro que tornou possível a aquisição dos equipamentos e seus insumos – projeto FAPEMIG APQ-01764-21 e projeto CNPq 408828/2021-8.

Referências

Brasil. Ministério da Educação (2018). *Base Nacional Comum Curricular*.

Dreyer, J. L. E. (2014) *Tycho Brahe*. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 2014.

Duffett-Smith, P., Zwart, J. (2017) *Practical Astronomy with your calculator or spreadsheet*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Langhi, R. (2004) *Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental*. 240 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru.

Langhi, R., Nardi, R. (2014) Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(3), 041-059.

Leite, C.; Hosoume, Y. (1999) Astronomia nos livros didáticos de ciências da 1a. à 4a. séries do ensino fundamental. In: *Simpósio Nacional de Ensino De Física*, 13, São Paulo, 1999. Atas [...]. Caderno de resumos e programação... São Paulo: SBF.

Leite, C. (2002) *Os professores de ciências e suas formas de pensar a Astronomia*. Dissertação (Mestrado em Educação), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP.

Uma proposta de atividade prática para o ensino de Astronomia:
Determinação da latitude local com um sextante produzido em uma impressora 3D

Nussbaum, J. (1995) Astronomy teaching: challenges and problems, *IVth International Conference on Teaching Astronomy*, Barcelona (1990). Investigación didáctica en Astronomía: una selección bibliográfica. Enseñanza de las Ciencias, v.13, n.3, p.387-389.

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

Rosado, R. M. M., Mota, A. T. (2015) Análise de Experimentos Desenvolvidos em um Curso de Astronomia para Alunos do Ensino Médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, v.19, 7-21.

Santos, A. C. dos (2019), *O uso do gnômon para determinação dos pontos cardeais como uma atividade investigativa* (monografia). Curso de Especialização em Educação em Ciências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Seidelmann, P. K. (2006) (Ed.) *Explanatory supplement to the astronomical almanac*. University Science Books. AIP Publishing, EUA.

Tignanelli, H. L. (1998) Sobre o ensino da astronomia no ensino fundamental. In: WEISSMANN, H. (org.). *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: Artmed.

Townsend, G. (1998) Using telescopic observations in undergraduate astronomy courses. *The Physics Teacher*, v. 36, p. 304-305.

OS DETRITOS ESPACIAIS E A SUSTENTABILIDADE ORBITAL TERRESTRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO VOLTADA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

 Valéria Santos Corbacho¹
 Jean Paulo dos Santos Carvalho²

Resumo: A utilização e o acesso ao nosso ambiente espacial representam um verdadeiro avanço para a humanidade. Grande parte da vida contemporânea é dependente do aparato tecnológico enviado e estabelecido em órbita do planeta Terra, que beneficia muitas áreas de nossas atividades, nos fornece vários serviços e dinamiza a economia, além de possibilitar a aquisição de conhecimentos para a evolução da ciência e da exploração espacial. Porém, esse enorme potencial, gerado no espaço orbital, pode estar ameaçado de destruição pelo crescente número dos detritos espaciais (lixo espacial). Nessa perspectiva, em analisar a fragilidade e possíveis ameaças a este ambiente espacial, é que foi estabelecida a interdisciplinaridade e a inserção da Astronomia na sala de aula. A Astronomia possui um potencial substancial para se associar as disciplinas do currículo básico escolar brasileiro, auxiliando com o desenvolvimento de conceitos e do pensamento científico, e favorecendo várias contribuições para o ensino das Ciências Humanas, em particular, a Geografia. A proposta metodológica adotada para o desenvolvimento deste estudo nos anos finais do ensino fundamental foi pautada em oficinas temáticas, que foram realizadas com o engajamento dos alunos, na perspectiva de um aprendizado significativo e que desenvolva nos discentes o interesse e a busca pelo conhecimento científico.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Detrito espacial; Astronomia; Educação Básica.

DESECHOS ESPACIALES Y SOSTENIBILIDAD ORBITAL TERRESTRE: UNA PROPUESTA EDUCATIVA ENFOCADA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA

Resumen: El uso y acceso a nuestro entorno espacial representa un verdadero avance para la humanidad. Gran parte de la vida contemporánea depende del aparato tecnológico enviado y establecido en órbita del planeta Tierra, que beneficia muchas áreas de nuestras actividades, nos brinda diversos servicios y dinamiza la economía, además de possibilitar la adquisición de conocimientos para la evolución de la ciencia y la exploración espacial. Sin embargo, este enorme potencial, generado en espacio orbital, puede verse amenazado de destrucción por el creciente número de desechos espaciales (basura espacial). Desde esa perspectiva, al analizar la fragilidad y las posibles amenazas a este entorno espacial, se estableció la interdisciplinariedad y la inserción de la Astronomía en el aula. La Astronomía tiene un potencial sustancial para ser asociada a las disciplinas del currículo de la escuela básica brasileña, ayudando al desarrollo de conceptos y pensamiento científico, y favoreciendo diversas contribuciones a la enseñanza de las Ciencias Humanas, en particular, la Geografía. La propuesta metodológica adoptada para el desarrollo de este estudio en los últimos años de la enseñanza fundamental se basó en talleres temáticos, que fueron realizados con el compromiso de los estudiantes, en la perspectiva de un aprendizaje significativo y que desarrolle en los estudiantes el interés y la búsqueda del conocimiento científico.

Palabras clave: Sostenibilidad; Basura espacial; Astronomía; Educación básica.

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Brasil. E-mail: corbachonet@gmail.com

SPACE DEBRIS AND TERRESTRIAL ORBITAL SUSTAINABILITY: AN EDUCATION PROPOSAL FOCUSED ON BASIC EDUCATION

Abstract: The use and access to our space environment represent a true advance for humanity. Much of contemporary life is dependent on the technological apparatus sent and established in orbit of the planet Earth, which benefits many areas of our activities, provides us with various services and dynamizes the economy, in addition to enabling the acquisition of knowledge for the evolution of science and of space exploration. However, this enormous potential, generated in the orbital space, may be threatened with destruction by the growing number of space debris (space junk). From this perspective, it is by analyzing the fragility and possible threats to this space environment that interdisciplinarity and the insertion of Astronomy in the classroom were established. Astronomy has a substantial potential to be associated with the disciplines of the Brazilian basic school curriculum, helping with the development of concepts and scientific thinking, and favoring various contributions to the teaching of Human Sciences, in particular, Geography. The methodological proposal adopted for the development of this study in the final years of elementary school was based on thematic workshops, which were carried out with the engagement of the students, in the perspective of a meaningful learning and that develops in the students the interest and the search for scientific knowledge.

Keywords: Sustainability; Space debris; Astronomy; Basic education.

1 Introdução

Inserir conteúdos de Astronomia no curriculum da educação básica no Brasil é uma tarefa instigante e ao mesmo tempo desafiadora. Instigante por que aguça e desperta o interesse dos estudantes da educação básica pelos saberes científicos relacionados à Astronomia, e desafiador por que existe uma enorme carência na educação básica de iniciativas que promovam uma integração do conhecimento da Astronomia com as outras diversas ciências aplicadas no currículo do ensino básico brasileiro. A fim de possibilitar uma ação educativa que articule a interdisciplinaridade entre a Astronomia e as outras ciências inseridas no curriculum da educação básica é que foi proposto este trabalho, com o propósito de diminuir essa carência de informações a este nível de ensino.

A partir de uma compreensão mais aprofundada dos conceitos relacionados à Astronomia, espera-se que os discentes possam refletir sobre a importância da Terra e sobre os impactos que os detritos espaciais podem causar, sobre a postura da espécie humana no Universo e sua forma de interagir com a natureza, incluindo o espaço orbital da Terra, buscando formas mais sustentáveis.

Desde o início da era espacial, tem havido mais detritos espaciais em órbita do que satélites operacionais. Ao longo das décadas seguintes os lançamentos de satélites se multiplicaram e o acúmulo deles no espaço orbital terrestre cresceu de forma ascendente e paralela à necessidade que se faz do seu uso pela sociedade moderna. Desde então, após o lançamento do Sputnik (1957), já foram lançados 15880 satélites artificiais (ESA 2023), esse número aponta o quanto a humanidade atual se tornou dependente desta tecnologia ao longo das últimas seis décadas. Os satélites são utilizados em diversas áreas como na comunicação, observação da Terra e dos astros, navegação (GPS), avanços científicos, meteorologia, desenvolvimento tecnológico, exploração espacial, voo tripulado, e outros fins.

Segundo dados divulgados no sítio da Agência Espacial Europeia (ESA 2023), há cerca de 8600 satélites ativos em órbita da Terra, e o restante dos que já foram enviados, quando terminada sua funcionalidade, se configuram como detritos espaciais ou lixo espacial. Muitos desses satélites desativados continuam em órbita terrestre poluindo o ambiente espacial e criando mais detritos espaciais devido a explosões e colisões entre estes objetos, que vêm se tornando um sério problema, tanto para a continuidade da exploração espacial, quanto para as questões ambientais e econômicas que ocorrem em órbita ou na superfície terrestre.

O lixo espacial é definido pela Agência Espacial Europeia (ESA 2021) “*como todos os objetos artificiais, incluindo fragmentos e elementos dos mesmos, em órbita da Terra ou reentrando na atmosfera, que não são funcionais.*” Completando o conceito a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), estabelece que os detritos “*também conhecidos como ‘lixo espacial’ – persistem acima da atmosfera da Terra por anos até decaírem, desorbitarem, explodirem ou colidirem com outro objeto, criando assim mais detritos.*” (NASA 2021).

Nesse sentido, torna-se pertinente algumas indagações, presentes na Figura 1, acerca dessa problemática que deram suporte ao desenvolvimento deste trabalho. Para onde vão todos os objetos utilizados na exploração espacial quando perdem sua funcionalidade? Como se encontra a órbita terrestre após décadas de exploração espacial? Os estudantes da educação básica possuem conhecimento sobre a temática do lixo espacial? Quais implicações e riscos que o acúmulo do lixo espacial pode provocar nas novas descobertas científicas sobre o espaço? Quais ações a indústria aeroespacial tem realizado para reduzir a quantidade e os efeitos do lixo espacial? O tema lixo espacial é abordado pelos livros didáticos da educação básica, em caso positivo, qual o nível de informação e/ou argumentação desta abordagem? Quais as consequências econômicas, sociais e ambientais geradas pelo acúmulo desse lixo espacial em órbita e no ambiente terrestre? E na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a temática sobre o lixo espacial encontra-se presente?



Figura 1- Indagações acerca do lixo espacial
Fonte: produzido pelos autores

Este trabalho possui como objetivo geral analisar como a problemática do Lixo espacial em órbita da Terra pode interferir na exploração do espaço e gerar consequências sociais, econômicas e ambientais na superfície terrestre; instigando os alunos a conhecerem os saberes relacionados à Astronomia e à Geografia, e contribuindo dessa maneira para a formação de sujeitos mais críticos e conscientes de sua posição e ação no Universo.

2 Fundamentação Teórica

Nesta seção, apresentamos uma descrição sobre a Astronomia e a educação formal, veículos espaciais e detritos espaciais.

2.1 A Astronomia e a Educação Formal

Como descrito nas definições das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), (BRASIL 2018, p. 8), *“a educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”*. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996 expressa a importância de se trabalhar com as diferentes áreas de conhecimento que contemplem uma formação plena dos discentes. O ensino da Astronomia, inserido desde os anos iniciais da educação fundamental, tornou-se mais presente nos currículos escolares a partir da introdução dos temas transversais nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), e das unidades temáticas, na BNCC.

Os PCN são os documentos que dão suporte à elaboração dos currículos da educação básica, e a Astronomia como uma ciência interdisciplinar, aparece no eixo temático Terra e Universo, onde os conteúdos referentes a esta ciência se encontram na área de conhecimento das Ciências Naturais, no 3º e 4º ciclos do ensino fundamental. Para os PCN um dos principais objetivos do ensino fundamental é que os alunos sejam capazes de: *“perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente.”* (PCN 1998, p. 55). A intenção é tornar o discente como o sujeito de sua própria formação, em um processo interativo entre alunos, professores e conhecimento.

A BNCC passa a determinar, em nível nacional, os conhecimentos fundamentais que todos os alunos devem ter acesso, em prática desde 2019, estruturam os currículos da educação básica, e começam a ser construídos através de competências e habilidades, e distribuídos em unidades temáticas. Os conteúdos relacionados à Astronomia, no componente curricular Ciências da Natureza e suas Tecnologias, estão inseridos na unidade temática – Terra e Universo (ensino fundamental II), como também na unidade temática – Vida, Terra e Cosmos (ensino médio). Dessa forma, a Astronomia consolidou-se no currículo, sendo agora colocada dentro de uma das unidades temáticas a serem trabalhadas em todas as séries da educação básica – do 1º ano do ensino fundamental até o ensino médio.

É fato que com os PCN e a BNCC ocorreram mudança no currículo da educação básica brasileira, o que fortaleceu a inserção da Astronomia a este nível de ensino. Embora a política educacional do Brasil tenha se estruturado para promover uma abrangência da Astronomia na Educação Básica, a realidade escolar ainda não contempla as expectativas desejáveis. Muitos docentes não se sentem seguros para abordar as temáticas relacionadas à Astronomia, devido à

ausência e/ou infrequência desse tema durante sua formação acadêmica, somado a isso Langhi e Nardi (2016) ainda acrescentam outras questões como: bibliografia reduzida, dificuldade de contextualização, e pouco tempo para capacitação docente sobre a Astronomia.

A realidade concreta das escolas da educação básica nem sempre contemplam o que se propõe no currículo, muito se têm ainda a caminhar e organizar, é necessário um processo de formação docente que contemple as novas exigências adotadas pela política educacional brasileira. Diante desta realidade, justificamos a necessidade deste estudo – Detritos Espaciais e Sustentabilidade Orbital Terrestre, pois o mesmo promoveu a inserção de temas relacionados à Astronomia na sala de aula, através da interdisciplinaridade com o componente curricular Geografia.

Desta forma, estimulamos os alunos a desenvolverem uma melhor compreensão do mundo, tornando-os mais capacitados a uma intervenção mais responsável no mundo em que vivem. Como descrito na primeira competência específica de Geografia para o ensino fundamental II, “*utilizar os conhecimentos geográficos para entender a interação sociedade/natureza e exercitar o interesse e o espírito de investigação e de resolução de problemas.*” (BNCC 2018, p. 366).

2.2 Veículos Espaciais, Satélites e Detritos Espaciais

A Terra possui uma importância singular para o desenvolvimento da civilização humana, nosso endereço espacial, até então, no Universo. O único planeta no Sistema Solar onde as diversas formas de vida se fazem presente. É a partir dela que buscamos conhecer o universo: investimentos em pesquisas e tecnologia, que se revertem em satélites artificiais, telescópios e sondas espaciais. Todo esse equipamento após perderem sua utilidade, se transformam em lixo espacial (detritos) que podem acabar por comprometer a exploração espacial e o estudo do Universo.

Há exatos 66 anos, com o lançamento do Sputnik (1957), iniciou-se a Era Espacial, a busca pelo conhecimento do espaço, mesmo que ainda atrelada à disputa entre as superpotências da época: Estados Unidos e União Soviética, que mediam forças perante o mundo. Vivia-se no contexto da Guerra Fria, onde ambas as potências desejavam a hegemonia mundial, e a busca pela conquista do espaço fazia parte do leque dessa supremacia. Atualmente, mais de 50 países possuem satélites em órbita, número que tende a crescer, com o avanço tecnológico vivenciado nas últimas décadas, associada a essa evolução, elevou-se também a quantidade do lixo espacial orbitando a Terra, o que provoca consequências diretas à exploração espacial, à humanidade e ao meio ambiente.

O cientista da NASA, Donald J. Kessler, em 1978, alertava sobre o problema do lixo espacial na órbita baixa da Terra, a chamada Síndrome de Kessler, que previa o crescimento desenfreado do número de objetos na órbita aumentando a probabilidade de colisões, isso causaria reações em cadeia, gerando cada vez mais colisões e a criação de um cinturão de lixo e detritos que terminaria por afetar as missões espaciais (Kessler e Cour-Palai 1978).

O relatório da ESA do ano de 2022 destaca o crescimento no número de lançamentos desde 2020, principalmente devido à criação de constelações de satélites, o que tornou os lançamentos além de mais intensos, também mais compactos, pois diversos satélites são lançados ao mesmo tempo. Essas ações influenciaram bastante na redução dos custos de lançamento, mas também tornaram mais complexo monitorar esses objetos de maneira individual, além de

aumentar o número de satélites e conseqüentemente de detritos espaciais, principalmente em órbita baixa da Terra, tornando-a ainda mais congestionada.

Com isso, segundo dados do relatório de 2022 da ESA, nos próximos anos, as “conjunções”, que são os encontros próximos entre satélites ativos e/ou detritos, se tornarão mais frequentes, e essa tendência será crescente. Por esta razão, o relatório da ESA (2022) associa essa prática insustentável à ocorrência da Síndrome de Kessler, onde o aumento do número de colisões, poderia provocar um efeito em cascata e comprometer o uso sustentável do espaço próximo à Terra, conforme a Figura 2, que simula (fora de escala) a situação de congestionamento dos satélites artificiais e os detritos em órbita terrestre.

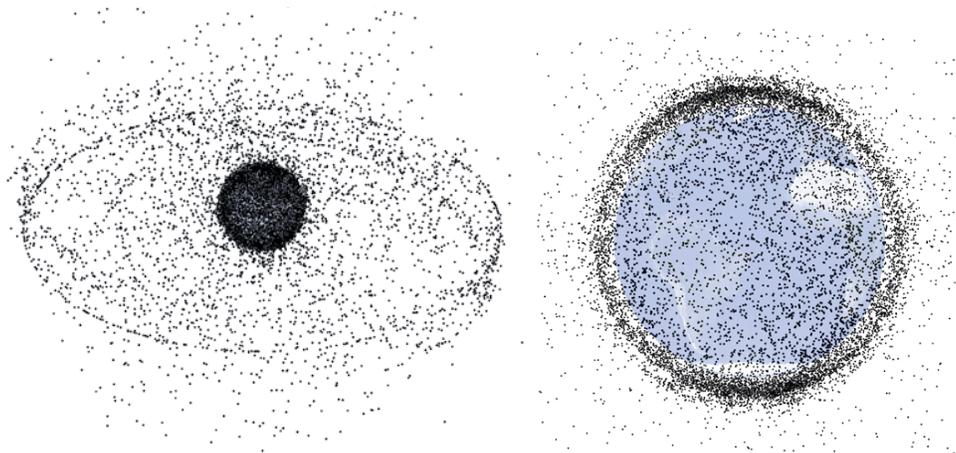


Figura 2- Imagens simulando o acúmulo dos detritos espaciais nas órbitas da Terra. Imagens fora de escala.

Fonte: https://eternosaprendizes.com/wp-content/uploads/2009/09/spacejunk_leo_2009237.png
https://eternosaprendizes.com/wp-content/uploads/2009/09/spacejunk_geo_2009237.png

Um minúsculo detrito espacial com as dimensões de um grão de arroz pode danificar um painel solar de um satélite ou da estação espacial internacional, atingir partes vitais de espaçonaves operacionais ou até de uma nave tripulada, comprometendo a vida da tripulação em órbita (Nogueira 2005). O problema desses detritos pequenos em órbita é justamente o tamanho reduzido dos mesmos, o que dificulta sua catalogação e seu monitoramento. Obviamente detritos maiores, como satélites desativados ou pedaços de foguetes, representam perigo muito maior, podendo provocar a completa destruição do objeto atingido, mas esses detritos maiores são catalogados por observatórios e é possível prever colisões com naves tripuladas e satélites funcionais (NASA 2010).

Em fevereiro de 2009 ocorreu a primeira colisão já registrada entre satélites, o satélite russo, Cosmos 2251, que já estava desativado, colidiu contra um satélite, ainda ativo, de uma empresa privada de comunicações dos Estados Unidos, Iridium 33, a 780 km de altitude sobre o território da Sibéria gerando uma nuvem de escombros. O momento do impacto é simulado pela Figura 3.

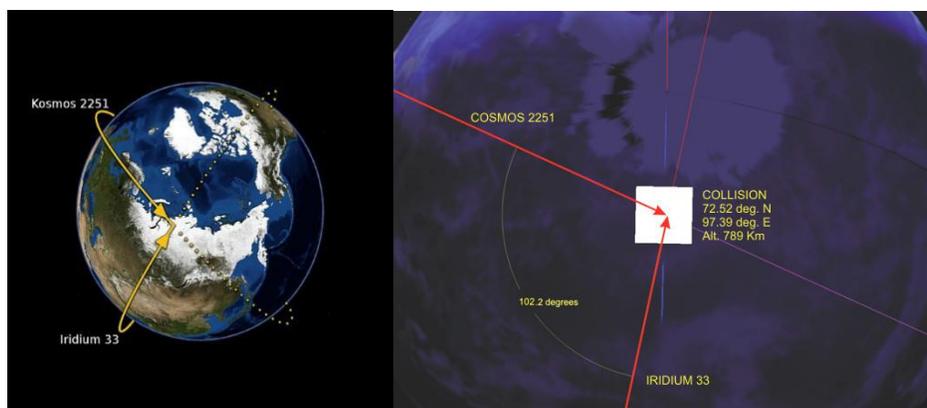


Figura 3 – Imagem simulando a colisão entre o satélite Cosmos 2251 e o Iridium 33
Fonte: <https://eternosaprendizes.files.wordpress.com/2009/02/geometria-da-colisao-cosmos-2251-e-iridium-33.jpg>

O número de colisões de naves e satélites com tais detritos, bem como as manobras de emergência para desviar-se dos mesmos devem se tornar mais frequentes. Tornando perigoso o espaço próximo à Terra, a situação destruiria ou inutilizaria boa parte dos satélites artificiais funcionais levados ao espaço, interrompendo as pesquisas científicas por eles conduzidas e dificultando as comunicações via satélite (Nogueira 2005), além de comprometer a exploração espacial. Detritos espaciais também têm atingido diversos pontos da superfície da Terra. Esta ocorrência ainda é infrequente, visto que praticamente a maior parte dos objetos desintegram-se na atmosfera ao reentrar. Entretanto, mesmo que o objeto venha a se desintegrar ao reentrar na atmosfera, sempre há o risco de que algum de seus destroços venha a cair sobre regiões habitadas, podendo causar vítimas, mesmo que dois terços da superfície terrestre sejam cobertos por água. Dessa maneira, os oceanos podem ser uma alternativa plausível para o lixo espacial na superfície terrestre, mas também poderá gerar poluição nesse ecossistema, comprometendo assim a flora e a fauna.

No Brasil já caíram diversos destes destroços, o mais recente, confirmado pela Agência Espacial Brasileira (AEB), foi em março de 2022, na região sudeste do Paraná, onde foi encontrado uma parte do foguete Falcon 9, de quase 600 kg, que caiu em uma propriedade rural. Em casos de liberação de substâncias tóxicas empregadas na construção e transporte dos veículos espaciais o impacto ao ambiente terrestre é maior, podendo gerar poluição na água, no solo e nas diversas formas de vida.

A exploração das órbitas terrestres de forma predatória poderá levar inevitavelmente a uma futura tragédia e conseqüentemente ao possível colapso das atividades espaciais; como também o retorno do lixo espacial à superfície da Terra pode causar danos ambientais com conseqüências para o cotidiano terrestre. Segundo a Secure World Foundation (SWF 2018), reconhecer isso e identificar a problemática dos detritos espaciais é um passo fundamental para compreender que o desenvolvimento de soluções adequadas e sustentáveis para o seu enfrentamento deverá envolver ações coletivas dos atores envolvidos. Gerando assim discussões sobre o emprego de normas para uso do espaço, buscando garantir a sustentabilidade global e compromissos internacionais de preservação ambiental tanto no ambiente terrestre quanto no seu espaço orbital.

Ações mais voltadas para a prática da sustentabilidade já se fazem presente no contexto da exploração espacial, tais como: o uso de materiais menos resistentes nos satélites para facilitar a desintegração no processo de reentrada na atmosfera terrestre; o programa de reutilização de veículos de lançamento da classe orbital da *SpaceX* - empresa espacial privada dos Estados Unidos; e o desenvolvimento de pesquisas, tecnologia e protótipos para o processo de mitigação do lixo espacial.

Na tentativa de amenizar o problema do lixo espacial em torno da Terra várias propostas para a limpeza orbital foram apresentadas pelas agências espaciais e pela indústria aeroespacial, algumas mais viáveis que outras, mas nenhuma delas ainda começou o processo de operacionalização propriamente dito. São projetos que quando forem postos em prática, e associados a mecanismos reguladores pautados no direito espacial internacional, deverão contribuir para a sustentabilidade, a longo prazo, das atividades espaciais e do ambiente terrestre. Em Carvalho et al. (2021), os autores discorreram sobre a temática do lixo espacial, contextualizando os impactos que esses objetos causam na sociedade e os perigos que a exploração espacial está sujeita por causa dos detritos espaciais, além de apresentar algumas tecnologias que estão sendo propostas na literatura para contribuir com o processo de mitigação.

3 Metodologia e ações realizadas

A ação de ensinar o aluno a pensar, a despertar sua curiosidade, e a aprender, relacionando os conteúdos do ensino às experiências pessoais, em parceria com recursos didáticos e mediação com o professor, são práticas de ensino relacionadas à concepção de aprendizagem sociointeracionista. No sociointeracionismo as informações são trabalhadas para que façam sentido para o aluno e assim se transformem em conhecimento. O estudante é o sujeito da sua própria aprendizagem, e a mediação do professor deve promover nele a habilidade de explorar o conhecimento e desenvolver capacidades como a de observar, descobrir, pensar, entre outras.

Além disso, a BNCC deslocou o desenvolvimento de competências e habilidades para o centro da discussão sobre o papel da escola, reafirmando a necessidade de estabelecermos novos paradigmas para a construção de metodologias que tenham o aluno como protagonista do seu processo de aprendizagem. Esse processo de ensino e aprendizagem baseado em habilidades e competências só é possível com a utilização de estratégias didáticas diversificadas que promovam a formação integral dos estudantes, envolvendo os âmbitos cognitivo, emocional e social.

O referido trabalho foi realizado em duas turmas de 6º ano do ensino fundamental, no Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand (CIEAC), totalizando 82 alunos, com faixa etária entre 11 a 14 anos, nas aulas de Geografia, pois a referida série de ensino já possui na sua estrutura curricular, conteúdos referentes ao Sistema Solar, e a inclusão da temática – detrito espacial e sustentabilidade, ajudou a ampliar os horizontes dos conteúdos relacionados ao ensino da Astronomia para este nível de ensino. Todo o processo de intervenção pedagógica foi organizado para propiciar um melhor desenvolvimento do aprendizado, respeitando o nível de entendimento dos alunos. As atividades possuem uma interação entre elas, onde os conteúdos se completam permitindo a evolução nas abordagens acerca do tema.

A Figura 4 retrata como a intervenção educacional foi organizada, seguindo um aumento progressivo no nível de complexidade, conexão e interdisciplinaridade, para que possam cumprir com as propostas metodológicas mencionadas e propiciar um aprendizado significativo aos discentes.

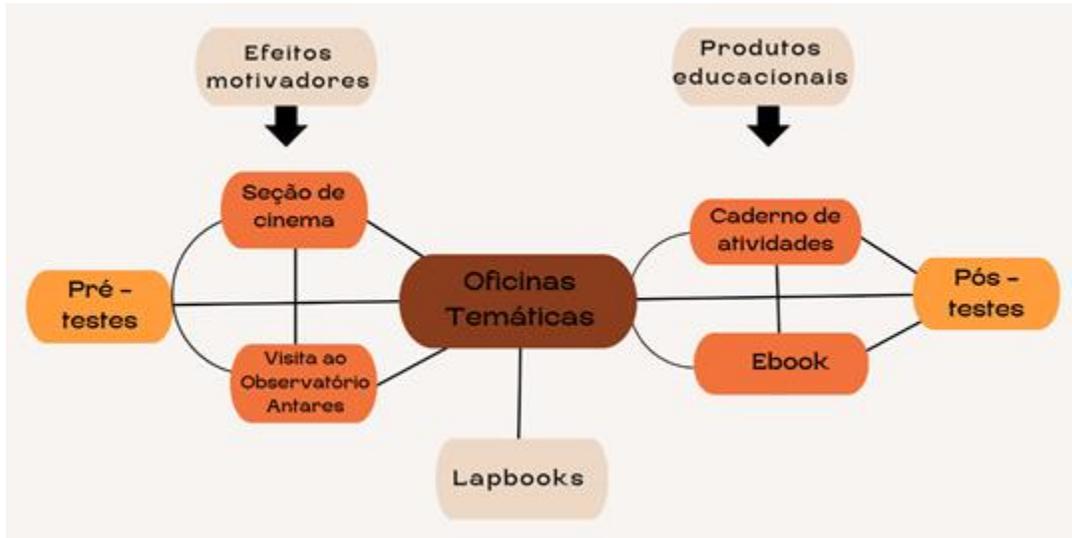


Figura 4 - Gráfico do processo de intervenção educacional
Fonte: produzido pelos autores

A proposta deste trabalho é promover ações e estudos que estimulem o interesse dos sujeitos envolvidos, pelos saberes científicos relacionados à Astronomia, com o propósito de diminuir a carência de informações sobre essa temática de estudo ao nível da educação básica. Diante desta contextualização, a questão que norteou este trabalho de pesquisa foi apresentada da seguinte forma: Como o lixo espacial pode representar um possível risco à exploração do espaço e ao ambiente terrestre? Para complementar essa questão anexamos a ela o problema que está sendo discutido neste trabalho: O lixo espacial e a sustentabilidade orbital da Terra estão sendo abordados no ensino fundamental?

Diante da questão norteadora e da situação problema o trabalho foi iniciado com a aplicação de pré-testes, que tiveram 3 formatos distintos: desenho, questões objetivas e uma questão discursiva sobre o conceito do lixo espacial. Seguimos com os efeitos que motivaram o andamento do projeto, que foram: assessoria de cinema - filme Gravidade (2013) e o estudo de campo realizado no Observatório Astronômico Antares.

Seguimos com a aplicação de cinco oficinas temáticas, o desenvolvimento das oficinas ocorreu de forma sequenciada, ou seja, os conteúdos trabalhados em uma oficina eram a base para a próxima, pois ao aprendizado da oficina anterior eram anexados novos conteúdos que se inter-relacionavam e proporcionavam a evolução dessa aprendizagem. A cada oficina, novos conteúdos e conceitos eram trazidos para ampliar e aprofundar a temática de estudo. Cada oficina possuiu uma temática diferente, conforme pode ser visualizado na Figura 5. E no Quadro 1 está presente a descrição resumida de cada oficina temática, com seus objetivos, conteúdos e carga horária. A descrição detalhada de cada oficina encontra-se no e-book (Corbacho 2023b), cujo link de acesso consta nas referências.

Os detritos espaciais e a sustentabilidade orbital terrestre:
 Uma proposta de ensino voltada para a Educação Básica



Figura 5 – Distribuição dos temas das oficinas
 Fonte: produzido pelos autores

Planejamento das oficinas temáticas	
1. Gravidade, órbitas da Terra e satélites artificiais	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> ● Analisar de forma objetiva o funcionamento e os efeitos da gravidade da Terra; ● Entender que existem diversos objetos, por exemplo, satélites artificiais e detritos espaciais, em órbita em torno da Terra, que se encontram em diferentes níveis de altitude em relação à superfície terrestre. ● Identificar os aspectos que fazem os satélites permanecerem em órbita da Terra ● Compreender o que são satélites artificiais e qual sua importância para a nossa sociedade. 	
Conteúdos	Carga horária
<ul style="list-style-type: none"> ● Gravidade terrestre ● Órbitas da Terra ● Satélites artificiais e suas diversas utilidades para nossa sociedade 	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aulas
2. Lixo espacial: classificação e consequências	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> ● Compreender o conceito, as características e as informações sobre o lixo espacial; ● Fomentar as discussões sobre as questões ambientais, econômicas e sociais decorrentes do acúmulo e circulação do lixo espacial nas órbitas terrestres. ● Analisar a evolução da quantidade de lixo espacial circulando nas órbitas terrestres; ● Perceber os possíveis problemas ambientais e/ou sociais gerados quando o lixo espacial atinge a superfície terrestre. 	
Conteúdos	Carga horária
<ul style="list-style-type: none"> ● Lixo espacial e suas consequências a exploração do espaço, sociedade e ao meio ambiente. ● Órbitas da Terra. ● Evolução da quantidade do lixo espacial durante os anos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aulas

3. Sustentabilidade do ambiente espacial	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Refletir como o conceito de sustentabilidade pode ser validado nas próximas ações da exploração espacial; • Relacionar o acúmulo do lixo espacial a ausência de comprometimento do avanço científico e tecnológico ao longo dos anos da exploração espacial; • Perceber que a indústria aeroespacial, mesmo de forma pontual, vem desenvolvendo atualmente algumas ações relacionadas a sustentabilidade; • Compreender a importância dos satélites artificiais para a nossa sociedade atual. 	
Conteúdos	Carga horária
<ul style="list-style-type: none"> • Lixo espacial • Sustentabilidade • Satélites artificiais: uso e importância 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 horas aulas
4. Direito espacial internacional: estudo de casos	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar situações reais sobre a problemática do lixo espacial ao atingir a superfície terrestre e/ou colidir com outros objetos na órbita da Terra. • Compreender que existem algumas normas e leis que regem o Espaço e o seu uso. 	
Conteúdos	Carga horária
<ul style="list-style-type: none"> • Direito Espacial Internacional • Consequências dos resíduos espaciais na superfície terrestre e na órbita terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 horas aulas
5. Mitigação do lixo espacial	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Discutir sobre possíveis formas de amenizar a situação do acúmulo de lixo espacial; • Conhecer algumas tecnologias que estão sendo estudadas para mitigação do lixo espacial; • Reconhecer que ações de mitigação são necessárias para manutenção dos avanços aeroespaciais. 	
Conteúdos	Carga horária
<ul style="list-style-type: none"> • Mitigação do lixo espacial 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 horas aulas

Quadro 1 – Planejamento das oficinas temáticas

Fonte: produzido pelos autores

Para a execução das oficinas temáticas foram organizadas as seguintes etapas: o estudo prévio, parte teórica, parte prática e a avaliação. Durante as aulas que antecederam a aplicação das oficinas foram realizadas algumas propostas de estudo prévio para que os discentes pudessem ter embasamento teórico e poder argumentativo sobre os conteúdos que iriam ser trabalhados nas oficinas temáticas, tais como: leitura de textos e pesquisas direcionadas; a parte teórica corresponde as aulas participadas, com exposição oral, slides, textos, vídeos curtos e infográficos, nessa etapa ocorreram perguntas, posicionamentos e troca de saberes entre aluno-aluno e professor-aluno, o que enriqueceu bastante o processo de aquisição do conhecimento.

A parte prática das oficinas compreende a utilização dos kits educacionais (maquete, quebra-cabeça, cubos, jogos), e produção de material para socialização (textos, história em

Os detritos espaciais e a sustentabilidade orbital terrestre:
Uma proposta de ensino voltada para a Educação Básica

quadrinho, charges, gráficos, entre outros), essa etapa foi a que os alunos literalmente “colocavam à mão na massa”, faziam na prática o que foi aprendido e discutido pela teoria; e finalmente a última etapa que é a avaliação que corresponde às apresentações orais, produção de material escrito e a realização do caderno de atividades. A Figura 6 demonstra as etapas do desenvolvimento das oficinas.

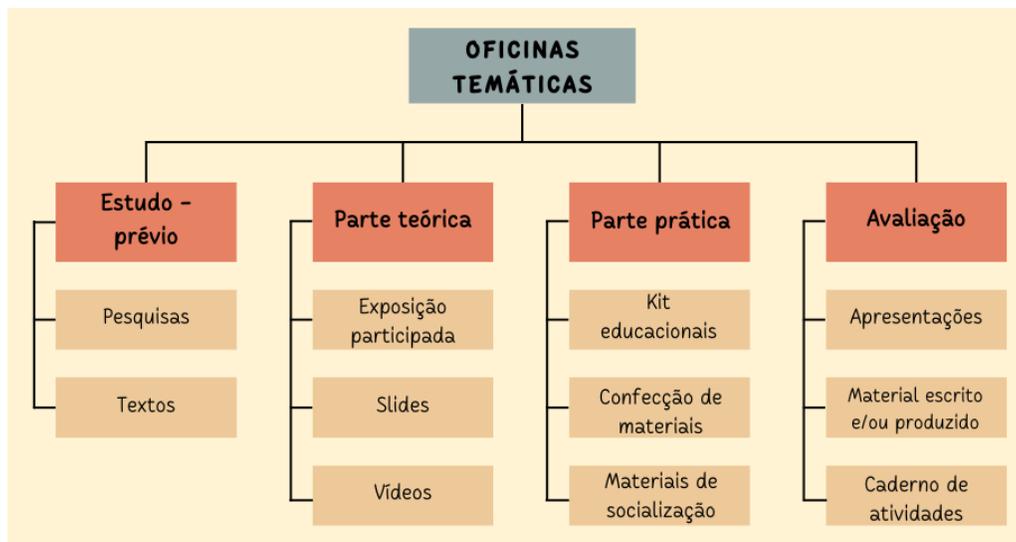


Figura 6 – Etapas do desenvolvimento das oficinas

Fonte: produzido pelos autores

Os produtos educacionais associados a esse trabalho são: um caderno de atividades e um guia para execução das oficinas temáticas. O caderno de atividades é destinado aos discentes, e foi elaborado para exercitar os conteúdos trabalhados nas oficinas; já o guia, que se apresenta em formato de e-book, é destinado para os docentes compreenderem o passo a passo da montagem e execução das oficinas temáticas. É válido ressaltar que a utilização combinada dos produtos educacionais promove maior relevância ao processo educativo, pois articula teoria e prática.

Após o término da aplicação das oficinas temáticas, os discentes confeccionaram *lapbooks* com o tema de cada uma das oficinas, foi um recurso para revisar os conteúdos trabalhados e de forma criativa explorar o conhecimento construído e fortalecer o aprendizado. O pós-teste foi aplicado de duas diferentes formas: questões objetivas e questões discursivas contendo perguntas referentes a temática de estudo deste trabalho.

Ainda foi realizada uma avaliação geral de todo processo de intervenção educacional, com várias questões abertas sobre toda a temática do projeto desenvolvido, onde os alunos também atribuíram valores a aplicação das oficinas e comentaram a experiência vivida em cada uma dela.

4 Análise dos resultados

É importante ressaltar que a análise dos resultados da intervenção educacional foi abordada sob uma perspectiva quanti-qualitativa, com ênfase a uma aprendizagem mais concreta

e significativa, que valoriza o conhecimento dos discentes direcionando a novas descobertas e novos patamares cognitivos.

4.1 Pré e pós – testes

Iniciamos a análise dos resultados com o pré e o pós teste, que abrangeram não somente questões objetivas, como também a escrita sobre a temática central deste estudo. Com o objetivo de verificar o aprendizado em relação às temáticas trabalhadas durante as oficinas pedagógicas, estabelecendo uma comparação quanti-qualitativa entre o pré e o pós teste, para perceber ou não a evolução da aprendizagem alcançada pelos discentes.

A parte objetiva é composta por uma lista de atividades com 25 questões de múltipla escolha, com conteúdo que englobam noções básicas de Astronomia, órbitas terrestres, lixo espacial, técnicas de mitigação, noções de direito espacial internacional, dinâmica de satélites artificiais e força de gravidade terrestre. Vale ressaltar, que foi utilizada a mesma lista de atividades, tanto no pré-teste, quanto no pós-teste. A Tabela 1 e a Figura 7 resumem os dados obtidos com a aplicação dessa lista, relacionando o pré e o pós teste.

Número assertivo de questões	Pré - teste		Pós – teste	
	Quantidade de alunos	Valor em porcentagem	Quantidade de alunos	Valor em porcentagem
0 – 5	11	14,3%	0	0,0%
6 – 10	31	40,2%	16	21,6%
11 – 15	29	37,7%	18	24,3%
16 – 20	5	6,5%	33	44,6%
21 – 25	1	1,3%	7	9,5%

Tabela 1 – Dados obtidos pela lista de atividades de pré e pós teste

Fonte: produzido pelos autores

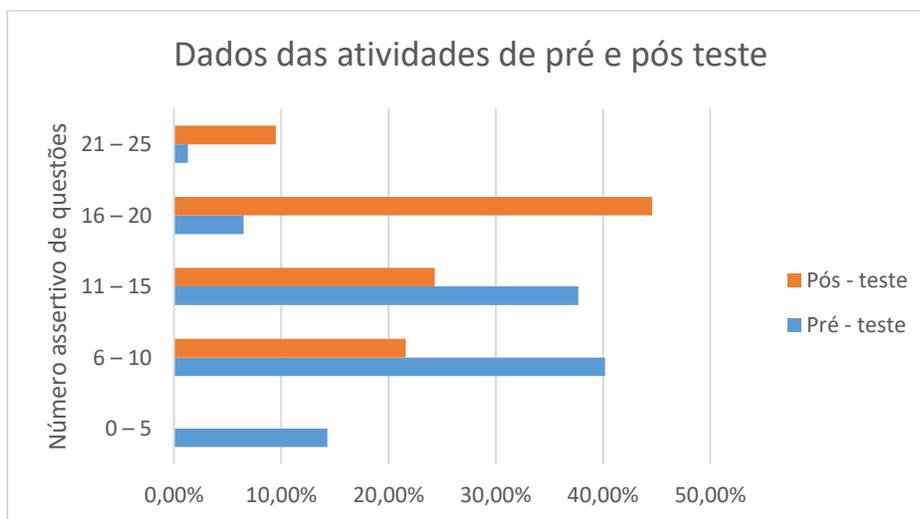


Figura 7 – Gráfico sobre os dados das atividades de pré e pós teste

Fonte: produzido pelos autores

A interpretação dos dados demonstra que houve um aumento significativo na quantidade de questões assertivas pelos alunos. Observando a Tabela 1, na atividade de pré-teste a maior quantidade de alunos (40,2%) conseguiram acertar entre 6 a 10 questões apenas. Comparando com a atividade pós-teste a maioria dos discentes (44,6%) conseguiram acertar entre 16 a 20 questões.

Podemos extrair ainda que o percentual de alunos que acertaram até 10 questões no pré-teste foi de 54,5%, ou seja mais da metade dos alunos. Já no pós-teste, essa mesma faixa de alunos que acertaram até 10 questões, diminuiu para 21,6%, como pode ser observado na Figura 7. Ainda assim, consideramos que esse valor poderia ser menor. Neste caso, podemos atribuir algumas questões que podem ter levado a esse resultado, como por exemplo, a falta de interesse do estudante sobre a temática, a ausência em algumas atividades, a infrequência nas oficinas temáticas, ou até por questões pessoais e familiares.

Em contrapartida, a análise do percentual dos discentes que acertaram entre 16 a 25 questões elevou-se de 7,8% (pré-teste) para 54,1% (pós-teste). A utilização dos questionários como ferramenta avaliativa evidenciou uma significativa evolução no processo de aprendizagem dos discentes, quando comparado os dois momentos.

Partindo para um contexto de análise quanti-qualitativa, que segundo Kerbauy e Souza (2017, p 39) “a convergência dos métodos quantitativos e qualitativos proporcionam mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados, evitando o reducionismo à apenas uma opção”. Foi solicitado aos discentes que escrevessem de forma breve, o que entendiam sobre o lixo espacial. Essa solicitação foi realizada tanto no período do pré-teste, quanto no período do pós-teste, ou seja, antes e depois do processo de intervenção e aplicação do trabalho. O Quadro 2 retrata alguns desses registros sobre o conceito.

Período	Alunos	Registro escrito
Pré - teste	A3 e N1	“É o lixo que está em volta da Terra”
	D2	“São os satélites que estão sem uso”
	M1	“É aquilo que não serve mais para nada, e que fica em volta da Terra”
Pós - teste	F1	“Restos de satélites e foguetes na órbita da Terra, e podem causar colisões. E se a quantidade de lixo espacial continuar crescendo os GPS podem parar de funcionar.”
	A3	“É o resto de satélites que não tem mais utilidade e nem função. E podem fazer um congestionamento na órbita da Terra e atrapalhar as missões espaciais.”
	S3	“Foguetes, satélites que estão fora de funcionamento e fragmentos deles que podem colidir com outros satélites em funcionamento causando ainda mais lixo na órbita.”

Quadro 2 – Registros de alguns alunos sobre o conceito de lixo espacial

Fonte: produzido pelos autores

É perceptível visualizar nas respostas dadas pelos discentes no pós-teste, que o processo de aprendizagem foi construído, além de conceituar o tema de forma mais completa, ainda conseguem associar algumas consequências que podem ocorrer com a insustentabilidade orbital terrestre. Várias foram as discussões, apresentações e debates que enriqueceram e dinamizaram a

construção do conhecimento, o aprofundamento e a contextualização nas respostas escritas pelos alunos, bem como o aumento significativo das respostas assertivas na atividade objetiva (pré e pós-testes), nos levam a esta conclusão. Em percentual temos um total de aproximadamente 91,9% dos alunos que entenderam o conceito sobre o lixo espacial e conseguem estabelecer associações utilizando a temática de estudo.

4.2 Oficinas temáticas

A escolha pelas oficinas temáticas estimulou a participação dos estudantes no momento das atividades, o aprendizado por meio da ação, tornando o aluno como protagonista do processo de ensino aprendizagem. O ato de colocar a “mão na massa” como prática essencial para auxiliar o entendimento, e proporcionar o engajamento dos discentes a uma aprendizagem mais dinâmica sobre o conhecimento proposto.

Ao final da aplicação de todas as oficinas os alunos fizeram uma avaliação escrita sobre o processo de intervenção, seguindo também a mesma perspectiva quanti-qualitativa. Na folha de avaliação pontuaram as ações do trabalho, tendo a seguinte escala: 1 ruim, 2 regular, 3 bom e 4 excelente. A Tabela 2 informa os resultados obtidos pelas respostas dos discentes, os valores estão em percentual. Além disso, os discentes tiveram que escrever como foi a experiência vivenciada em cada uma das oficinas, e responder algumas questões pertinentes sobre a temática de cada oficina realizada. No Quadro 3, temos alguns desses registros.

Preencha o quadro com o valor correspondente à sua opinião, utilizando a seguinte escala: 1 (ruim), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (excelente)	1	2	3	4
As oficinas corresponderam as suas expectativas?	2,7%	5,5%	33,3%	58,5%
Qualidade dos materiais utilizados	----	13,8%	38,8%	47,4%
Clareza da linguagem utilizada nas oficinas	----	29%	42%	29%
Oportunidade para reflexão sobre os temas	2,7%	15,3%	54%	28%
Oficina 1: Gravidade, satélites e órbitas da Terra	----	5,5%	20,8%	73,7%
Oficina 2: Lixo espacial e suas consequências	----	13,8%	25%	61,2%
Oficina 3: Sustentabilidade no ambiente espacial	----	16,6%	16,6%	66,8%
Oficina 4: Direito Espacial Internacional	----	16,6%	38,8%	44,6%
Oficina 5: Mitigação do lixo espacial	2,7%	13,8%	16,6%	66,8%
Caderno de atividades	----	2,7%	33,3%	64%

Tabela 2 – Resultado da avaliação das oficinas temáticas.

Fonte: produzido pelos autores

Os quatro primeiros tópicos da Tabela 2, se referem de forma geral à aplicação das cinco oficinas temáticas. Com relação à correspondência das expectativas que os discentes tinham sobre as oficinas, 91,8% assinalaram boa e excelente, e 8,2% disseram que as oficinas atenderam às suas expectativas de forma regular e ruim. O planejamento para realização das oficinas foi feito para estimular o aprendizado e valorizar o aluno como sujeito desse processo de ensino e aprendizagem. A análise desses dados nos leva a entender que o objetivo foi alcançado com sucesso.

Quanto a qualidade dos materiais utilizados 86,2% indicam ter sido bom e excelente. Os recursos utilizados na aplicação das oficinas foram diversificados, dinâmicos e dependia da criatividade do próprio estudante, fazendo-o produzir e dinamizar seu aprendizado, a exemplo temos: história em quadrinho, produção textual, cartilha compartilhada, construção da maquete e dos satélites em papercraft, como também dos lapbooks.

O tópico – clareza da linguagem utilizada nas oficinas – obteve 71% de respostas boa e excelente, e 29% de respostas regular. O uso de muitos termos relacionados à Astronomia foram introduzidos pela primeira vez no cotidiano escolar dos discentes, tais como: microgravidade, estação espacial internacional, síndrome de Kessler, arrasto atmosférico, órbita, lixo espacial, mitigação e outros. Esses conceitos foram trabalhados com o material do estudo prévio, e durante as oficinas nas partes teóricas e práticas, e no caderno de atividades, ou seja, os conceitos foram trabalhados antes, durante e depois da realização de cada uma das oficinas temáticas, justamente para tentar suprir essa carência conceitual.

No último tópico geral da Tabela 2, tivemos 82% dos estudantes que indicaram que as oficinas oportunizaram uma reflexão boa e excelente sobre os temas. Em todos os momentos de aplicação das oficinas temáticas, os alunos eram estimulados a participar, não faltaram perguntas, reflexões, dúvidas, debates, que enriqueciam a interação entre o conteúdo e o aprendizado. Mas, atingir a totalidade é algo muito complicado, pois envolve um universo de pessoas bastante diverso, e mesmo oportunizando diversos meios e recursos didáticos para o aprendizado, nem sempre ele ocorre no mesmo nível e na mesma intensidade para os envolvidos.

Para Marcondes et al. (2007), as oficinas temáticas são necessárias para a inter-relação da ciência com a realidade do aluno, facilitando assim o processo de ensino-aprendizagem. Deve-se abordar dados, informações e conceitos para que os alunos possam conhecer a realidade, avaliar situações e soluções e propor formas de intervenção na sociedade.

Com base nos dados da Tabela 2 as cinco oficinas temáticas registraram de forma geral uma aplicabilidade boa e excelente. Na folha de avaliação, os alunos responderam algumas questões acerca dos conteúdos trabalhados nas oficinas, e de algumas experiências vivenciadas, como é retratado pelo Quadro 3.

Como foi a experiência vivenciada em participar da oficina 1?	Análise dos gráficos confeccionados pelos alunos com dados da ESA (2022) na oficina 2
<p>“Foi um pouco difícil fazer e colocar a órbita na maquete, mas tivemos uma maior participação do grupo, e também sentimos vergonha e nervosismo na apresentação da maquete.”</p> <p>“Essa com certeza foi a oficina mais trabalhosa do projeto, foi difícil e divertida, aprendemos que existem vários tipos de satélites que estão em várias órbitas da Terra.”</p>	<p>“A diferença entre os anos de 1970 e 2020 é grande, tínhamos poucos detritos na órbita da Terra, mas agora são muitos. A SpaceX lança muitos satélites.”</p> <p>“O país que possui mais satélites ativos é os Estados Unidos com 49%, o Brasil nem aparece nos dados.”</p>
Por que é importante praticar a sustentabilidade na órbita da Terra? (Oficina 3)	Que espaço exterior teremos nos próximos 50 anos? Mais hostil e perigoso do que ele já é por sua própria natureza? (Oficina 4)
<p>“Para ter a órbita cada vez mais limpa e livre. Devem usar satélites com materiais, como o alumínio que é menos resistente, para pegar fogo ao entrar na nossa atmosfera.”</p>	<p>“Se os países se conscientizarem em fazer a limpeza da órbita da terra, daqui a 50 anos vamos ter um espaço limpo para as atividades, mas se</p>

“Para que possamos continuar a exploração sem comprometer o nosso futuro. As agências devem fazer a mitigação e reutilizar o estágio 1 dos foguetes, por exemplo.”	não tivermos nenhuma atitude o espaço estará bastante poluído, o que dificultará as atividades dos satélites, interferindo nas nossas vidas na Terra.”
Como foi a experiência vivenciada em participar da oficina 4?	O que é a mitigação do lixo espacial e por que ela é importante? (Oficina 5)
“Nessa oficina a gente teve perguntas com tempo para responder com o nosso conhecimento, e depois construímos uma história em quadrinho sobre o espaço.” “Essa foi a que mais pediu a nossa criatividade.” “Essa foi bem divertida, fizemos até história em quadrinhos, e aprendemos muito também.”	“É o jeito de tornar o espaço sustentável, para garantir que os avanços no espaço não sejam comprometidos.” “Recolher o lixo na órbita da Terra para evitar que elas fiquem comprometidas.” “É o processo de limpeza da órbita terrestre, é importante para diminuir a quantidade e o gerenciamento.”
Como foi a experiência vivenciada em participar da oficina 5?	
“Achei interessante, nunca mais tinha brincado de quebra cabeça e adorei montar e criar a cartilha coletiva da sala.” “ Maravilhosa, foi uma experiência muito boa, brincamos e aprendemos, fizemos a nossa primeira produção escrita. Essa foi a mais divertida do projeto.”	

Quadro 3 – Relatos de escritas dos alunos sobre conteúdos e vivências nas oficinas

Fonte: produzido pelos autores

O conhecimento científico se transformando em aprendizado, dessa forma, foi encerrada a aplicação das oficinas temáticas, que trouxeram um enriquecimento científico significativo para os discentes, através da associação entre a teoria e prática, através de vivências e experiências, e tendo como base o protagonismo dos estudantes. Segundo Chagas e Sovierzoski (2014) a educação deve ser uma prática mediadora pela qual o discente, com a intervenção do professor e com sua própria participação enquanto sujeito ativo do aprendizado, transcorre de uma experiência inicialmente fragmentada para um patamar mais organizado e unificado.

Vale registrar também que não houve evasão dos alunos durante este processo de intervenção, a frequência foi constante, registrando poucas faltas no decorrer da aplicação das oficinas. Ressaltamos também que não houve participação de outros professores da unidade de ensino no projeto, não devido à falta de qualificação, pois as atividades descritas neste artigo podem ser utilizadas por professores que tenha noções básica sobre o tema e/ou que estejam dispostos a aprender e compartilhar saberes. O ideal seria a aplicação do trabalho de forma interdisciplinar, porém, na prática não foi possível devido à própria dinâmica da escola.

A Figura 8 mostra alguns momentos da participação dos estudantes nas atividades proposta durante as aplicações das oficinas e estudo de campo. Mais detalhes sobre este trabalho devem ser consultados em Corbacho (2023a).

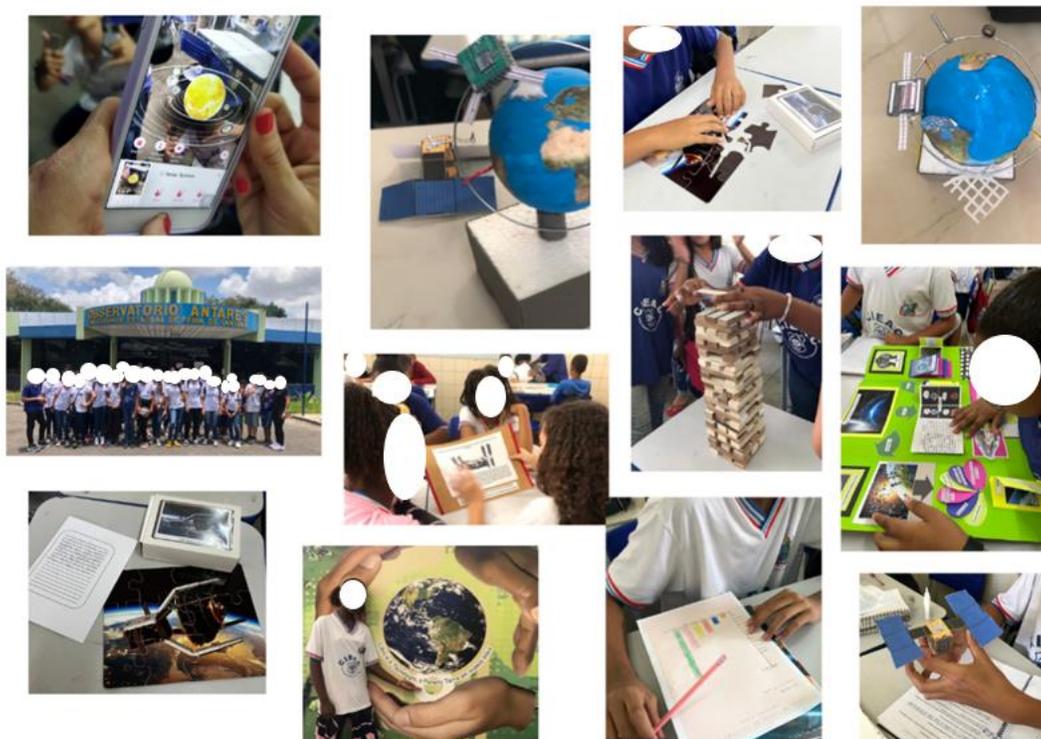


Figura 8 – Alguns registros da intervenção educacional
Fonte: produzido pelos autores

4.3 E-book e caderno de atividades

O e-book intitulado – *Uma Abordagem sobre o Lixo Espacial na Educação Básica: Suporte para Formação de Professores*, foi produzido para auxiliar os professores que se interessem em aplicar a temática de estudo deste trabalho de pesquisa na sua docência, podendo ser utilizado na íntegra ou adaptado de acordo com a necessidade do professor. O e-book (Corbacho 2023b) descreve de forma detalhada a aplicação de todas as cinco oficinas temáticas, informando também os objetivos, as estratégias metodológicas, os recursos utilizados, os kits didáticos realizados, e os métodos de avaliação de cada uma das oficinas temáticas. O endereço eletrônico para acessar o e-book é: [https://mpastro.uefs.br/storage/educational-product/8a.-TURMA-\(Edital-2021\)/Ebook%20Valéria%20Corbacho.pdf](https://mpastro.uefs.br/storage/educational-product/8a.-TURMA-(Edital-2021)/Ebook%20Valéria%20Corbacho.pdf)

O ideal para se obter um melhor desempenho na aplicação desse material é fazer uso também do caderno de atividades, outro produto educacional desta pesquisa. Associando estes dois recursos o docente provavelmente terá uma aplicabilidade do trabalho de forma mais integral e completa. O caderno de atividades pode ser acessado via e-book (Corbacho 2023b), através da leitura de um QR Code.

O caderno de atividades - *Lixo Espacial: uma Abordagem na Educação Básica*, também foi avaliado pelos discentes, com base nos dados da Tabela 2, e registrou 97,3% de boa e excelente aceitação e aplicabilidade. Foi desafiante realizá-lo, inicialmente pela ausência de

material que aborde sobre esta temática, ao nível da educação básica, como também pela proposta em promover atividades lúdicas e que despertem o interesse dos discentes em completá-lo, tais como: passatempos, leituras, produção textual, produção de história em quadrinho, interpretação de gráficos, infográficos e charges, desenhos, atividade direcionadas, dentre outras.

A proposta do caderno de atividades é que ele seja um recurso didático e avaliativo para ser utilizado ao final de todas as oficinas temáticas, buscando reforçar a aprendizagem, aprofundar os conhecimentos, auxiliar na formação do pensamento crítico dos discentes, promover a construção de saberes, e estabelecer uma interdisciplinaridade entre a Geografia, Astronomia e também as outras ciências, como: matemática, biologia, física, artes e história.

Cabe ressaltar, que tanto o e-book quanto o caderno de atividades são materiais de consulta e suporte para desenvolver a presente proposta de trabalho, porém cabe ao professor fazer as adequações necessárias para atender as necessidades e particularidades do público-alvo que deseja atingir.

5 Conclusão

É fato que o ensino no contexto escolar deve possibilitar ao aluno a construção do conhecimento; contudo, quanto mais reflexivo for o ensino, maiores serão as possibilidades do(a) estudante construir conhecimentos significativos. Diante disso, não há como pensar em ensino reflexivo e construção de conhecimentos significativos sem pensar em interdisciplinaridade. Afinal, a realidade precisa ser analisada por meio de uma articulação entre o local e o global (Morin 2003).

Nessa perspectiva, a Astronomia apresenta estreita relação com a interdisciplinaridade e se encaixa perfeitamente a vários componentes curriculares da educação básica, e neste trabalho em especial, ao ensino de Geografia. Essa interdisciplinaridade pode resultar e valorizar discussões de temas atuais e desafios impostos pelas constantes transformações tecnológicas, científicas, ambientais e territoriais, que caracterizam a sociedade contemporânea, e suas repercussões socioeconômicas.

A pertinência deste trabalho além de ampliar e divulgar a problemática do lixo espacial no espaço orbital terrestre, que se acentua ainda mais com os avanços tecnológicos e com as necessidades atuais da nossa sociedade contemporânea por mais serviços via satélite, se caracteriza também em aproximar os saberes científicos aos saberes escolares. A perspectiva do desenvolvimento deste trabalho foi alcançarmos os objetivos gerais e específicos estabelecidos, bem como fortalecer os objetivos atitudinais implicitamente embutidos durante todo o processo de intervenção educacional realizado. Como também refletir sobre a questão norteadora deste trabalho de pesquisa: Como o lixo espacial pode representar um possível risco à exploração do espaço e ao ambiente terrestre?

Propomos aqui um repensar sobre a problemática dos detritos espaciais sob a ótica da sustentabilidade. É preciso diminuir a permanência desses detritos em torno da Terra, é pertinente assegurar leis e normas através do direito espacial internacional para que os países envolvidos possam cumprir e regularizar as ações espaciais para não correremos o risco de impactá-las, gerando consequências ainda maiores ao ambiente espacial e ao terrestre. Diante das leituras e discussões sobre essa situação a conclusão mais assertiva e necessária é assumir a sustentabilidade no meio espacial.

Os detritos espaciais e a sustentabilidade orbital terrestre:
Uma proposta de ensino voltada para a Educação Básica

Além da reflexão sobre a questão norteadora que priorizou a base científica deste trabalho, podemos anexar também a ausência da relação entre a temática apresentada com relação a educação: O lixo espacial e a sustentabilidade orbital da Terra estão sendo abordados no ensino fundamental? De forma geral, esta temática ainda é pouco difundida entre a comunidade científica, como também a nível de educação básica. Na pesquisa realizada aos PCN e a BNCC, nada foi mencionado sobre o lixo espacial e sua problemática ambiental. Em análise efetuada em livros didáticos dos anos finais do ensino fundamental, a abordagem ao tema é escassa e pontual, existe um “vácuo” da temática, reforçando o que já era perceptível no início da proposta de realização deste trabalho de pesquisa.

Por esta razão a proposta da realização deste trabalho, com o intuito de aproximar os estudantes ao tema de estudo dessa pesquisa – detritos espaciais, e as suas consequências globais para o planeta Terra; relacionando-o com a sociedade, o tempo e o ambiente em que está inserido para favorecer aos alunos a construção de um novo olhar sobre a realidade que o envolve, favorecendo a eles uma reflexão sobre a relação entre o homem e o meio, através de uma abordagem de causa e efeito, alargando os saberes e fortalecendo a relação de pertencimento a atitudes mais sustentáveis ao planeta Terra.

Agradecimentos

Ao MPASTRO – Mestrado Profissional no Ensino de Astronomia da UEFS pelo contínuo processo de capacitação educacional e por instigar o desenvolvimento de ações de intervenção para serem aplicadas na educação básica.

Ao Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand (CIEAC) por permitir que seus estudantes participem de programas que estimulem e reforcem o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem.

Referências

AEB (2021). Agência Espacial Brasileira. Recuperado em 23 de Setembro de 2022. Disponível em: www.aeb.gov.br.

Brasil (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. Recuperado em 12 de Setembro de 2022. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf.

Brasil (1998). Ministério da Educação e dos Desportos. *Parâmetros Curriculares Nacionais: 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental. Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEMTEC. Recuperado em 12 de Setembro de 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>.

Brasil (1996). Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília: MEC. Recuperado em 2 de Outubro de 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm.

Carvalho, J. P. S., Lima, J. S., & Gonçalves, C. M. (2021). Poluição do Ambiente Espacial: o problema do lixo no espaço. *Scientia*, 6(2), 61-80.

Chagas, J. J. T., & Sovierzoski, H. H. (2014). Um diálogo sobre aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 4(3), 37-52. Recuperado em 12 de Setembro de 2022. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID67/v4_n3_a2014.pdf.

Corbacho, V. S. (2023a). Lixo espacial e os possíveis riscos a exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica. 152f. *Dissertação* (Mestrado Profissional em Astronomia) – Departamento de Física, UEFS, Feira de Santana, BA, Brasil.

Corbacho, V. S. (2023b). Uma abordagem sobre o lixo espacial na educação básica: suporte para formação de professores. *Produto Educacional* (Mestrado Profissional em Astronomia) – Departamento de Física, UEFS, Feira de Santana, BA, Brasil. Disponível em: [https://mpastro.uefs.br/storage/educational-product/8a.-TURMA-\(Edital-2021\)/Ebook%20Val%C3%A9ria%20Corbacho.pdf](https://mpastro.uefs.br/storage/educational-product/8a.-TURMA-(Edital-2021)/Ebook%20Val%C3%A9ria%20Corbacho.pdf)

ESA (2022). *ESA's Annual Space Environment Report*. Darmstadt, Germany. Recuperado em 10 de Outubro de 2023. Disponível em: https://space-economy.esa.int/article/33/what-is-the-space-economy#_ftn1.

ESA (2023). Agência Espacial Europeia. Recuperado em 11 de Outubro de 2023. Disponível em: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers

Kerbauy, M. T. M., & Souza, K. R. (2017). Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. *Educação e Filosofia*, 31(61), 21-44. Recuperado em 12 de setembro de 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/EducacaoFilosofia/article/view/29099>.

Langhi, R., & Nardi, R. (2016) Educação em astronomia: Repensando a formação de professores. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, (21), 69-81. Recuperado em 12 de Setembro de 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2016.21.069>.

Marcondes, M. E. R., et al. (2007). *Oficinas Temáticas no Ensino Público visando à Formação Continuada de Professores*. São Paulo: FDE.

Morin, E. (2003). *A cabeça bem-feita: repensar a reforma reformar o pensamento*. (8ª ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

NASA (2010). *Commercial Market Assessment for Crew and Cargo Systems*. Recuperado em 18 de Outubro de 2022. Disponível em: <https://standards.nasa.gov/standard/osma/nasa-std-871914>.

Os detritos espaciais e a sustentabilidade orbital terrestre:
Uma proposta de ensino voltada para a Educação Básica

NASA (2021). *SpaceDebris and Human Spacecraft*. Recuperado em 21 de Setembro de 2022. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html .

Nogueira, S. (2005). *Rumo Ao Infinito. Passado e futuro da aventura humana na conquista do espaço*. São Paulo: Globo.

SWF (2018). *Secure World Foundation*. Relatório anual. Recuperado em 15 de Setembro de 2022. Disponível em: <https://swfound.org/>.

LITERATURA E ASTRONOMIA: UMA ANÁLISE DESCRITIVA DO CONTO “O NOSSO SISTEMA SOLAR” DA OBRA *SERÕES DE DONA BENTA* DE MONTEIRO LOBATO

 Camila Muniz de Oliveira ¹
 Michel Corci Batista ²

Resumo: O presente estudo teve como objetivo analisar as possíveis relações entre o conto “O Nosso Sistema Solar”, da obra *Serões de Dona Benta*, de Monteiro Lobato, com a temática Astronomia. A abordagem metodológica para a constituição e a análise dos dados foi a qualitativa, especificamente a descritiva. Quanto aos procedimentos, utilizamos a pesquisa documental. Os dados foram analisados sob as lentes teóricas da análise de conteúdo de Bardin (1977) e, a partir desta teoria, estudamos três categorias de análise estabelecidas à priori: Categoria I. Evolução das estrelas, Espectro Solar e Manchas Solares; Categoria II. Sistema Solar e a Categoria III. Planetas e Exoplanetas. A análise dos dados da nossa pesquisa nos permite inferir que o conto realiza o papel tanto de Literatura Infantil, como de material didático e propicia condições para o ensino e a aprendizagem de conceitos astronômicos. As principais contribuições deste trabalho dizem respeito a oferecer subsídios conceituais para os docentes incorporarem o conto em sua proposta curricular, evidenciando algumas possibilidades de intersecção entre a Literatura Infantil de Monteiro Lobato e a área de Educação em Astronomia.

Palavras-chave: Literatura Infantil; Educação em Astronomia; Literatura no ensino de Astronomia.

LITERATURA Y ASTRONOMÍA: UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL CUENTO "NUESTRO SISTEMA SOLAR" A PARTIR DE LA OBRA *TARDES DE DOÑA BENTA* DE MONTEIRO LOBATO

Resumen: El presente estudio tuvo como objetivo analizar las posibles relaciones entre el cuento *Nuestro Sistema Solar* de la obra *Tardes de Doña Benta* de Monteiro Lobato con el tema de la Astronomía. El enfoque metodológico para la constitución y análisis de los datos fue cualitativo, específicamente descriptivo. En cuanto a los procedimientos, utilizamos la investigación documental. Los datos fueron analizados bajo el lente teórico del análisis de contenido de Bardin (1977) y en base a esta teoría se estudiaron tres categorías de análisis establecidas a priori: Categoría I. Evolución de estrellas, Espectro Solar y Manchas Solares; Categoría II. Sistema Solar y Categoría III. Planetas y Exoplanetas. El análisis de los datos de nuestra investigación nos permite inferir que el cuento cumple la función tanto de Literatura Infantil como de material didático y proporciona condiciones para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos astronómicos. Las principales contribuciones de este trabajo están relacionadas con ofrecer subsídios conceptuales para que los docentes incorporen el cuento en su propuesta curricular, destacando algunas posibilidades de intersección entre la Literatura Infantil de Monteiro Lobato y el área de Educación en Astronomía.

Palabras clave: Literatura infantil; Educación en Astronomía; La literatura en la enseñanza de la astronomía.

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil. E-mail: camila.munizalmeida@gmail.com

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil. E-mail: michel@utfpr.edu.br.

LITERATURE AND ASTRONOMY: A DESCRIPTIVE ANALYSIS OF THE STORY "OUR SOLAR SYSTEM" FROM THE WORK EVENINGS OF DONA BENTA BY MONTEIRO LOBATO

Abstract: The present study aimed to analyze the possible relationships between the short story “O Nosso Sistema Solar” from the work “Serões by Dona Benta”, de Monteiro Lobato with the theme of Astronomy. The methodological approach for the constitution and analysis of data was qualitative, specifically descriptive. As for the procedures, we used documentary research. The data were analyzed under the theoretical lens of Bardin's content analysis (1977) and based on this theory, we studied three categories of analysis established a priori: Category I. Evolution of stars, Solar Spectrum and Sunspots; Category II. Solar System and Category III. Planets and Exoplanets. The analysis of our research data allows us to infer that the short story performs the role of both Children's Literature and didactic material and provides conditions for teaching and learning astronomical concepts. The main contributions of this work are related to offering conceptual subsidies for teachers to incorporate the short story into their curriculum proposal, highlighting some possibilities of intersection between Monteiro Lobato's Children's Literature and the area of Education in Astronomy.

Keywords: Children's literature; Education in Astronomy; Literature in astronomy teaching.

1 Introdução

A bibliografia científica apresenta que o uso da Literatura Infantil pode ser uma ferramenta auxiliadora no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos (Santos & Piassi 2010; Antloga & Slongo 2012). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), dentro das propostas de práticas pedagógicas, que utilizam diferentes linguagens para o ensino e aprendizagem dos conteúdos, destaca a Literatura Infantil como uma importante estratégia de construção de conhecimentos científicos (Brasil 2018), sobretudo da Astronomia, previstos para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

Neste prisma, por meio do vínculo subjetivo da Literatura com a Educação, podemos discutir a relação entre Ciência, leitura e escola, a partir de três teses: compreende-se que todo professor, independente da disciplina que ensina, é professor que ensina leitura - no sentido de interpretação textual; enfatiza-se que a imaginação criadora e a fantasia não são exclusividade das aulas de Literatura; e por fim, que as sequências integradas de textos e os desafios cognitivos são pré-requisitos básicos à formação do leitor (Silva 1998).

Portanto, é possível afirmar que existe uma ponte de convergência entre Ciência/Astronomia e Literatura (Oliveira et al. 2020; Oliveira & Batista 2021; Batista et al. 2022). Essa conexão tem vários feitos, dos quais podemos destacar Monteiro Lobato, que em 1920 lançou o “Sítio do Pica-Pau Amarelo”, um marco na Literatura Infantil brasileira, que perpassou por várias gerações de crianças e jovens. O “Sítio do Pica-Pau Amarelo” caracteriza a veia científica de Lobato, pois o autor aborda contemporâneas descobertas da época acerca das áreas da Ciência, como Física, Astronomia, Geografia, Matemática, Biologia entre outras (Oliveira & Batista 2021; Batista et al., 2022).

Com base no exposto, e considerando que a Literatura e a Astronomia possuem potencialidades quando são incorporadas em práticas de ensino interdisciplinares que, em geral,

visam instigar nos estudantes a atenção e a curiosidade, que são elementos essenciais para a construção da aprendizagem, elencamos como objetivo: analisar as possíveis relações entre o conto “O Nosso Sistema Solar”, da obra Serões de Dona Benta, de Monteiro Lobato com a temática Astronomia.

2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos de análise de dados foram realizados em uma perspectiva qualitativa, visto que o objeto do estudo “não são os comportamentos, mas as intenções e situações, ou seja, trata-se de investigar ideias, de descobrir significados nas ações individuais e nas interações sociais a partir da perspectiva dos atores intervenientes no processo” (Coutinho, 2014, p. 28).

A natureza da pesquisa qualitativa será especificamente a descritiva, pois buscamos descrever detalhadamente o fenômeno investigado, discorrendo com exatidão as características emergentes do objeto de análise (Selltiz et al. 1965).

No que diz respeito aos procedimentos de constituição de dados, utilizamos a perspectiva da pesquisa documental. A técnica da análise documental vale-se de materiais que não tiveram ainda um tratamento analítico, ou que podem ser reelaborados de acordo com a finalidade da pesquisa (Gil 2008).

O processo de construção do *corpus* da pesquisa foi idealizado por meio de um instrumento de análise interpretativa, especificamente sob as lentes teóricas da Análise de Conteúdo. Bardin (1977), define a análise de conteúdo:

[...] um conjunto de técnicas de análise de comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não), que permitem a inferência de conhecimentos relativos as condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin 1977, p.42).

A apreciação crítica por meio da Análise de Conteúdo possui alguns critérios específicos. A primeira fase, chamada pré-análise, é aquela em que compomos o *corpus* da pesquisa, compreendendo: a leitura flutuante, que é o primeiro contato com os dados, ou seja, conhecer as fontes a serem analisadas; a escolha dos documentos, a definição do *corpus* da pesquisa; a formulação das hipóteses e objetivos, sendo a leitura inicial dos dados; e a elaboração de indicadores, que é o momento de interpretação do material coletado.

Nesta primeira fase, de acordo com Silva e Fossá (2015), é importante obedecer às seguintes regras: a exaustividade, que trata-se de esgotar todos os elementos do *corpus*, sem omissão de nenhuma parte; a representatividade, que se preocupa com amostras que representem o universo, portanto, no caso da seleção um número muito elevado de dados, pode efetuar-se uma amostra, desde que o material se preste a isso; a homogeneidade, na qual os documentos retidos devem ser homogêneos, ou seja, obedecer a critérios precisos de escolha; e a pertinência, ressaltando que o documento deve corresponder adequadamente ao objetivo da análise.

Na segunda fase, parte-se para a exploração do material. Essa consiste na construção das operações de codificação, que, segundo Holsti (1969), “é o processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados às unidades, as quais permutam uma descrição exata das características pertinentes ao conteúdo” (Holsti 1969 apud Bardin 1977, p. 103-104).

No momento da classificação e agregação às unidades, escolhemos as categorias de análises. Para Bardin (1977, p. 117), a categorização é:

Uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com os critérios previamente definidos. Já as categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registo, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (Bardin 1977, p. 117.)

Além disso, Bardin (1977) indica a possibilidade das categorias serem criadas a priori, que podem ser sugeridas pelo referencial teórico (quadro teórico) ou a posteriori, emergindo da análise do material (análises exploratórias).

Desse modo, as categorias de análise foram estabelecidas à priori, utilizando como referencial teórico a divisão dos temas do curso didático de Astronomia - NASE, ofertado pela União Internacional Astronômica, destinado à formação de professores da Educação Básica. Os conteúdos de Astronomia, do referido curso, são apresentados na Tabela 1.

CATEGORIAS	CONTEUDOS
Cosmologia	A origem do Universo, espectroscopia, o telescópio Hubble, o Big Bang, a evolução do Universo, o calendário cósmico, a radiação de fundo de micro-ondas, por que a noite é escura? As galáxias, as dimensões do Universo, a idade do Universo, a medição de velocidade, as ondas sonoras, multiversos.
Evolução das Estrelas, Espectro Solar e Manchas Solares	As propriedades do Sol e das estrelas, a estrutura do Sol e das estrelas, a fonte de energia do Sol e das estrelas, a vida e morte do Sol e das estrelas, as estrelas comuns com pouca massa, as raras estrelas massivas, as estrelas com muita massa e muito massivas, as estrelas variáveis cataclísmicas, o nascimento do Sol e das estrelas.
Sistema Solar	O Sol e seu ciclo de vida; a formação e evolução dos sistemas solares; a composição atmosférica, características físicas e orbitais dos planetas clássicos e satélites; outros corpos do sistema solar (cinturão de asteroides, o cinturão de Kuiper, cometas, planeta anão Plutão e seus satélites).
Planetas e Exoplanetas	O sistema solar e as tabelas de dados, as escalas de tamanhos e distâncias, as escalas de posição do Sol e planetas num plano da cidade, o tamanho aparente do Sol a partir de cada planeta, as distâncias-luz, a densidade, o achatamento dos planetas, as gravidades superficiais, o peso equivalente ao terrestre em outros planetas; a velocidade de escape, as crateras de impacto, os sistemas exoplanetários, o diâmetro de exoplanetas, a determinação da massa da estrela central do sistema exoplanetário, a escala de um sistema exoplanetário.

Horizonte local e relógio de Sol, Simuladores do Movimento Estelar, Solare Lunar	ATerrarotacionaletranslada,aobservaçãodohorizontelocal,nascimento e pô do Sol, o meridiano local, a trajetória do Sol no primeiro dia de cada estação, os relógios de Sol e as estações, o tempo solar e o tempo do relógio de pulso, o ajuste da longitude, o ajuste do horário de verão-inverno, o ajuste da equação de tempo, orientação e a esfera celeste.
Astronomia além do visível	Lentes gravitacionais, espectro eletromagnético, infravermelho, energia eletromagnética na região do rádio, luz ultravioleta, raios X, raios gama.
Sistema Terra-Lua-Sol	Eclipses, fases da Lua, diâmetro da Lua; diâmetro do Sol; tamanho e distâncias no sistema Terra-Lua-Sol, Aristarco, Eratóstenes, mares.

Tabela 1 - Divisão curricular do curso de Astronomia da NASE.

Fonte: Adaptado NASE (2021).

A terceira e última fase, é o tratamento dos resultados obtidos e a interpretação. Nesta etapa, deve ocorrer a triangulação dos conteúdos manifestos e latentes, contidos no *corpus* do material, com os referenciais teóricos, visando a compreensão dos resultados (Silva & Fossá 2015). Para tanto, utilizamos a inferência que, segundo Bardin (1977, p.39) é a “operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras”.

Monteiro Lobato escreveu um conjunto de livros que possuem um caráter predominantemente pedagógico (Penteado 2011). Ele se mantinha “informado a respeito das coisas de seu tempo, era certamente um homem preocupado com o problema da educação. Não fosse ele interessado em pedagogia, não teria produzido a obra imensa que deixou” (Alvarez 1982, p. 62).

Dentre as obras de caráter predominantemente pedagógico, destacamos, “Serões de Dona Benta” (1937). Duarte (2008) pontua que, ao publicar tal livro, Monteiro Lobato pretendia alcançar três objetivos: levar às crianças o conhecimento sobre as conquistas da Ciência; questionar as verdades feitas que o tempo cristalizou e que, cabe ao presente redescobrir e renovar; e, propor um novo modelo de ambiente escolar.

Apesar da obra “Serões de Dona Benta” ter sido publicada pela primeira vez no ano de 1937, utilizamos a 3ª edição dela (Lobato 1944). O critério de seleção dessa edição fundamenta-se na afirmação de Duarte (2009, p.3) segundo ele “a partir dessa terceira edição, o título da obra, que originalmente era Serões de Dona Benta, passar a contar com um subtítulo bastante sugestivo: Física e Astronomia”. Como necessitávamos selecionar um objeto de análise com demasia de conceitos astronômicos, inferimos que seria eficiente a escolha pela edição de 1944, pois, foi a primeira vez que a obra contou com subtítulo ‘Física e Astronomia’. Nesse sentido, optamos por investigar a obra, sendo ela, a mais condizente com os objetivos de nossa pesquisa.

Após selecionada essa obra, consultamos o índice dos contos para identificar quais abordavam conceitos relacionados à Astronomia. Identificamos esses conceitos em quatro contos, a saber: XVI - Na imensidão do espaço, XVII – O nosso sistema solar, XVIII - Mais coisas do céu e XIX – Como a terra se formou. Assim, dos 22 contos presentes na obra, apenas 4 correspondem adequadamente aos objetivos da pesquisa.

Para o presente trabalho, analisamos somente o conto “O Nosso Sistema Solar”. Essa escolha deve-se ao fato desse conto explorar uma quantidade significativa de conceitos astronômicos em relação aos outros e, além disso, consideramos o fato da limitação de páginas do artigo.

Além disso, vale ressaltar que o presente trabalho é um recorte da pesquisa de dissertação (disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/364>), dessa forma, devido a quantidade limitada de páginas, ressaltamos apenas alguns trechos do conto.

6 Resultados e discussões

Apresentamos aqui, a análise descritiva do conto “O Nosso Sistema Solar”, buscando as possíveis relações entre o conto em estudo e a temática Astronomia. Esse conto, possui o seguinte contexto: Em uma bela noite, Dona Benta leva Emília, Pedrinho e Narizinho para apreciar o céu e, a partir disso, a vovó, por meio de uma abordagem dialógica informal, introduz o tema Sistema Solar.

No conto “O Nosso Sistema Solar”, identificamos três categorias em relação aos conteúdos, de acordo com a Tabela 1: I. Evolução das estrelas, Espectro Solar e Manchas Solares; II. Sistema Solar e III. Planetas e Exoplanetas. A seguir, discutiremos cada categoria, relacionando o conhecimento científico com o conteúdo presente no conto.

Categoria I. Evolução das estrelas, Espectro Solar e Manchas Solares

Nesse conto, Dona Benta discursa para as crianças algumas propriedades do Sol, incluindo, o tipo que essa estrela se classifica, o seu movimento de rotação, a temperatura em sua superfície e a distância em que ela está da Terra, utilizando uma representação numérica da distância, Terra-Lua, para compreender a distância, Sol-Terra. Além disso, aborda sobre a temperatura no centro do Sol e alguns dos seus fenômenos recorrentes, como as manchas solares, a erupção solar e as ejeções de massa coronal. Versa, ainda a respeito da energia solar, a constituição do Sol e a sua força de atração. A seguir, um trecho nas palavras do autor sobre um desses conceitos:

- E a energia que ele está constantemente soltando no espaço? A energia calorífica que a Terra recebe e nos parece tanta, não passa de meio bilionésimo da que o Sol emite sem parar.
- Espantoso, vovó! Exclamou Pedrinho. Então só com essa isca de calor a Terra vive, com todos seus animais e plantas e rios, e chuvas, mares e ventos?
- Sim, meu filho. A Terra vive com meio bilionésimo da energia que o Sol põe fora [...]” (Lobato 1944, p. 127-128).

Com esse fragmento é possível discutir aspectos da energia gerada pelo Sol, como elementos da descoberta desse fenômeno e o funcionamento das reações termonucleares, assim como, a sua importância para o planeta Terra. Por volta do século XIX, os astrônomos

afirmavam que a enorme energia do Sol não poderia ser gerada por combustão, pois, se isso fosse real, o Sol só brilharia somente por 10 mil anos (Müller et al. 2013).

Em 1854, o físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz, propôs que a energia do Sol era ocasionada pelo colapso gravitacional. Essa proposição também foi refutada, visto que, caso isso fosse verdadeiro, o Sol só conseguiria manter sua luminosidade por cerca de 20 milhões de anos e há evidências geológicas que indicam que o Sol tem uma idade de 4,5 bilhões de anos. No ano de 1937, Hans Albrecht Bethe, apresentou uma teoria que é aceita até os dias de hoje, a qual concebe que a energia do Sol seria gerada por meio de reações termonucleares (Müller et al. 2013).

A reação termonuclear é um processo em que átomos se combinam para formar átomos maiores e, durante esse processo, liberam uma enorme quantidade de energia. Essa energia, do núcleo do Sol, faz com que os átomos de hidrogênio fundem-se, para formar átomos de hélio (Nasa 2021). Nessa transformação, a cada 700 milhões de toneladas de hidrogênio, 695 milhões são transformados em hélio e, os outros 5 milhões de toneladas, em energia eletromagnética que irradia da superfície do Sol para o espaço (Ferreira 2016).

Após os astrônomos determinarem a distância do Sol, foi possível determinar também, a sua luminosidade, ou seja, a potência produzida por ele. Nesse sentido, temos a Constante Solar (Irradiação Solar) que corresponde à energia solar que atinge a Terra, por unidade de área normal aos raios solares (utilizando a distância média Terra – Sol) e, por unidade de tempo (Müller et al. 2013).

A energia que o Sol produz, chega parcialmente à Terra, em forma de ondas eletromagnéticas. Essa energia recebida na atmosfera depende da posição do receptor, da posição aparente do Sol e da distância entre a Terra e o Sol. Apenas um quarto da constante solar incide diretamente no topo da atmosfera. Desta, 39% é refletida pela atmosfera, restando apenas 61% que é a responsável pelo aquecimento da Terra (Lima Neto 2019)

O fluxo recebido no topo da atmosfera terrestre, em um plano perpendicular aos raios solares é dado pela seguinte relação:

$$C_{\odot} = \frac{L_{\odot}}{4\pi \cdot (1UA)^2}$$

Na equação supracitada, L_{\odot} é a potência total do Sol ($L_{\odot} = 3,84 \times 10^{26}$ Watt) e C_{\odot} é chamado de Constante Solar. Esse valor é medido por satélites posicionado logo acima da atmosfera terrestre. Na literatura, encontramos valores entre 1361 a 1366 W/m². Além disso, a unidade astronômica (UA) é definida como a média de distância entre a Terra e o Sol. Ela é uma referência conveniente para descrever distâncias no sistema solar, com um valor médio de aproximadamente 149,6 milhões de milhas (93 milhões de milhas). Diante das características supracitadas, podemos compreender que, a quantidade de energia solar média (EM) que incide perpendicularmente à superfície da Terra, por unidade de tempo e por unidade de área, será:

$$EM = 0,61 \times 0,25 \times 1\,365 \text{ W/m}^2 \rightarrow EM = 208,1625 \rightarrow EM \cong 750 \text{ KW/m}^2$$

A energia que o Sol produz e, que chega à Terra, está diretamente relacionada às condições necessárias para a existência de vida na Terra. Afinal, essa energia é a responsável por aquecer o planeta por meio do calor, que permite a idealização de um ambiente com uma temperatura adequada para que exista vida e, além disso, forneça luz que é essencial tanto para a vida animal, quanto para a vegetal (fotossíntese) (Planas 2020).

Desta forma, com os trechos apresentados, podemos identificar elementos com grande potencial para abordar conceitos sobre as propriedades do Sol; a Evolução das estrelas, o Espectro Solar e as Manchas Solares. Identificamos temas relacionados às propriedades do Sol, incluindo sua composição, os aspectos que o classificam como uma anã amarela, os seus movimentos, as manchas solares, a erupção solar e as ejeções de massa coronal.

Categoria II. Sistema Solar

Após findar a conversa a respeito do Sol e suas características, as crianças do sítio queriam saber mais em relação aos planetas. Dona Benta inicia dizendo que o Sol e os planetas formam o Sistema Solar e que, o Sol está no centro desse sistema, aquecendo, governando e iluminando-os. Considerando um maior rigor conceitual, quando Dona Benta afirma que o Sol está no centro do Sistema Solar, existe uma imprecisão, visto que, o Sol não está no centro do sistema, apesar de, significativamente estar próximo dele. O Sol ocupa um dos focos da elipse das órbitas planetárias e nas órbitas elípticas, o Sol não está exatamente no centro, mas em um dos focos da elipse, devido às influências gravitacionais dos corpos do Sistema Solar, como os planetas e outros objetos. Recentemente, os astrônomos identificaram o centro de massa do Sistema Solar como estando localizado a cerca de 100 metros da superfície do Sol, o que significa que, embora o Sol esteja deslocado em relação ao centro da elipse, ele não está muito longe disso.

Dona Benta fala o nome dos planetas em ordem decrescente de tamanho, ela explica que as estrelas e os planetas são astros fáceis de se distinguirem um do outro, isso em função de suas luminosidades e as posições em que ocupam no céu. Ela discute, ainda, algumas características de Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e Netuno. A seguir, um trecho nas palavras do autor sobre um desses conceitos:

– Júpiter, o maior; e depois em ordem decrescente, Saturno, Netuno, Urano, a Terra, Vênus, Marte, Plutão e Mercúrio [...]. Os planetas são facilmente distinguíveis das estrelas, não só por causa da luz mais firme como também por mudarem de posição no céu. Os mais próximos de nós são sólidos, mas os grandes parecem gasosos. Um corpo perde tanto mais rapidamente o calor quanto menor a sua massa. Por isso os planetas pequenos se resfriaram e os grandes ainda não. Caminham todos em direção oeste para este e no mesmo plano. E quase todos possuem satélites, ou luas”.

– Serão mesmo só nove, vovó?”

– Não sabemos ao certo. Alguns astrônomos acham que talvez haja outros além de Plutão, mas a tamanha distância que ainda não puderam ser descobertos” (Lobato 1944, p. 128).

Note, Dona Benta também explica que os planetas sólidos, são aqueles que estão localizados mais próximos da Terra, e os gigantes gasosos, que são os maiores planetas do Sistema Solar, estão mais distantes. Atualmente, em ordem de distância do Sol temos a seguinte

ordem dos planetas: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Em ordem decrescente de tamanho, Júpiter, em seguida temos Saturno, Urano, Netuno, Terra, Vênus, Marte e Mercúrio (Nasa 2021).

Com os trechos apresentados, podemos identificar elementos com grande potencial para abordar conceitos como, a distâncias dos planetas até o Sol e a nova classificação de Plutão, pois, embora Dona Benta afirme que Plutão é um planeta, esse astro foi reclassificado. Plutão quando descoberto em 1930 era considerado o menor planeta do Sistema Solar, mas em agosto de 2006, foi reclassificado pela União Astronômica Internacional (UAI) e passou a ser considerado um planeta anão - o maior dos planetas anões. Isso deu-se pois, a UAI definiu com precisão o conceito de planeta e pela nova definição para ser um planeta o corpo celeste precisa: (1) orbitar o Sol (que não seja um satélite); (2) que tenha massa suficiente para assumir a forma esférica; e (3) que tenha “limpado” o entorno de sua órbita de fragmentos remanescentes da formação do Sistema Solar. Nesse sentido, a UAI determinou que um planeta anão obedece aos itens 1 e 2, mas falha no item 3 (Rembold 2011)

Diante das características supracitadas, os astrônomos concluíram que, embora Plutão orbite o Sol e seja esférico, ainda existem fragmentos de rochas na região de sua órbita e isso pode ser justificado por sua gravidade não ser intensa o suficiente para atraí-los e, assim, limpar sua órbita (Rembold 2011). Dessa forma, Plutão acabou sendo ‘rebaixado’ à categoria de planeta anão. Além disso, Plutão está situado Cinturão de Kuiper, uma região do Sistema Solar que está localizado além da órbita de Netuno, composto por corpos gelados.

Em relação à diferença entre os planetas e as estrelas, conforme dito por Dona Benta, percebemos a olho nu que as estrelas têm brilho oscilante, ou seja, “piscam”, já os planetas, têm um brilho fixo. Esse elemento do trecho apresentado, pode configurar-se como uma estratégia promissora para gerar um momento de discussão e reflexão a respeito desses conceitos astronômicos, pois as características observacionais possuem algumas limitações conceituais.

As estrelas propriamente não piscam, isso é uma impressão que temos produzida pela turbulência atmosférica, ou seja, o ar se movimenta de maneira muito complexa, com rajadas de vento, correntes em grande altitude e turbilhões, como consequência, produz refração, que desvia o feixe de luz que vem das estrelas e como a mudança de caminho da luz é muito rápida, a imagem de uma estrela que seria apenas um pequeno ponto no céu, torna-se uma pequena mancha (Lima Neto 2016).

A forma como o olho humano capta a luz da estrela faz com que tenhamos a impressão de que a estrela está piscando, isto é, a intensidade da luz que chega aos nossos olhos varia muito rapidamente. Se fôssemos para o espaço, não as veríamos piscando, uma vez que, não teríamos a turbulência da atmosfera (Steiner 2017).

Isso também acontece com os planetas, mas eles estão muito mais próximos da Terra que as estrelas e por isso, sofrem menos influência. A imagem de um planeta não é apenas um pontinho, mas sim um pequeno disco. Com isso, a sua luminosidade é menos sensível à turbulência da atmosfera da Terra e, portanto, não vemos o planeta piscar, a não ser em casos extremos de atmosfera muito turbulenta (Lima Neto 2016).

Outra característica notável que distingue os planetas das estrelas é o fato deles se moverem visivelmente no céu no decorrer dos dias, meses e horas. Isso acontece porque orbitam em distâncias relativamente próximas ao Sol. As estrelas também se movem no céu, pois cada estrela tem uma velocidade específica no interior da galáxia. Assim, as estrelas, por estarem muito distantes, não tem seus movimentos percebidos ao longo da vida humana.

Esse trecho ainda possui potencial para a discussão acerca da classificação dos planetas do Sistema Solar, que são classificados em duas categorias principais: os planetas terrestres, que são pequenos, rochosos e orbitam próximo ao Sol (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte); e os planetas jovianos, que são grandes, possuem anéis, vários satélites, são gasosos e distantes do Sol (Júpiter e Saturno e os gigantes de gelo Urano e Netuno) (Müller et al. 2013)

Dona Benta afirma que os planetas mais próximos de nós (Terra) são sólidos e que os grandes parecem gasosos, portanto, Mercúrio, Vênus, Marte são sólidos e, os maiores que são Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são gasosos. Segundo a Nasa (2021), perto do Sol, apenas material rochoso poderia suportar o calor quando o Sistema Solar era jovem. Por esta razão, os primeiros quatro planetas são rochosos, ou seja, pequenos com superfícies sólidas. Enquanto isso, os materiais como gelo, líquido ou gás, estabeleceram-se nas regiões externas do Sistema Solar, pois, a gravidade juntou-os para formar os gigantes gasosos, Júpiter e Saturno e os gigantes de gelo, Urano e Netuno (Nasa 2021).

Com o fragmento, podemos discutir outro conceito, o de satélite natural, isso porque Dona Benta afirma que a maioria dos planetas possuem satélites. Na definição, temos que, os satélites naturais ou luas são corpos sólidos, geralmente menores em relação aos planetas (apenas três deles são maiores que Mercúrio) e orbitam os planetas, planetas anões e asteroides. Além disso, esses corpos têm diferentes formas, tamanhos, tipos e poucos têm atmosfera, existem centenas deles em nosso Sistema Solar. A maioria deles formou-se a partir de discos de gás e poeira circulando em torno dos planetas no início do Sistema Solar (Nasa 2021).

A maioria dos planetas do Sistema Solar, com exceção de Mercúrio e Vênus, possuem satélites naturais. Os planetas gasosos conseguiram capturar corpos menores do Sistema Solar, devido à sua gravidade. Além das luas confirmadas, existem as luas provisórias que estão esperando a confirmação (NASA, 2021). Segundo a NASA (2021), em números de luas por planetas temos, Terra (1), Marte (2), Júpiter (79) – 53 confirmados e 26 provisórios, Saturno (82) - 53 confirmados e 29 provisórios, Urano (27) e Netuno (14).

O trecho também permite a abordagem do movimento dos planetas, isso porque Dona Benta afirma que todos giram no mesmo sentido e em um mesmo plano. Segundo Müller, Saraiva e Oliveira filho (2013) todos os planetas estão no mesmo plano, girando em torno do Sol e de si próprios no mesmo sentido - com exceção de, Vênus e Urano. Portanto, aqui existe uma imprecisão conceitual, pois, nem todos os planetas giram no mesmo sentido, como diz Dona Benta, na obra. Vale ressaltar que, esse giro trata-se da rotação, sendo o movimento que esses corpos celestes realizam ao girar em torno de seus próprios eixos.

Com relação ao sentido de movimento dos planetas ao longo do ano, é normalmente de oeste para leste, mas em alguns períodos, esse movimento sofre alteração, passando de leste a oeste (Müller et al. 2013). Esse movimento é chamado de retrógrado, sendo essa uma

característica que parece fazer o planeta, mover-se temporariamente na direção orientada no céu, como se estivesse indo para trás. Isso ocorre devido à diferença nas velocidades orbitais entre a Terra e o planeta em questão. À medida que a Terra completa sua órbita mais rápida em torno do Sol, sua perspectiva em relação ao planeta muda, criando a ilusão de que o planeta está retrocedendo antes de retomar seu movimento normal. O movimento retrógrado é um efeito de observação e não implica uma mudança real na órbita do planeta, sendo explicado pelas leis da mecânica celeste e pela gravidade de acordo com o modelo heliocêntrico do Sistema Solar.

Categoria III. Planetas e Exoplanetas

Para explicar o tamanho dos planetas e do Sol, Dona Benta utiliza o termo ‘escala’ e analogias de comparação por meio de objetos comuns tidos no sítio. A seguir, um trecho nas palavras do autor sobre um desses conceitos:

– O meio de fazermos uma ideia clara do tamanho dos planetas e do Sol, continuou dona Benta, é representá-los na mesma escala. O Sol por exemplo, seria figurado por uma bola de um metro e meio de diâmetro. A 66 metros de distância, colocaríamos um grãozinho de ervilha, representando mercúrio. A 126 metros, poríamos uma jabuticaba das miúdas, representando Vênus (Lobato 1944, p. 128-129).

Diante do trecho supracitado, podemos perceber a existência de explicações e analogias relacionadas ao ensino das escalas astronômicas. Nesse sentido, cabe ressaltar que um dos entraves recorrentes no ensino de Astronomia é, justamente as dificuldades, por parte dos estudantes, de abstração e compreensão das escalas astronômicas, pois envolvem números com elevada ordem de grandeza (RIGOLON; NARDI, 2017).

Corroborando, Rosa, Giacomelli e Rosa (2016, p. 10) afirmam que a escala astronômica é um conceito tão delicado de ser abordado que, em geral, apresenta-se como uma grande dificuldade para a compreensão do nosso universo, especialmente do Sistema Solar. Nesse sentido, o presente conto pode ser uma ferramenta com grande potencial para contextualizar o conceito de escalas astronômicas, com o intuito de levar o estudante a refletir a respeito dos subsídios básicos para o desenvolvimento de atividades, sejam elas experimentais, ou não, sobre as mais diversas práticas de ensino de Astronomia. Além disso, vale ressaltar que, o presente trabalho é um recorte da pesquisa de dissertação, desta forma, devido a quantidade limitada de páginas, ressaltamos apenas alguns trechos do conto.

7 Considerações finais

Dona Benta por meio de diálogos, atividades experimentais, brincadeiras e curiosidades, consegue valorizar a participação das crianças do sítio na construção de novos conhecimentos de Astronomia. Isso porque, não foi preciso ela dizer muito, logo as crianças começaram a fazer diversos questionamentos sobre o assunto e, Dona Benta, de acordo com suas próprias vivências ao longo da vida e algumas leituras, apresenta as respostas de forma simples, direta e interativa à elas. Nesse sentido, apesar de, ter passado mais de 80 anos de publicação da obra, os “Serões de Dona Benta” continua se configurando como uma ferramenta potencial para os professores e alunos.

As categorias a priori abarcam diferentes temas da Astronomia, mas, no decorrer da análise do conto, verificamos que ele não aborda todos os conceitos existentes nas categorias, mesmo assim, o conto pode ser uma ferramenta auxiliadora no processo de ensino e aprendizagem de conceitos astronômicos, visto que, sua leitura propicia a idealização de um ambiente de discussão e reflexão a respeito dos conceitos apresentados.

A análise do conto nos permitiu observar que existem alguns fragmentos em questão que estão ultrapassados ou “errados” de acordo com conceitos astronômicos aceitos atualmente pela comunidade científica. Esses erros, podem ser justificados por estarem relacionados às mudanças que ocorreram no conhecimento científico ao longo dos anos.

A partir da perspectiva supracitada, acreditamos que a análise do presente conto contribui para a Educação em Astronomia, ao apresentar os conceitos astronômicos emergentes a partir leitura dele, que podem ser abordados no âmbito da sala de aula em uma perspectiva interdisciplinar, proporcionando relações entre as duas áreas do conhecimento, a Astronomia e a Literatura. Além disso, compreendemos que as principais contribuições deste trabalho sejam oferecer subsídios para os docentes alternarem a sua proposta curricular e, evidenciem a aproximação entre a Literatura Infantil, de Monteiro Lobato e a Astronomia.

Referências

Alvarez, R. V. (1982). *Monteiro Lobato, escritor e pedagogo*. Rio de Janeiro: Edições Antares.

Antloga, D. C., & Slongo, I. I. P. (2012). Ensino de ciências e Literatura Infantil: uma articulação possível e necessária. *Anais do Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul*, Rio Grande do Sul RS, Brasil, 9.

Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Batista, M. C. et al. (2022). Uma possibilidade interdisciplinar para o estudo da revolução científica a partir do conto as estrelas da obra viagem ao céu de Monteiro Lobato. *Revista Ilustração*, 3(3), 21–31.

Brasil. Ministério da Educação (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC), versão*. Brasília, DF. Recuperado 10 de dez. 2022, de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

Duarte, L. C. (2009). Literatura e escola em Serões de Dona Benta: entre a formação e a informação. *Anais do Congresso de Leitura do Brasil*, Campinas SP, Brasil, 17.

Duarte, L. C. (2008). Serões: verdades científicas ou comichões lobateanas? In Lajolo, M., & Ceccantini, J. L. *Monteiro Lobato livro a livro: obra infantil*. São Paulo: Ed. da Unesp: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.

Coutinho, C. P. (2014). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas*. Lisboa: Leya.

Ferreira, R. R. (2016). *Um estudo qualitativo e quantitativo da estrela HD 43587 baseado em dados da missão CoRoT e espectroscopia*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Recuperado de <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/23147>.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (6a ed.). São Paulo: Atlas.

Lima Neto, G. B. (2016). *Por que, na observação do céu a olho nu, as estrelas parecem 'piscar' e os planetas não?* Ciência Hoje – USP. Recuperado 19 ago. 2021, de <https://cienciahoje.org.br/artigo/por-que-na-observacao-do-ceu-a-olho-nu-as-estrelas- parecem-piscar-e-os-planetas-nao/>.

LOBATO, M. (1944). *Serões de Dona Benta*. (3a ed). São Paulo: Editora Brasiliense.

MÜLLER, A. M., et al. (2013). *Fundamentos de Astronomia e Astrofísica para o Ensino Superior na Modalidade a Distância*. Aula 1 - Nosso Lugar no Universo - Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Física. Recuperado 10 dez. 2022, de https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/.

Nasa. National Aeronautics and Space Administration. Recuperado 10 dez. 2022, de <https://www.nasa.gov/>.

Penteado, J. R. W. (2011). Os filhos de Lobato. In Damineli, A. et al. *O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes*. São Paulo: Odysseus Editora.

PLANAS, O. (2020). *O Sol*. Energia Solar. Recuperado 10 dez. 2022, de <https://pt.solar-energia.net/que-e-energia-solar/radiacao-solar/sol/importancia>.

OLIVEIRA, C. M. et al. (2020). Astronomia e literatura: uma revisão bibliográfica. *Arquivos do Mudi*, 24(3), 29- 40.

Oliveira, C. M., & Batista, M. C. (2021). A relação da Literatura com a Astronomia a partir da análise de uma imagem do conto “O nosso sistema solar” de Monteiro Lobato. *Research, Society and Development*, 10(16), 1 – 8.

Rembold, S. B. (2011). *Tópicos especiais em física: Astronomia – EAD*. Universidade Estadual de Santa Cruz, 3(4).

Rigolon, R. G., & Nardi, R. (2017). Estratégias didáticas e figuras de retórica utilizadas por licenciandos de Física e Biologia para o ensino de macro e micromedidas. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis SC, Brasil, 11.

Literatura e Astronomia: Uma análise descritiva do conto “O nossos Sistema Solar”
da obra Serões de Dona Benta de Monteiro Lobato

Rosa, A. B. et al. (2016). E Caminhando pelo sistema solar: análise de uma atividade lúdica para estudar escalas astronômicas. *Revista Ibero- Americana de Educação*, 72(2), 9-22.

Santos, F. R.; Piassi, L. P. C. (2010). O caso da borboleta Atíria: ensinando Ciências com literatura infanto-juvenil. *Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa PR, Brasil, 2.

Selltiz, C. et al. (1965). *Métodos de pesquisa das relações sociais*. (2a ed.). São Paulo: Herder.

Silva, A. H., & Fossá, M. I. T. (2015). Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. *Qualitas Revista Eletrônica*, 17(1), 1-14.

Silva, E. T. (1998). Ciência, leitura e escola. In Almeida, M. J. P. M., & Silva, H. C. *Linguagens, leituras e ensino de ciência*. Campinas, SP: Mercado de Letras.

Steiner, J. (2017). Por que as estrelas (não) piscam. *Jornal da USP*. Recuperado 10 dez. 2022, de <https://jornal.usp.br/atualidades/por-que-as-estrelas-nao-piscam/>.

CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM ORIENTADA POR DESIGN-BASED RESEARCH SOBRE O TEMA EXOPLANETAS

 Thiago Costa Caetano¹

 Ícaro Meidem Silva²

 Wagner José Corradi Barbosa³

 Agenor Pina da Silva⁴

 Camila Cardoso Moreira⁵

Resumo: No ano de 2007 foi criada a disciplina “Conceitos de Astronomia” no primeiro período do curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Itajubá como consequência de inúmeros trabalhos que apontam para a importância desse tema no ensino. Neste trabalho, apresentamos os aspectos da pesquisa relacionada às primeiras etapas da construção de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA) para a disciplina, que trata da formação de sistemas planetários e de algumas técnicas para a detecção de exoplanetas. A metodologia *Design-Based Research* (DBR) foi empregada para orientar a construção da sequência e, dadas a extensão da pesquisa e a profundidade das análises realizadas, optamos por dividir a apresentação dos resultados em duas partes. Neste momento, limitamo-nos às três fases iniciais da DBR, sendo que a terceira fase – compreensão do problema – é onde estão concentrados os aspectos mais relevantes da pesquisa neste momento. Os resultados apontam para dificuldades de aprendizagem ligadas à representação em escala de sistemas planetários e para fragilidades ligadas ao pensamento geométrico-espacial. A partir desses resultados, uma série de parâmetros foi obtida para subsidiar as fases posteriores da pesquisa, a saber, a concepção, implementação e avaliação da SEA. Um sistema estrela-planeta robotizado também foi desenvolvido por nossa equipe para auxiliar os estudantes na visualização do fenômeno, iniciativa esta que decorre da constatação de que os estudantes apresentam certa dificuldade relacionada ao pensamento abstrato. O projeto e os algoritmos desenvolvidos são apresentados neste trabalho e estão disponíveis gratuitamente.

Palavras-chave: Exoplanetas, Sistemas planetários, Trânsito planetário, Fotometria de trânsito.

CONSTRUCCIÓN DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE ORIENTADA POR LA METODOLOGIA DESIGN-BASED RESEARCH SOBRE EXOPLANETAS

Resumen: En 2007, se creó la disciplina “Conceptos de Astronomía” en el primer período de la carrera de Licenciatura en Física de la Universidad Federal de Itajubá como resultado de numerosos trabajos que apuntan a la importancia de esta materia en la enseñanza. En este trabajo presentamos aspectos de la investigación relacionados con las primeras etapas de la construcción de una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) para la disciplina, que trata sobre la formación de sistemas planetarios y algunas técnicas para la detección de exoplanetas. Se utilizó la

¹ Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil, tccaetano@unifei.edu.br

² Licenciando em Física pela Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil, icaro-meidem@hotmail.com

³ Laboratório Nacional de Astrofísica/MCTI, Itajubá, Brasil, wbcorradi@lna.br

⁴ Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil, agenor@unifei.edu.br

⁵ Bhadram Soluções Educacionais, Itajubá, Brasil, camila.bhadram@gmail.com

metodología Design-Based Research (DBR) para orientar la construcción de la secuencia y, dada la amplitud de la investigación y la profundidad de los análisis realizados, se optó por dividir la presentación de resultados en dos partes. En este momento, nos limitamos a las tres fases iniciales del DBR, y la tercera fase -comprensión del problema- es donde se concentran los aspectos más relevantes de la investigación en este momento. Los resultados apuntan a dificultades de aprendizaje vinculadas a la representación a escala de sistemas planetarios y debilidades vinculadas al pensamiento geométrico-espacial. A partir de estos resultados se obtuvo una serie de parámetros para subvencionar las fases posteriores de la investigación, a saber, la concepción, implementación y evaluación del SEA. Nuestro equipo también desarrolló un sistema robótico estrella-planeta para ayudar a los estudiantes a visualizar el fenómeno, una iniciativa que surge del hallazgo de que los estudiantes tienen cierta dificultad relacionada con el pensamiento abstracto. El proyecto y los algoritmos desarrollados se presentan en este trabajo y están disponibles gratuitamente.

Palabras clave: Exoplanetas, Sistemas planetarios, Tránsito planetario, Fotometría de tránsito.

DEVELOPING A TEACHING AND LEARNING SEQUENCE WITH DESIGN-BASED RESEARCH ABOUT EXOPLANETS

Abstract: In the year of 2007, the discipline entitled “Concepts of Astronomy” was created to be lectured during the freshman year of the Physics Teachers career – teachers’ practice – at the Federal University of Itajubá, as a result of the research indicating the importance of the theme. In this paper, we present the aspects of the research related to the first steps for the construction of a teaching and learning sequence (TLS) for the mentioned subject, which addresses the formation of planetary systems and exoplanets detection techniques. The Design-Based Research (DBR) methodology was employed in order to guide us through the construction of the sequence and, considering the extension of the research as well as the depth of the analysis that has been carried out, it was decided to present the results in two parts. In this paper, we are constrained to discussing the three first phases of the DBR, whereas the third phase – comprehension of the problem – is where the most relevant research aspects are concentrated. The results indicate difficulties related to scaled representations of planetary systems and fragilities associated with geometrical-spatial thinking. Based on that, a series of parameters has been obtained to sustain the following phases of the research – the conception, implementation, and evaluation of the sequence. The research team has developed a robotized Earth-Sun system to help the students to visualize the phenomenon, an initiative related to the fact that the students have shown difficulties associated with abstract thinking. The project and algorithms are presented in this paper and are available for free.

Keywords: Exoplanets, Planetary systems, Planetary transit, Transit photometry.

1 Introdução

Existe vasta literatura em que se discute a importância da Astronomia no ensino de ciências e as inúmeras contribuições que ela tem a oferecer, como é o caso dos trabalhos de Nussbaum, 1995; Tignanelli, 1998; Townsend, 1998; Leite e Hosoume, 1999; Leite, 2002; Langhi, 2004; Langhi e Nardi, 2014; e Peixoto, 2018. Segundo Langhi e Nardi (2014), entre as principais justificativas para o ensino de Astronomia encontra-se o fato de que essa ciência contribui para que sejam trabalhados conteúdos referentes à história e à filosofia da ciência no ensino, bem como o fato de que favorece abordagens com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). De acordo com os autores, a Astronomia i) promove a elaboração de atividades experimentais e a prática de observação do céu; ii) é altamente interdisciplinar e o tema é

motivador; iii) possui potencial para promover a interação com a comunidade de astrônomos profissionais e espaços não-formais de ensino; iv) é preconizada pelas diretrizes curriculares em nível nacional – a mesma tendência pode ser observada no cenário internacional – e v) é necessária, levando-se em conta a presença de erros conceituais e falhas nos livros didáticos, as concepções alternativas em professores e alunos e a baixa popularização dessa ciência – ou da ciência, de modo geral. O aspecto interdisciplinar da Astronomia é certamente uma característica que se sobressai e também é citado por Peixoto quando afirma que se “a astronomia é parte do nosso cotidiano, poderíamos utilizá-la como integradora de saberes, propiciando ao ensino de ciências momentos interdisciplinares” (2018, p. 50).

Por todas essas razões é imprescindível que esse conteúdo integre os programas de formação de professores, seja essa formação a inicial ou a continuada. Nesse contexto, no ano de 2007 foi criada a disciplina “Conceitos de Astronomia” (sigla AST001), que passou a pertencer à matriz curricular do curso presencial de licenciatura em Física da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) – MG/Brasil. Neste trabalho apresentamos os aspectos da pesquisa referentes aos primeiros passos da construção de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) que trata da formação de sistemas planetários e de técnicas de detecção de exoplanetas nessa disciplina.

Mais especificamente, a SEA deve apresentar o modelo canônico para formação de sistemas planetários utilizando nosso próprio sistema como ponto de partida para as discussões. Após tratar aspectos do processo de formação do sistema e da dinâmica planetária, a sequência deve ter prosseguimento por meio do estudo de técnicas de detecção de planetas em outros sistemas – os exoplanetas. Será dada ênfase no método da observação do trânsito e para auxiliar na superação de dificuldades que os estudantes normalmente manifestam relativamente ao pensamento geométrico-espacial necessário para a análise e compreensão do problema, utilizaremos um aparato experimental construído pela nossa equipe, o qual será apresentado em detalhes nesse trabalho. Trata-se de um sistema estrela-planeta simplificado e robotizado em que é possível alterar parâmetros como o período de translação, o raio médio da órbita, o ângulo de inclinação da órbita e a dimensão do planeta. A ideia é estimular os estudantes a construírem relações desses parâmetros com aspectos da curva de luz resultante através de uma série de demonstrações. Assim, espera-se que sejam capazes de fazer inferências coerentes e significativas quando tiverem a oportunidade de analisarem curvas de luz que tenham sido obtidas a partir de sistemas reais.

O conteúdo é relevante para os estudantes, futuros professores, pois se trata de um tema bastante atual, altamente interdisciplinar e com grande potencial para abordagens com enfoque CTS, entre outros aspectos. À guisa de ilustração, o satélite TESS (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*) monitora continuamente centenas de milhares de estrelas e já identificou milhares de planetas (Ricker et al., 2010). Esse fato tem grande potencial para instigar os estudantes, bem como o público em geral, e a explicação para isso tem relação com o fascínio que a Astronomia exerce sobre os seres humanos desde a antiguidade, falando de uma forma geral. O mistério e a exuberância inerentes à Astronomia têm grande potencial para provocarem o interesse do público, tanto quanto um dia os mares e oceanos já açularam grandes navegadores. O fato de existirem inúmeros sistemas planetários, para além de uma simples curiosidade, constitui um fato que contribui para alterar nossa percepção do Universo. O Sol não é a única estrela orbitada por planetas e a formação desses sistemas não é um evento tão raro quanto poder-se-ia imaginar. A

próxima questão, naturalmente, é se existe vida em algum desses planetas. E essa é uma questão deveras importante para ser ignorada no ensino. Os estudantes precisam estar munidos de informações, tão bem quanto possível, à fim de que possam fazer uma análise coerente da questão, argumentar de forma consistente, compreenderem e contribuir para o diálogo científico em torno desse tema.

Para a construção da SEA contamos com a metodologia denominada *Design-Based Research* (DBR) (Easterday, Lewis e Gerber, 2014; Wang e Hannafin, 2005; Minichiello e Caldwell, 2021; Ustun e Tracey, 2020) – mais detalhes sobre essa metodologia serão apresentados em seções posteriores. Neste trabalho foi adotada uma estrutura com seis fases para a DBR, que é uma variação da definição que foi apresentada por Easterday, Lewis e Gerber (2014). Por conta tanto da extensão como da profundidade das análises que foram realizadas, julgamos que seria mais apropriado repartir a apresentação do conteúdo e dos resultados da pesquisa em duas partes. Isso porque as fases mencionadas podem – e normalmente é o que ocorre – apresentar metodologias de pesquisa diversas, com enfoques específicos. Neste primeiro momento iremos discutir apenas os aspectos da pesquisa que estão ligados as três primeiras fases: i) a definição do foco, ou seja, do público para o qual a SEA está sendo desenvolvida, do conteúdo que será abordado e de que forma será a abordagem com respeito ao currículo; ii) objetivos e indicadores de aprendizagem e por fim, iii) a compreensão do problema, onde realizamos um estudo exploratório.

A última fase consiste na análise de problemas de aprendizagem acerca do tema. Embora sejam escassas as fontes que tratam especificamente do tema da SEA, foram encontrados alguns trabalhos direcionados para concepções prévias e conceitos equivocados concernentes a temas que possuem alguma interface com a SEA, além de alguns outros problemas mais abrangentes. Por exemplo, a representação em escala de sistemas planetários constitui um grande desafio e as representações pictóricas normalmente encontradas em livros didáticos contribuem para perpetuar uma ideia errônea sobre a verdadeira dimensão do sistema, dos seus objetos e das distâncias envolvidas. Esse é um problema que tem uma interface clara com o tema da SEA e portanto foi levado em consideração nas discussões na fase de compreensão do problema.

Além disso, a fase de compreensão do problema normalmente requer alguma intervenção empírica, motivo pelo qual esta fase encerra os aspectos da pesquisa tratada aqui. No caso deste trabalho, foi feita uma intervenção que consistiu em um estudo exploratório cujo objetivo foi delinear o perfil dos estudantes participando da construção da SEA – suas concepções prévias, ideias errôneas, sua experiência com observações astronômicas, etc. Utilizamos como instrumento de coleta de dados um questionário impresso contendo quatro questões abertas, o qual foi aplicado aos estudantes durante uma das aulas da disciplina. As respostas foram submetidas a uma análise textual discursiva e as principais conclusões são apresentadas. Com base nos resultados, alguns direcionamentos para a elaboração da SEA puderam ser delineados – pontos a serem enfatizados, conteúdo a ser revisado, materiais a serem utilizados, assim por diante.

Este trabalho apresenta a seguinte estrutura: primeiramente apresentamos (i) uma breve descrição da disciplina “Conceitos de Astronomia – AST001”. Trazemos um breve histórico da

disciplina e apresentamos a sua estrutura curricular de maneira simplificada, bem como certas condições de contorno para a forma como o conteúdo deve ser trabalhado com relação ao currículo. A seção que segue apresenta (ii) alguns conceitos relevantes sobre o tema da SEA – formação de sistemas planetários e técnicas de detecção de exoplanetas. É apresentado o modelo canônico para a formação do sistema solar e duas das técnicas mais empregadas na detecção de exoplanetas, com ênfase na técnica baseada em fotometria de trânsito planetário. É dado prosseguimento com o (iii) planejamento da atividade, em que apresentamos os aspectos relativos ao desenvolvimento das três primeiras fases da DBR, com relevo para o estudo exploratório realizado na terceira fase. Decorre da compreensão do problema que seria benéfico para a SEA se fosse utilizado com os estudantes algum tipo de simulador ou aparato experimental. Portanto, (iv) apresentamos os detalhes da construção de um sistema estrela-planeta robotizado que deverá ser empregado durante a implementação da SEA – abordado no próximo trabalho da série. Para finalizar (v) tecemos algumas considerações relevantes sobre o trabalho.

2 Breve apresentação da disciplina “Conceitos de Astronomia”

Como já foi mencionado, a disciplina foi criada no ano de 2007 para integrar a matriz curricular do curso de licenciatura em Física da Unifei – MG, Brasil. A decisão teve como esteio os inúmeros trabalhos que apontam para a importância de se trabalhar temas de Astronomia na formação (inicial) de professores e nas contribuições que ela tem a oferecer para a melhoria do ensino e da divulgação da ciência (Langhi e Nardi, 2014; Peixoto, 2018; Townsend, 1998; e Nussbaum, 1995). No início a disciplina possuía 32 horas-aula e sua sigla era AST926. Foi com a implementação da nova matriz curricular em 2016 que a disciplina passou a ter a sigla AST929 e uma carga horária total de 64 horas-aula, sendo que 50% dessa carga passou a ser oferecida na modalidade virtual. Naquele momento, a mudança fez parte de uma reforma curricular que ocorreu em consequência das discussões que existiram em torno da Resolução 2/2015 aprovada pelo Conselho Nacional de Educação – CNE/Brasil – em 9 de junho de 2015, a qual ampliava a carga horária dos cursos de formação inicial dos profissionais do magistério da Educação Básica (EB). A carga horária da disciplina foi ampliada novamente quando da implementação da matriz curricular de 2022, passando a ter a sigla AST001 e uma carga horária de 96 horas-aula, permanecendo um terço dessa carga horária no regime a distância.

A disciplina está inserida no primeiro período do curso e portanto foi decidido que deveria apresentar um caráter predominantemente conceitual, tendo em vista principalmente dois fatores: (i) a disciplina tem como objetivo prover um panorama da área, abordando desde astronomia antiga, modelos de mundo, evolução estelar, galáxias, até a cosmologia. Evidentemente, trata-se de uma ementa bastante densa e apenas um semestre não é tempo suficiente para que os tópicos sejam discutidos de forma minuciosa. (ii) Os estudantes encontram-se no início do curso e ainda não adquiriram familiaridade com muitas das ferramentas que seriam necessárias para que pudessem compreender o formalismo por trás de abordagens mais aprofundadas. Além disso, é preciso levar em consideração que durante o primeiro período os estudantes enfrentam uma fase de adaptação ao ensino superior, um período de transição, de forma que se deve ponderar com muito cuidado o volume de informações e de

trabalho, o nível de formalismo e de aprofundamento que serão empregados. Idealizou-se ainda que a disciplina deveria valer-se de estratégias de ensino variadas, com especial ênfase na sua componente prática. A ideia é torná-la mais atraente para os ingressantes do curso, os quais apenas recentemente deixaram a EB. Subjacente às pretensões que foram mencionadas se encontra o desejo de reduzir a taxa de evasão do curso, que é especialmente acentuada entre os primeiro e segundo anos. A disciplina recebe tipicamente trinta alunos a cada ano, mas o número pode ser ligeiramente maior por conta de alunos represados – reprovações ou abandono – e estudantes de outros cursos para os quais a disciplina tem caráter optativo.

Com respeito ao programa, a estrutura básica da disciplina compreende os seguintes pontos: (i) Astronomia antiga; (ii) uma análise dos dois principais modelos de mundo – o geocentrismo e o heliocentrismo; (iii) Astronomia de posição – a esfera celeste e o movimento diurno dos astros; (iv) sistemas de coordenadas – o sistema local de coordenadas e o sistema equatorial, eclíptica e precessão dos equinócios; (iv) medidas de tempo – a periodicidade dos fenômenos, surgimento e evolução dos calendários; (v) constelações; (vi) sistema Sol-Terra-Lua – fases da Lua, eclipses, efeito de maré, estações do ano, os paralelos principais, rotação, translação e precessão, etc. (vii) Formação de sistemas planetários – formação, características, dinâmica, leis de Kepler, técnicas para detecção de exoplanetas; (viii) formação e evolução estelar; (ix) astronomia extragaláctica e cosmologia. Evidentemente, trata-se de uma ementa bastante abrangente. Essa representa uma das principais razões pelas quais optou-se por um enfoque predominantemente conceitual, como já foi mencionado.

Em termos de equipamentos e laboratórios, existe um cenário bastante favorável para a realização de atividades práticas, para além daquelas que são sugeridas em sala de aula – normalmente atividades que recorrem à utilização de materiais acessíveis, afinal um dos objetivos do curso é instrumentalizar os futuros professores para que possam reproduzir tais atividades com estudantes da EB. A unidade acadêmica que abriga o referido curso (Instituto de Física e Química – IFQ/Unifei) possui à sua disposição um telescópio Celestron Schmidt-Cassegrain robotizado, com espelho primário de 11 polegadas. Esse instrumento é utilizado regularmente na disciplina para as oficinas de observação do céu noturno e também em sessões de observação abertas à população, para que os futuros professores possam ter contato com o público e, desse modo, adquirirem prática de ensino, melhorarem sua didática, sua oratória, desinibirem-se (quando for o caso), etc.

Existem outros dois fatores que merecem ser mencionados pela contribuição que têm oferecido ao curso. O primeiro refere-se à existência de um espaço não-formal de aprendizagem vinculado ao IFQ, denominado EspaçoInterCiências, onde existe uma sala dedicada exclusivamente à Astronomia, contendo banners, maquetes, lousa interativa, entre outros. Trata-se de uma espécie de laboratório que pode ser empregado para que os estudantes desenvolvam certas habilidades ligadas à prática em ambientes não-formais de aprendizagem e tenham contato com outros recursos didáticos e outras metodologias de ensino.

O segundo fator diz respeito à proximidade com instituições renomadas como o Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA – MCTI/Brasil) e o Observatório do Pico dos Dias (OPD/LNA), ambos localizados dentro de um raio de 40 km da universidade (LNA, 2022). O LNA é sede para um grupo de pesquisadores que tem mantido trabalhos em cooperação com a

universidade há décadas, fato este que é extremamente vantajoso para a formação dos estudantes, na medida em que têm acesso a profissionais ativos no desenvolvimento de pesquisas dentro da área e a instalações que são referência no cenário nacional, onde se desenvolve tecnologia de ponta. Os estudantes têm, portanto, a oportunidade de estarem mais próximos da produção do conhecimento científico, dos processos e dos métodos da ciência.

Formação de sistemas planetários e algumas técnicas para a detecção de exoplanetas

A formação de sistemas planetários ocorre a partir de densas nuvens de gás e poeira presentes no meio interestelar, compostas principalmente por hidrogênio, o elemento químico mais abundante no universo. Entretanto, outros elementos oriundos da nucleossíntese primordial também são encontrados em menor quantidade, como é o caso do Hélio (He) e do Lítio (Li) e de alguns isótopos, como o deutério (H_2) e o hélio-3 (He_3). É possível ainda que uma fração desses mesmos elementos tenha se originado da nucleossíntese estelar – reações nucleares no interior das estrelas. Elementos químicos mais pesados também são encontrados em quantidades ainda menores e são provenientes da nucleossíntese em estrelas de alta massa – massas superiores a $8M_{\odot}$ (lê-se oito massas solares), aproximadamente (Deeg e Belmonte, 2018; NASA Science, 2022; STSSCI, 2022).

Seja no caso de uma estrela de massa intermediária, seja no caso de uma estrela massiva, durante os estágios finais de sua evolução ocorre a ejeção de matéria para o meio interestelar. No primeiro caso, considerando estrelas com massas entre $0.1M_{\odot}$ e $8M_{\odot}$, aproximadamente, tem-se a formação de uma nebulosa planetária – uma pequena estrela com temperaturas da ordem de centenas de milhares de kelvin (nas regiões próximas à superfície da estrela) denominada estrela central da nebulosa planetária, circundada por uma nuvem de matéria em contínua expansão. Já no último caso ocorre aquilo que se conhece por supernova, evento intenso, responsável pela síntese de elementos químicos mais pesados que o ferro (Fe). Ambos os processos contribuem para o enriquecimento químico de nuvens presentes no meio interestelar (Nomoto, Kobayashi e Tominaga; 2013) e constituem a causa mais provável para o colapso dessas nuvens (Cameron e Truran, 1977).

A onda de choque produzida pelos eventos mencionados perturba o equilíbrio hidrostático das nuvens e estas podem se contrair ou não, dependendo da intensidade da perturbação. Para tanto, é necessário que a força gravitacional (auto gravidade) supere a força devida à pressão interna do gás – o critério empregado para determinar as condições em que isso ocorre é denominando critério de Jeans (Arbuzova, Dolgov e Reverberi, 2014; Whitworth, 1998; e Maciel, 2013). Uma vez que a nuvem começa a colapsar, a matéria vai aos poucos se concentrando nas regiões centrais durante o processo e sua rotação aumenta por conta da conservação do momento angular. A nuvem adquire assim um aspecto mais achatado, parecido com um disco em rotação munido de um bojo na região central – no caso do sistema solar, essa fase corresponde à formação da nebulosa solar.

Pequenos corpos são formados nas regiões externas do disco através da aglomeração de matéria, consistindo basicamente de rocha e gelo – os planetesimais. Em alguns casos, esses

objetos irão se aglutinar até que sua autogravidade se torne intensa o suficiente para conferir-lhes um aspecto esférico, originando assim planetas, os planetas-anão e as luas do sistema. Em outros casos não ocorre a formação de planetas – objetos no cinturão de asteroides são remanescentes dos estágios iniciais da formação do sistema solar, por exemplo. Na parte interna do disco, a matéria encontra-se concentrada no objeto central a essa altura, não havendo mais acreção. O objeto se contrai e se torna opaco, marcando assim o final da fase de protoestrela. Tem início a fase pré-sequência principal da estrela, em que ainda não ocorrem reações nucleares em seu interior. O objeto continua a se contrair até que a temperatura em seu núcleo atinja o limiar para que as reações nucleares ocorram, momento este em que a estrela passa a pertencer à sequência principal.

Os corpos rochosos têm mais chance de resistirem às elevadas temperaturas nas regiões mais próximas à estrela recém-nascida. Isso explica, por exemplo, as características observadas em planetas internos do nosso sistema solar – Mercúrio, Vênus, Terra e Marte; que são planetas essencialmente rochosos. Enquanto isso, materiais como gelo, gás e poeira depositam-se nas regiões mais longínquas do disco e são eventualmente capturados por planetas em processo de formação nessas regiões, dando origem assim a gigantes gasosos. Neste trabalho utilizamos o termo “modelo canônico” para nos referir a esse modelo de formação que acaba de ser descrito (Hayashi, Nakazawa e Nakagawa, 1985; Pfalzner *et al.*, 2015; Marov, 2018).

Entretanto, a observação de planetas do tipo *hot jupiters* (Júpiteres quentes) parece apontar para uma inconsistência no processo de formação segundo o modelo canônico. Estes se referem a planetas gigantes gasosos que apresentam períodos orbitais inferiores a dez dias. Ou seja, esses corpos encontram-se em órbitas muito próximas da estrela, o que é possível inferir a partir das leis de Kepler. No entanto possuem características similares a de planetas como Júpiter, algo que se contrapõe ao modelo canônico. Algumas das explicações possíveis para a ocorrência desses objetos baseiam-se nas hipóteses de que eles: (i) são formados no local em que são observados ou (ii) são objetos que formaram-se em órbitas mais distantes, onde os gigantes gasosos são tipicamente observados, mas migraram para regiões internas em consequência da interação com o material do disco protoplanetário ou da interação com outros objetos de grande massa – massas típicas de planetas gigantes gasosos, da ordem de $10^2 M_{\oplus}$ (lê-se centenas de massas da Terra).

Os *hot jupiters* são os planetas mais fáceis de serem detectados através do método da velocidade radial, pois induzem oscilações relativamente significativas nas estrelas que orbitam. Conforme mostra a

Figura 8, tanto a estrela hospedeira quanto o planeta orbitam o centro de massa do sistema, denotado na figura pela sigla CM. Supondo que o CM estivesse em repouso com relação ao observador, ora a estrela estaria se afastando, ora estaria se aproximando. Na situação mostrada em (a), a seta indica o sentido do movimento da estrela, a qual está se afastando do observador e, portanto, produz um deslocamento no espectro – deslocamento Doppler – eletromagnético em direção ao vermelho. A situação mostrada em (b) corresponde ao momento em que o exoplaneta encontra-se no ponto oposto da órbita com relação à situação anterior. Agora a estrela está se aproximando do observador e seu espectro sofre um deslocamento em direção ao azul (comprimentos de ondas menores). A análise pode ser extrapolada para os casos

em que o centro de massa se move com relação ao observador e as oscilações provocadas no espectro (contrações e dilatações dos comprimentos de onda) constituem indícios de que a estrela possui um corpo orbitando-a cuja massa é significativa, visto que é capaz de produzir oscilações mensuráveis na posição da estrela hospedeira (Lovis e Fischer, 2010). Evidentemente que esse método é ineficaz quando o plano da órbita é perpendicular ao observador, mas ainda pode ser empregado para órbitas oblíquas.

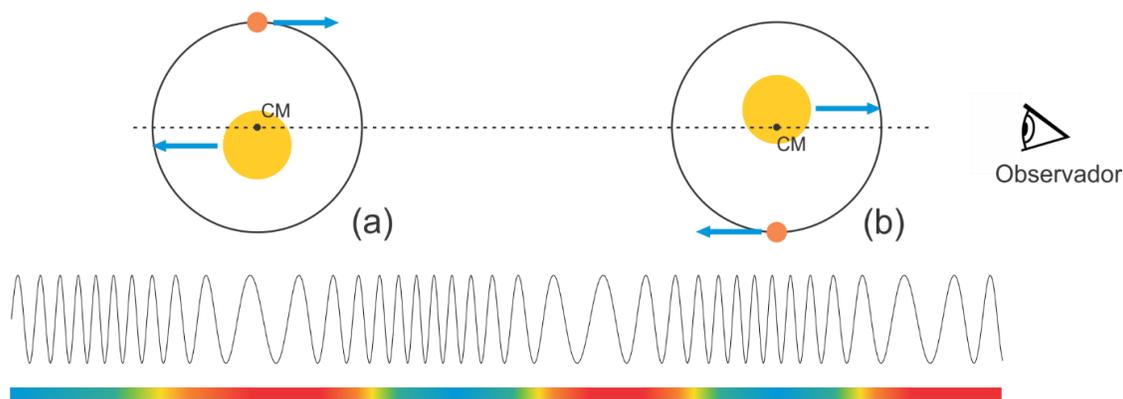


Figura 8 – Detecção de exoplanetas do tipo “hot jupiter” através do método da velocidade radial. A sigla CM significa centro de massa. As representações estão fora de escala.

Fonte – autoria própria.

Outro método bastante utilizado na detecção de exoplanetas consiste na fotometria de trânsito, que nada mais é que o monitoramento do brilho da estrela durante a passagem de um planeta. Quando um planeta passa em frente a ela, bloqueia parte da sua luz e seu brilho diminui temporariamente – enquanto durar o trânsito, ou a passagem do planeta por frente da estrela. Essa é a situação ilustrada pelo item (b) da

Figura 9 e caracteriza um eclipse primário, momento em que o brilho total do sistema atinge o seu ponto mínimo. Para as posições mostradas em (a) e (c), o planeta não bloqueia a luz emitida pela estrela, mas sim, reflete parte dessa luz, fazendo com que o brilho total do sistema seja ligeiramente maior que o brilho da estrela. É possível perceber que, na medida em que o planeta se desloca em sua órbita, indo do ponto (c) até o ponto (d), a quantidade de luz refletida aumenta, segundo a fase exibida pelo planeta. A quantidade de luz refletida continua a aumentar quando o planeta segue do ponto (d) para o ponto (e) e o brilho total do sistema atinge seu ponto máximo na iminência do eclipse secundário – momento em que o planeta inicia a passagem por trás da estrela. No ponto (f) o planeta não pode ser visto e, portanto, resulta que a brilho total do sistema equivale ao brilho da estrela apenas. O plano verde mostrado no diagrama da Figura 9 indica o nível equivalente ao brilho apenas da estrela.

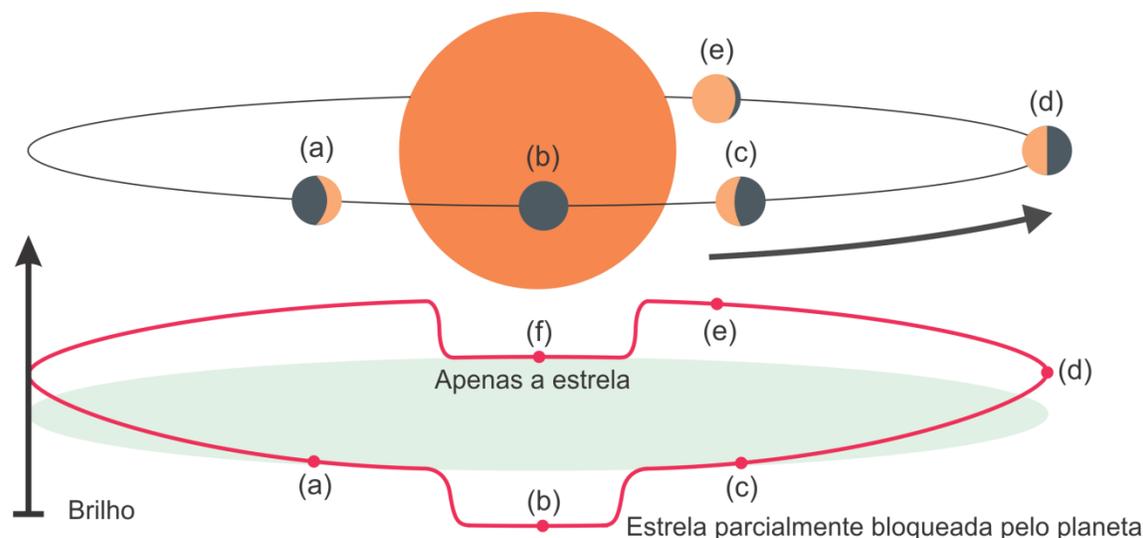


Figura 9 – Representação do trânsito de um exoplaneta e do comportamento do brilho da estrela em função da posição do planeta na órbita.

Fonte – autoria própria.

Portanto, o monitoramento do brilho de uma estrela orbitada por um exoplaneta permite construir uma curva de luz, que é uma relação do fluxo luminoso da estrela em função do tempo. A curva deve exibir quedas regulares no fluxo, com intensidades distintas dependendo se corresponde a um eclipse primário ou a um secundário. A periodicidade com que essas quedas ocorrem fornece o período orbital do planeta e, portanto, o raio médio de sua órbita – a partir das leis de Kepler. O raio do planeta também pode ser inferido a partir desse método inspecionando-se os detalhes da curva de luz nas regiões onde ocorre a diminuição do fluxo. A queda é mais ou menos acentuada dependendo do raio do planeta e do período orbital. Sugere-se a leitura dos trabalhos de Deeg e Alonso (2018), e Gazak et al. (2012), para mais informações sobre a técnica de detecção de exoplanetas através de fotometria de trânsito. Esse é o método enfatizado na SEA apresentada nesse trabalho. As seguintes referências também são recomendadas: GPET Física Unicentro (2022), e Métodos de detecção de exoplanetas, 2022.

Planejamento da atividade

Adotamos a *Design-Based Research* (DBR) para auxiliar-nos na construção da SEA. Vários pesquisadores têm utilizado a DBR nos últimos anos e, apesar de ainda persistirem algumas incertezas sobre a metodologia, sobre a sua validade e sua eficácia, parece haver um consenso sobre o seu potencial em fornecer soluções efetivas dentro do contexto educacional (WANG e HANNAFIN, 2005; EASTERDAY, LEWIS e GERBER, 2014). Entre seus aspectos mais relevantes está o fato de que essa metodologia permite que o desenvolvimento da solução ocorra ao mesmo tempo em que a compreensão teórica do problema progride. Deve-se destacar também o fato de que as soluções, fruto deste processo, são contextualizadas em sua gênese, em

contraste com proposições teóricas que frequentemente ocorrem dissociadas da complexidade inerente ao ambiente educacional para somente posteriormente serem ajustadas, isso quando possível.

Dentre as incertezas relativas à DBR, uma delas está relacionada à falta de uma definição clara das suas fases. Easterday, Lewis e Gerber (2014) sugerem que sejam seguidas seis fases de forma iterativa: A) foco ou delineamento do problema a ser abordado; B) compreensão do problema; C) definição dos objetivos e indicadores; D) concepção das ações para solução do problema e todos os materiais necessários; E) implementação da ação concebida e F) avaliação da aprendizagem e da qualidade e eficácia da solução. Essa foi a estrutura adotada por Caetano (2022) para a construção de uma SEA relacionada ao estudo de estrelas variáveis, por exemplo, na qual também ocorre a utilização de um experimento. A princípio, esse mesmo modelo poderia ser adotado neste trabalho. Contudo, ao ponderar um pouco mais sobre a análise apresentada pelo autor, percebe-se uma alternativa intrigante e que se propõe que seja explorada neste trabalho, a saber, uma inversão entre as fases B e C.

Essa alternativa parte do pressuposto que é possível ter um olhar mais apurado sobre as questões que têm relação com problemas de aprendizagem concernentes ao tema se os objetivos de aprendizagem e seus indicadores estiverem previamente estabelecidos. Dessa forma, as posições que essas duas fases em especial ocupam adquirem uma fundamentação mais robusta, respaldada nos aspectos metodológicos da pesquisa. Como consequência, o caráter sequencial dessas fases torna-se mais nítido. Vejamos. Inicialmente é preciso definir o que será abordado, de que maneira será a abordagem com relação ao currículo e qual é o público-alvo. Isso é conteúdo da fase A, onde define-se o foco ou delineamento do problema a ser tratado. A segunda fase, ou fase B, segundo a estrutura alternativa que foi mencionada, é onde são elencados os objetivos de aprendizagem e indicadores que serão empregados para aferir a eficácia do processo. A terceira fase, fase C, consiste em compreender quais são os problemas de aprendizagem relacionados ao tema, à maneira usual como o tema tem sido ensinado e características do público-alvo que podem influenciar nos resultados. Porque foi rearranjada e passou a ocupar a terceira posição na sequência, essa fase deve levar em consideração também os objetivos de aprendizagem listados na fase anterior. Isso é útil para estabelecer certas condições de contorno à análise do problema, evitando que ela se torne desnecessariamente extensa e aprofundada, provendo assim certos parâmetros que possibilitam fazer um recorte adequado das questões a serem tratadas.

As fases subsequentes ocorrem de acordo com o modelo inicialmente sugerido por Easterday, Lewis e Gerber (*Op. cit.*). A fase D dedica-se à concepção da solução, isto é, ao primeiro esboço das ações que serão realizadas e é o momento em que são produzidos todos os materiais que serão empregados no processo – elaboração ou seleção dos materiais. Trata-se de materiais didáticos, de apoio ao docente, parâmetros para nortear o processo avaliativo, entre outros. A fase seguinte, fase E, é onde essas ações são implementadas efetivamente. Nesse momento todos os elementos da fase anterior sofrem uma espécie de contextualização na medida em que interagem com aspectos mais práticos, operacionais e sociais do problema. É nessa fase em que muitos dos problemas de aprendizagem tornam-se mais claros para os pesquisadores ou até mesmo novos problemas são revelados. Daí a razão pela qual se pode afirmar que a metodologia permite que avancemos com a compreensão do problema ao passo em que se

constrói a solução do mesmo. Dado o caráter recursivo e dinâmico da DBR, retoma-se a fase C munido dessas novas informações, de forma que a solução, no caso a SEA, entra em processo de refinamento. Ou seja, ocorre na DBR aquilo a que Caetano (2022) se referiu como retroalimentação.

A última fase, a fase E, é onde ocorre a avaliação. Esta compreende uma análise da qualidade da solução, ou seja, da SEA. Aqui são tratados aspectos como clareza nas atividades a serem realizadas pelos estudantes, dimensionamento do tempo dedicado a cada uma e dificuldades relacionadas à reescrita da sequência com conteúdo novo e aprimorado. Além disso, a avaliação leva em conta, naturalmente, aspectos relacionados à aprendizagem, que abrange a compreensão dos conceitos e o desenvolvimento de certas habilidades ligadas à metodologia científica necessária para a compreensão desses conceitos.

Foco ou delineamento da SEA

Nessa fase são definidos o conteúdo que será trabalhado, o público-alvo da SEA e a forma com que o conteúdo deve ser abordado em relação ao currículo e à estrutura da disciplina.

Com relação ao primeiro ponto, o conteúdo refere-se à formação de sistemas planetários e a algumas das técnicas para a detecção de exoplanetas – uma breve apresentação de conceitos relevantes sobre o assunto foi feita em seções anteriores. Embora existam diversos métodos para a detecção, apenas duas das técnicas mais empregadas serão tratadas, com particular ênfase para o método baseado em fotometria do trânsito planetário. O principal fator levado em consideração para seleção dos métodos a serem abordados tem relação com o perfil dos estudantes no ano inicial do curso de licenciatura em Física – público-alvo. Mas também leva em consideração as possíveis conexões desse tópico em específico com o restante do conteúdo programático da disciplina.

Os estudantes nessa fase do curso estão passando por um período de transição, de adaptação ao ensino superior e ainda não tiveram a chance de adquirirem familiaridade suficiente com ferramentas matemáticas, ou mesmo com conceitos básicos de Física. Deve-se assumir, deste modo, que os estudantes possuem perfis não muito distantes daqueles que são observados em estudantes nos anos finais da EB. Por essa razão a abordagem deve ser predominantemente conceitual, em consonância com os princípios que nortearam a criação da disciplina e a construção de sua ementa. A utilização de atividades práticas também tem sido preconizada pelo Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso há algum tempo, de forma que foi construído para a SEA um aparato experimental robotizado para simular a dinâmica de um sistema estrela-planeta e permitir que os estudantes desenvolvam uma percepção mais ampla e mais aprofundada sobre a técnica por fotometria de trânsito. O recurso também contribui para que se contorne uma vulnerabilidade recorrentemente observada em estudantes nessa fase do curso – a perceptível dificuldade que possuem relativamente à capacidade de abstração, à concepção e manipulação de imagens mentais para objetos tridimensionais.

Objetivos e indicadores de aprendizagem

Após realizarem as atividades que fazem parte da sequência, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- a) Descreverem os modelos mais aceitos para a formação de sistemas de planetários
- b) Construírem uma tabela com informações sobre os corpos do sistema solar contendo: tamanho e distância ao Sol – valores reais e em escala – e período de translação;
- c) Construírem uma maquete simplificada com o Sol e alguns planetas do sistema solar;
- d) Analisarem a relação entre o raio da órbita e o período de translação de um planeta;
- e) Fazerem inferências quanto às distâncias e tamanhos em outros sistemas planetários;
- f) Reconhecerem as idealizações/simplificações existentes no experimento utilizado;
- g) Identificarem e descreverem as limitações dos métodos de detecção de exoplanetas estudados;
- h) Definirem fluxo e luminosidade para uma estrela;
- i) Compreenderem que a luminosidade é uma característica intrínseca do objeto enquanto o fluxo depende da distância entre o objeto e o observador;
- j) Relacionarem aspectos das curvas de luz com a dinâmica planetária e com aspectos estruturais do sistema.

Para que seja possível determinar se os objetivos elencados foram atingidos, definiu-se os indicadores de aprendizagem elencados na

Tabela 5, os quais podem estar relacionados, em maior ou menor grau, a mais de um objetivo de aprendizagem.

Tabela 5 – Indicadores de aprendizagem e objetivos aos quais estão associados.

Fonte – autoria própria.

Indicadores	Objetivos
i. Descrevem ao menos um modelo de formação de sistemas planetários fazendo uso de representações pictóricas.	
ii. Apontam o elemento químico mais abundante na formação desses sistemas.	
iii. Relacionam as características dos planetas com o modelo de formação.	a, b, c
iv. Calculam corretamente as dimensões e distâncias dos corpos do sistema solar dada uma escala.	
v. Representam o sistema solar em escala.	
vi. Fazem inferências sobre as dimensões e distâncias em outros sistemas planetários.	
vii. Enunciam as leis de Kepler.	
viii. Utilizam as leis de Kepler para o cálculo da distância a partir do período ou vice-versa.	d, e, b, c
ix. Compreendem que o período de translação fornecido pela lei harmônica independe da massa do planeta.	
x. Indicam ao menos uma simplificação adotada no experimento.	f, g, c

-
- xi. **Explicam porque as leis de Kepler não se aplicam ao experimento.**
xii. **Associam o experimento a um simulador de eclipses.**
xiii. **Avaliam corretamente a escala adotada no experimento – se fidedigna ou não.**
xiv. **Associam corretamente os parâmetros do experimento às características correspondentes em um sistema planetário.**
-
- xv. **Definem os conceitos de fluxo e luminosidade e explicam a diferença entre eles.**
xvi. **Explicam certas características das curvas de luz a partir dos parâmetros do experimento – frequência angular de translação, distância entre a fonte e o objeto, ângulo de inclinação do plano orbital e a dimensão do planeta.**
- h, i, j, k
-

Compreensão do problema

Um dos problemas mais recorrentes quando se trata do ensino de Astronomia tem relação com a **escala empregada nas ilustrações** (Langhi e Nardi, 2017; Trevisan, Lattari e Canalle, 1997; e Canalle, Trevisan e Lattari, 1997). Um ótimo exemplo é o caso do próprio sistema solar. Representá-lo de forma fidedigna, obedecendo tanto à escala de tamanho dos planetas como também à escala de distância entre eles e o Sol, é algo virtualmente impossível de ser feito em um livro. Como alternativa para mitigar o problema, alguns autores apontam para o uso de tabelas com dados numéricos, segundo relatado por Menezes et al. (2018). A questão é que esse amontoado de números não surte o efeito desejado nos estudantes (Canalle e Oliveira, 1994). Essa alternativa parece não evocar a visualização do concreto, o sentimento de que o sistema solar é, na verdade, um grande vazio em que os planetas representam minúsculos grãos orbitando uma pequena estrela a enormes distâncias. Mesmo após trabalharem exaustivamente com dados numéricos de tabelas, estudantes ainda demonstram grande surpresa ao se depararem com uma representação em escala do sistema solar.

Há algumas iniciativas interessantes nesse sentido e que têm grande potencial para demonstrar de forma mais precisa a verdadeira dimensão do sistema solar e seus constituintes. Citamos, a título de exemplo, as exposições permanentes – maquetes – disponíveis no Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos – SP, e no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), em Rio de Janeiro – RJ. Uma exposição dessa mesma natureza foi feita também na cidade de Itajubá – MG, no ano de 2010, como uma iniciativa do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA-MCTI/Brasil) – ver EPTV Sul de Minas, 2010. Nesse último caso, entretanto, tratou-se de uma mostra temporária. Em todos os exemplos mencionados, a mesma escala foi empregada tanto para a confecção dos planetas e do Sol quanto para o cálculo das distâncias das órbitas. Para que se tenha uma ideia do resultado, com o Sol medindo um metro e meio em diâmetro, o planeta Netuno foi colocado à 5 km de distância e era um corpo com cerca de 30 milímetros em diâmetro apenas.

Uma vez que nossa atividade é construída em torno de um experimento que simula o movimento planetário, o problema da representação em escala é um assunto pertinente e tem repercussão na forma como os estudantes constroem os conceitos ligados ao tema. Esse fator torna-se particularmente preocupante se considerarmos o fato de que a forma como os corpos

estão representados no experimento não obedece a uma escala nem de tamanho, nem de distância. Além disso, a frequência angular associada à translação do planeta pode ser controlada pelo utilizador, permitindo assim que ele obtenha curvas de luz para trânsitos planetários com velocidades diversas. No entanto, a variação do período de translação não é acompanhada por uma variação do raio da órbita, o que representa uma violação dos princípios físicos relativos à mecânica do sistema – a lei harmônica não se aplica nesse caso.

Esses fatores nos levam à conclusão de que seria profícuo caso fosse reservado um tempo nas fases iniciais da SEA para o estudo – ou a revisão – desses conteúdos, enfatizando principalmente aqueles aspectos do experimento que procedem de idealizações ou de simplificações. Uma proposta interessante nesse sentido consiste em pedir que os estudantes construam uma maquete do sistema solar respeitando a escala de tamanho e de distâncias, à exemplo daquelas que foram mencionadas, ainda que se trate apenas de uma versão simplificada. Isso já seria bastante esclarecedor para eles e contribuiria para que se apropriassem de um modelo mais fidedigno de um sistema planetário.

É importante certificar-se de que os estudantes compreendem as relações de tamanhos e de distâncias em um sistema planetário antes que tenham contato com o aparato. Dessa forma, quando finalmente utilizarem o experimento, espera-se que sejam capazes de reconhecer as idealizações/simplificações que tiveram que ser empregadas para que sua construção fosse possível. Naquilo que diz respeito à dinâmica, esse seria um ponto nevrálgico e poderia comprometer os objetivos de aprendizagem, fosse essa uma atividade relacionada ao estudo das leis de Kepler ou de dinâmica planetária. Mas como o foco está voltado para o estudo de técnicas de detecção de exoplanetas, esse aspecto, assim como outras idealizações, deixam de possuir um caráter determinante. É recomendado, entretanto, que essas ideias sejam sondadas previamente para averiguar se os estudantes têm domínio desses conceitos, se apresentam conceitos equivocados a esse respeito e quais são as ideias prévias que possuem. É de suma importância inteirar-se do perfil dos estudantes e aproveitar o ensejo para promover situações que permitam cotejar fragilidades em suas concepções, as quais podem vir a constituir obstáculos capazes de impedir que os objetivos de aprendizagem sejam alcançados, caso perdurem.

As informações sobre o perfil dos estudantes e as situações didáticas mencionadas são vantajosas para que eles possam ser preparados antes que tenham contato com os conceitos que serão trabalhados por meio da SEA. Como menciona Andrade:

“(...) dessa forma, o professor estará proporcionando aos alunos a aquisição do que Ausubel chama de ‘subsunçores’ melhor estruturados e que conduzem o aluno a uma aprendizagem do conteúdo abordado que, também na teoria de Ausubel, é denominada de Aprendizagem Significativa.” (2012, p.23)

Para obtenção das referidas informações foi feito um estudo exploratório que consistiu em um questionário impresso com questões abertas. Segundo Gillham (2008), um questionário dessa natureza está mais próximo daquilo a que se refere como um instrumento estruturado para a obtenção de dados (ver Tabela 1.1, *Ibid.* p.3) e por isso uma característica inerente a eles refere-se ao fato de que as respostas apresentam sempre algum grau de superficialidade, especialmente se não forem bem planejadas. Por essa razão é importante que se reflita sobre as

questões que devem ser feitas, para garantir que os dados obtidos tenham relevância e qualidade. Segundo o autor ainda, questionários são instrumentos vantajosos no contexto da pesquisa apresentada nesse trabalho, são mais cômodos para os respondentes, seja porque podem fornecer as respostas no momento que julgarem mais conveniente ou porque o seu anonimato é preservado – de forma geral, os respondentes sentem-se menos expostos quando submetidos a um questionário do que quando participam de uma entrevista, por exemplo.

No caso desta pesquisa foi decidido que o questionário seria aplicado durante uma das aulas da disciplina. Ao utilizarmos o horário da própria aula poupamos os participantes da necessidade de reservarem um horário adicional para isso. Além disso, mesmo nesse formato o questionário continua sendo um instrumento no qual os participantes sofrem pouca exposição, pois têm tempo para ponderar suas respostas e não correm o risco de sentirem-se intimidados, constrangidos ou pressionados de qualquer maneira pela interação direta com o pesquisador. Do ponto de vista da pesquisa, a escolha é vantajosa pois propicia a adesão de um número maior de estudantes, haja vista que nesses moldes o pesquisador vale-se da oportunidade de falar pessoalmente com o grupo para expor os objetivos da sua pesquisa de maneira mais eloquente. Percebe-se que a apresentação feita dessa forma tem maior poder de persuasão que quando é feita de forma textual, por exemplo.

Todos os presentes receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e aqueles que concordaram em participar declararam sua anuência na folha de questões. O termo contém os elementos usuais: apresentação e objetivos da pesquisa e descreve de que forma pretende-se fazer a coleta de dados. Também traz informações sobre eventuais riscos e que medidas que são adotadas no intuito de minimizá-los. A disciplina possui 21 alunos matriculados dos quais 15 são assíduos – aproximadamente 71% do total de estudantes matriculados. Destes, onze decidiram participar do estudo exploratório – em torno de 73% dos estudantes assíduos e 52% do total de estudantes matriculados.

O questionário é composto por quatro perguntas do tipo aberta que buscam investigar: i) a forma como os estudantes concebem o processo de formação de um sistema planetário; ii) a sua compreensão sobre a dinâmica dos planetas nesses sistemas e iii) o que conhecem sobre técnicas de detecção de exoplanetas. A Tabela 6 contém os resultados da análise das respostas – uma análise textual discursiva (Medeiros e Amorim, 2017; e Moraes e Galiuzzi, 2006). É apresentado um sumário referente a cada item abordado pelas questões e possíveis implicações que representam para a construção da SEA.

Tabela 6 – Resultado da análise das respostas fornecidas ao questionário na fase de estudo exploratório e possíveis direcionamentos para a construção da SEA.

Fonte – autoria própria.

	Resultados	Implicações/direcionamentos
Formação de sistemas planetários	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aproximadamente 45% associam a formação de um sistema planetário à contração de uma nuvem “cósmica” e a um evento explosivo, mas falham em descrever o processo. ✓ 9% afirmam que os planetas passaram a orbitar uma estrela já existente. ✓ Cerca de 18% descrevem o sistema solar – objetos que o compõe. ✓ Em torno de 9% de casos omissos. ✓ 18% forneceram meras especulações – se... então... por outro lado. ✓ Não relacionam o modelo de formação com as características dos objetos. ✓ Não utilizam representações pictóricas. ✓ Não mencionam a composição da nuvem primordial nem fornecem explicações para a causa da sua contração. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar a nuvem primordial – composição química e dinâmica. ✓ Utilizar imagens obtidas por satélites – exercitar a localização no céu na medida do possível e distâncias. ✓ Definir equilíbrio hidrostático e o critério de Jeans. ✓ Dar exemplos de fenômenos que podem levar ao colapso da nuvem. ✓ Descrever a fase do colapso, formação da protoestrela e de planetesimais; ✓ A fase pré-sequência principal e o disco protoplanetário; ✓ Início das reações nucleares – sequência principal. ✓ Relacionar as características dos planetas com a distância à estrela – rochosos e gasosos; ✓ Mercúrio, um planeta sem atmosfera. ✓ Sumário – representação das fases através de imagens e breve descrição. ✓ Proposta de exercício – ordene as figuras para que correspondam as fases de formação do sistema planetário.
Dinâmica planetária	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 9% citam as leis de Kepler e responde corretamente. ✓ Em torno de 36% relacionam o período com a massa do planeta* ou com à distância percorrida na órbita*. ✓ 9% fazem suposições incoerentes sobre a velocidade do planeta. ✓ Aproximadamente 45% falham em fornecer qualquer explicação. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dedução das leis de Kepler. ✓ Demonstrar que o período é independente da massa do planeta. ✓ Análise da segunda lei – relação com o analema. ✓ Análise da terceira lei – quais parâmetros são relevantes. ✓ Conduzir um estudo com objetos do sistema solar – sistema modelo. ✓ Obter a velocidade a partir das leis de Kepler. ✓ Demonstrar o cálculo de distâncias a partir do período e vice-versa. ✓ Exoplanetas e leis de Kepler. ✓ Um planeta pode migrar para órbitas internas? O que poderia causar isso?

Detecção de exoplanetas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cerca de 27% sugerem estudar o “comportamento” da estrela – a presença de um planeta afeta suas propriedades físicas. ✓ 9% afirmam que é impossível. ✓ Em torno de 27% apontam algum tipo de instrumento, sem nenhuma referência à técnica. ✓ Cerca de 36% alegam ser necessário enviar equipamentos para estudar o sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analisar os argumentos daqueles que afirmam que a detecção não é possível, procurando por fragilidades no modelo e promovendo situações para a mudança do perfil conceitual. ✓ Analisar aspectos operacionais, dificuldades técnicas, físicas e orçamentárias relativas ao envio de equipamentos para estudar exoplanetas. ✓ Apresentar instrumentos – estrutura e funcionamento. ✓ Tópico para discussão – que informações podem ser obtidas pelos instrumentos? Por que não podemos obter uma imagem que mostra a presença de um exoplanetas? ✓ Os efeitos provocados pelos exoplanetas nas características física da estrela – detecção pelo método da velocidade radial e pelo trânsito planetário. ✓ O trânsito do planeta Mercúrio – condições para que a variação do brilho da estrela seja detectável. ✓ Estudo das características da curva de luz em função dos parâmetros do experimento – distância entre estrela e planeta, período de translação e ângulo de inclinação do plano da órbita.
-------------------------	---	---

* – indica elemento particularmente relevante no contexto da SEA.

Os dados empíricos revelaram outro elemento que pode interferir negativamente na aprendizagem concernente ao tema da SEA, especialmente naquilo com respeito à dinâmica e à técnica de detecção de exoplanetas através da observação do trânsito. Os dados sugerem que os estudantes fazem uma associação incoerente entre a massa do planeta e o seu período de translação, pois afirmam de forma indiscriminada que planetas com maior massa possuem maior período de translação. Isso é corroborado pelas falas que ocorreram durante a segunda aula.

É provável que a gênese dessa concepção esteja ligada a um conhecimento generalista que se desenvolve a partir de compreensões limitadas dos modelos cinemáticos da mecânica e da segunda lei de Newton – o princípio fundamental da dinâmica; reforçado pela falta de familiaridade com dinâmica de rotação. As respostas fornecidas pelos estudantes estão aportadas em um modelo segundo o qual planetas com maior massa devem deslocar-se mais lentamente e quanto maior o raio médio da órbita, maior a distância que o planeta deve percorrer. Portanto maior será o tempo necessário para completar uma volta. Aspectos como energia e momento angular são negligenciados nesse modelo.

A questão referente à massa dos planetas pode ser mais facilmente cotejada propondo-se que os estudantes analisem dados do próprio sistema solar. Isso pode ser feito com base em uma tabela simples, como a

Tabela 7 (essa mesma tabela será útil para a reprodução do sistema solar em escala). Com essas informações e desconsiderando-se as excentricidades das órbitas por um momento, é possível obter a circunferência de cada uma delas e a velocidade escalar de cada planeta, bastando dividir a circunferência pelo período orbital. Ao fazer isso, constata-se que Júpiter, o planeta mais massivo, não é aquele que possui a menor velocidade – a velocidade desse planeta é de aproximadamente 13 km/s. Urano, que possui uma massa dezenas de vezes menor, por

exemplo, tem uma velocidade escalar inferior a 7 km/s. Esse tipo de análise comparativa deve ser explorada com a finalidade de que os estudantes promovam certos aprimoramentos em seus modelos, os quais podem vir acompanhados de mudanças conceituais importantes.

Tabela 7 – Dados para os planetas do Sistema Solar.

Fonte – Wikipédia.

Planeta	Massa (M_{\oplus})	Período orbital (dias)	Distância ao Sol (10^6 km)	Raio (km)
Mercúrio	0.06	88	57.9	2440
Vênus	0.82	225	108.2	6052
Terra	1.00	365	149.6	6371
Marte	0.11	687	227.9	3390
Júpiter	317.80	4383	778.5	69911
Saturno	95.16	10592	1434.0	58232
Urano	14.54	30681	2871.0	25362
Netuno	17.15	60266	4495.0	24622

$$M_{\oplus} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Com respeito à relação entre a circunferência da órbita e o período, sugere-se demonstrar que não existe uma relação linear entre o raio médio da órbita e o período orbital, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 10. Partindo-se do pressuposto de que os estudantes fazem uma associação estanque entre o tempo e a distância percorrida pelo objeto, o gráfico da figura deve ser o bastante para dissuadi-los. A ideia é colocar em xeque algumas de suas convicções e levá-los a aprimorarem suas explicações para o fenômeno. Algumas questões podem contribuir para acelerar o processo e direcionar o foco das discussões nesse momento, como a seguinte pergunta, por exemplo: um planeta que se move em uma órbita cujo raio é o dobro do raio da órbita de outro planeta, leva o dobro do tempo para completar uma volta em sua órbita? Através do gráfico eles poderão perceber que uma circunferência duas vezes maior não implica no dobro de tempo para percorrê-la, além do fato de que a massa do planeta não tem influência no comportamento do gráfico, aparentemente.

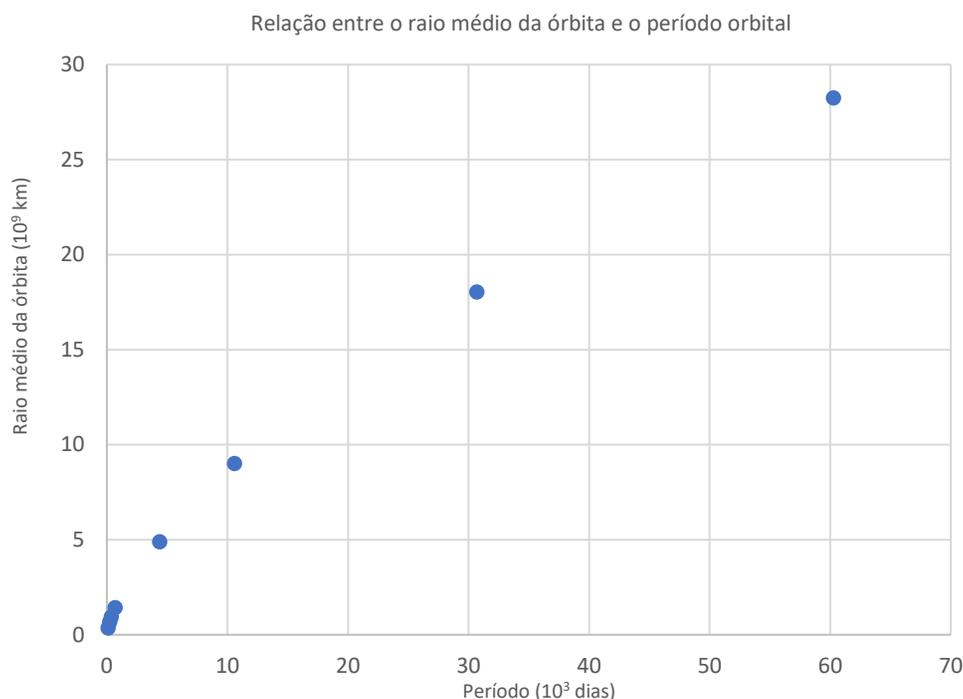


Figura 10 – Gráfico da relação entre o raio médio da órbita e o período orbital para os planetas do sistema solar.

Fonte – autoria própria.

Outro fator que merece ser levado em consideração, que também é pertinente à construção da compreensão de problemas e dificuldades de aprendizagem em torno do tema da SEA, refere-se à dificuldade que os estudantes normalmente manifestam concernente ao **pensamento geométrico-espacial** e à sua capacidade de **pensamento abstrato**. Ao longo dos anos em que a disciplina tem sido oferecida, essa dificuldade pôde ser constatada em temas que têm relação com as fases da Lua e com eclipses, por exemplo. Com esse respeito, sugerimos a leitura de trabalhos como os de Saraiva, Silveira e Steffani (2011) e de Iachel, Langhi e Scalvi (2008).

Evidências dessa fragilidade também puderam ser notadas em diversos outros tópicos no decorrer da disciplina, como é o caso dos sistemas de coordenadas empregados em Astronomia, especialmente o sistema equatorial; do conceito de eclíptica, da precessão dos equinócios, da definição/significado dos paralelos principais e da localização a partir da observação do céu noturno – isso requer certas habilidades relacionadas ao pensamento geométrico-espacial para que o observador seja capaz de realizar mentalmente uma operação de mudança de referencial em uma superfície esférica. É razoável supor, portanto, que os estudantes sentir-se-iam igualmente desafiados ao tentarem evocar em suas mentes a visualização de um sistema planetário, da inclinação dos planos das órbitas de exoplanetas, dos parâmetros geométricos para a ocorrência de eclipses, de eclipses secundários, entre outros aspectos.

Essa visualização é fundamental para que os estudantes possam compreender que a detecção de exoplanetas por meio da técnica de observação direta do trânsito depende da inclinação do plano da órbita e de que forma isso está relacionado com certos aspectos da curva de luz. Justifica-se dessa forma a utilização de recursos visuais, simuladores, aparatos experimentais que possam auxiliar os estudantes na construção inicial de uma imagem mental, de um objeto imaginário que possa ser livremente manipulado e que sirva de esteio para análises e inferências que extrapolem àquelas com base no objeto real. Nesse sentido, nesse trabalho propomos a utilização de um sistema estrela-planeta robotizado, construído pela nossa equipe para aplicação nessa SEA.

5 Descrição sucinta do aparato experimental

O aparato consiste em um braço mecânico atarraxado a um cilindro² que pode girar livremente em torno de seu eixo longitudinal. O cilindro é oco e transpassado por uma haste fixa que sustenta uma lâmpada no centro do sistema, acima do plano varrido pelo braço mecânico – a lâmpada representa a estrela. Os fios elétricos conectados à lâmpada passam por dentro da haste, indo até a parte inferior da base do simulador, onde estão acomodados todos os elementos eletrônicos. A Figura 11 mostra uma imagem real do aparato contendo indicações de diversos elementos. O braço mecânico está representado pela letra I, o cilindro oco está representado pela letra B e a lâmpada, pela letra A.

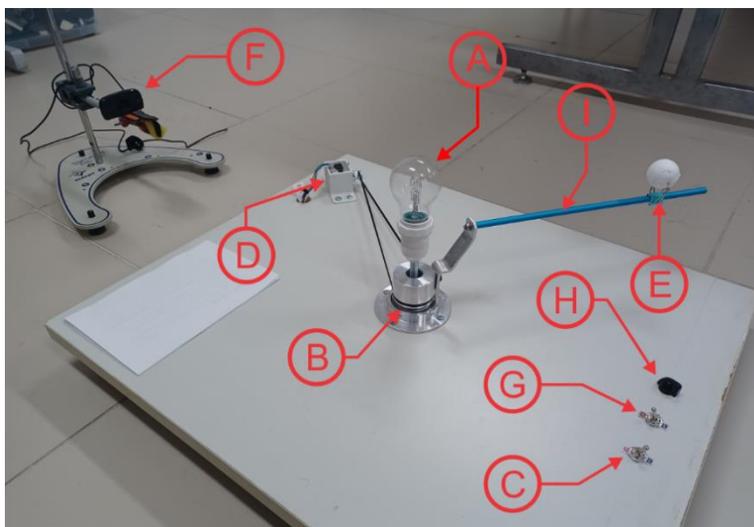


Figura 11 – Imagem do sistema estrela-planeta robotizado que foi construído para a SEA.

Fonte – autoria própria.

² Na realidade, quando utilizamos o termo cilindro estamos nos referindo a um conjunto cilindro-rolamento-mancal usinado em alumínio e cujo projeto pode ser obtido em https://labremoto.unifei.edu.br/materials/exoplanets/exoplanets_cylinder.zip.

O motor de passo (D) controla a posição angular do cilindro (B) por meio de uma correia e a frequência angular é controlada por meio de um sinal analógico provido pelo potenciômetro (H). Um objeto esférico leve (E) – bolas de isopor de tamanhos variados – é atido ao braço mecânico com auxílio de um clipe, destes vendidos em papelarias. Portanto é possível alterar a distância entre o objeto e a fonte luminosa, bem como a dimensão do seu diâmetro. Isso é útil para que se possa examinar a relação de certos aspectos da curva de luz com parâmetros estruturais do sistema. Alterando-se a frequência angular do movimento é possível estudar também a relação entre o período orbital, os parâmetros de trânsito – tempo de entrada, duração e tempo de saída – e características da curva. O ângulo de inclinação do plano da órbita também pode ser alterado simplesmente erguendo-se um dos lados da base do aparato com auxílio de um apoio qualquer.

A chave (G) liga e desliga a lâmpada do experimento e (C) é a chave geral – desliga toda a alimentação do sistema, motor de passo, lâmpada, etc. A câmera (F) é utilizada para monitorar o brilho da lâmpada durante o movimento do “planeta” e deve ser conectada a um computador, o qual executa um código escrito em *python*, responsável por realizar a fotometria do trânsito³. O código realiza uma sucessão de fotografias de uma região específica do quadro (ou *frame*), a qual é definida pelo usuário, por um período de tempo também definido pelo usuário. Em seguida o programa calcula a média do fluxo em cada uma dessas fotografias e fornece um gráfico do fluxo normalizado em função do tempo. É possível identificar os instantes em que ocorrem as passagens do planeta em frente à fonte luminosa através das quedas observadas no fluxo. Dependendo de fatores como o diâmetro do planeta, a sua distância à fonte, o período orbital do movimento, o ângulo de inclinação da órbita com relação à câmera e o albedo do planeta, o gráfico exibirá diferentes características. Um dos objetivos da SEA é que os estudantes sejam capazes de identificarem e descreverem corretamente essas relações. Conforme o objetivo (j), espera-se que eles “relacionem aspectos das curvas de luz com a dinâmica planetária e com aspectos estruturais”.

O projeto eletrônico do aparato é bastante simples, conforme mostra a Figura 12. O circuito é alimentado pela tensão da rede doméstica – essa tensão pode ser 127 V ou 220 V, dependendo da região do Brasil. No sul do estado de Minas Gerais, onde o aparato foi desenvolvido e será utilizado, ambas as tensões estão disponíveis, sendo que a mais comum delas é a de 127 volts.

³ O código está disponível em https://labremoto.unifei.edu.br/materials/exoplanets/programa_exoplanets.zip.

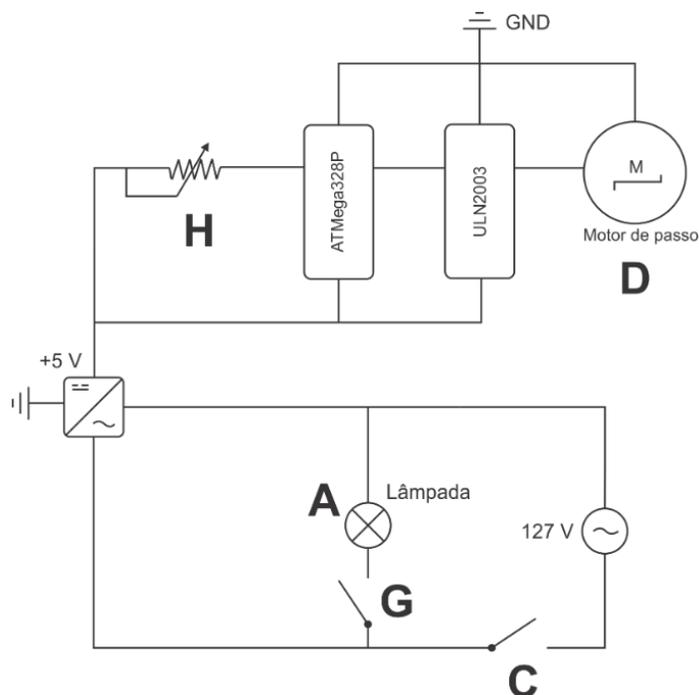


Figura 12 – Representação esquemática do circuito do sistema estrela-planeta mostrado na Figura 11. As letras correspondem aos elementos indicados naquela figura.

Fonte – autoria própria.

O elemento (C) mostrado na figura corresponde à chave geral do circuito, a mesma mostrada na Figura 11 – as mesmas letras foram empregadas para identificar elementos correspondentes entre ambas as figuras. Esse componente interrompe a alimentação da lâmpada (A) e do conversor AC-DC, o qual fornece uma tensão de +5 V para o restante do circuito. O potenciômetro (H) permite que regulemos o sinal analógico lido pelo microcontrolador ATmega328P e o código em execução nesse componente utiliza a intensidade desse sinal para controlar a velocidade do motor de passo (D) – a velocidade é proporcional a intensidade do sinal do potenciômetro. O ULN2003 é um circuito integrado constituído de uma matriz de transistores e é largamente empregado em circuitos controladores de motores de passo, ou drivers, como são mais comumente conhecidos.

6 Considerações finais

Neste trabalho buscamos apresentar os aspectos referentes aos primeiros passos da pesquisa conduzida com vistas a construção de uma SEA em Astronomia, desenvolvida para estudantes ingressantes de um curso de formação inicial de professores em uma universidade pública brasileira – curso de licenciatura em Física presencial da Unifei – MG/Brasil. Mais especificamente, a sequência está relacionada à formação de sistemas planetários e também a algumas das técnicas empregadas para a detecção de exoplanetas. O tópico pertence à ementa da disciplina AST001 – Conceitos de Astronomia – e tem sido oferecido regularmente para os

estudantes há vários anos. Trata-se de um tema atual com relação ao qual inúmeras descobertas têm ocorrido em um ritmo acelerado, que conduz a questões científicas importantes, muitas delas ligadas a problemas em aberto. O ensino do tema, portanto, é uma forma de prover estudantes com informações para que possam participar mais efetivamente de discussões que envolvem essas questões.

A metodologia DBR foi empregada para nos auxiliar na construção e a estrutura adotada é uma variação das fases que foram propostas por (Easterday, Lewis e Gerber, 2014). Dada a profundidade e a extensão das análises que foram conduzidas, optamos por repartir a apresentação do conteúdo da pesquisa e dos resultados em duas partes. Neste momento, limitamo-nos a apresentar informações que fundamentam o trabalho, como é o caso da estrutura da disciplina AST001 e das bases teóricas concernentes ao tópico tratado pela SEA, além das três primeiras fases da DBR e seus respectivos resultados.

Em particular, merece relevo a terceira fase, em que se concentra a pesquisa relatada neste trabalho. Essa é uma das fases mais importantes para a concepção da SEA, visto que é quando se constrói a compreensão dos problemas a serem cotejados, no caso, problemas de aprendizagem que têm relação com o tema da SEA. Tipicamente é feita uma breve revisão dos trabalhos que possam ter informações úteis na construção de estratégias de enfrentamento dos problemas de aprendizagem. Entretanto, foi constatado que são escassas as fontes que tratam o tema em questão. Por essa razão, expandimos nossa busca e recorremos a trabalhos com discussões que apresentam alguma interface com o tema. Nesse sentido foram encontrados relatos sobre dificuldades ligadas à representação em escala de sistemas planetários e ao pensamento geométrico-espacial dos estudantes.

Também é muito comum que seja feita alguma intervenção empírica durante a fase de compreensão do problema. Por essa razão, foi conduzido um estudo exploratório que contou com um questionário impresso contendo questões abertas como instrumento de coleta de dados. As respostas foram então submetidas à análise textual discursiva, o que permitiu a construção da Tabela 6. Nela constam os principais resultados da análise e também possíveis implicações que esses resultados podem ter relativamente à construção da SEA. Um ponto particularmente interessante revelado por essa análise refere-se ao fato de que os estudantes fazem uma associação incoerente entre a massa do planeta e o seu período orbital.

Diversos direcionamentos resultaram da pesquisa conduzida durante a fase de compreensão do problema. Um deles aponta para a necessidade de que se utilize algum recurso visual, um experimento ou simulador durante as aulas dedicadas à fotometria de trânsito – técnica de detecção de exoplanetas. Dessa forma, nossa equipe construiu um sistema estrela-planeta simplificado e robotizado com a possibilidade de coleta de dados por uma câmera – que representa o detector utilizado com os telescópios. Também foi desenvolvido um algoritmo para tratamento desses dados. O programa cria os gráficos com o fluxo normalizado da fonte luminosa em função do tempo e possibilita que os estudantes relacionem aspectos do gráfico com o que está acontecendo no aparato. Neste trabalho foi feita uma breve descrição da montagem e da parte eletrônica desse objeto.

A partir dos resultados apresentados neste trabalho e dos recursos que foram produzidos consonante às demandas de aprendizagem que puderam ser identificadas, dar-se-á continuidade à

pesquisa por meio da concepção e implementação da SEA, além da sua avaliação. Essa última etapa implicará a análise tanto da qualidade como dos resultados em termos de aprendizagem. No que diz respeito à qualidade da SEA, serão observados aspectos como a adequabilidade do tempo para cada atividade, seu nível de dificuldade e sua estrutura – particularmente, se a estrutura possibilita que outros pesquisadores realizem modificações na SEA, aproveitando assim os resultados dessa pesquisa e contribuindo para o avanço do conhecimento do problema tratado. Com respeito à aprendizagem, os objetivos e indicadores definidos neste trabalho servirão como parâmetros norteadores durante essa fase da DBR. Os resultados serão apresentados na segunda parte deste trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem:

1. as agências FAPEMIG e CNPq pelo auxílio financeiro que tornou possível a aquisição de alguns dos equipamentos e insumos utilizados na produção dos materiais relatados neste trabalho – projeto FAPEMIG APQ-01764-21 e projeto CNPq 408828/2021-8;
2. à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo no âmbito do Programa de Educação Tutorial – PET Licenciaturas, Unifei/Brasil.
3. a Janderson M. Oliveira, aluno do programa de mestrado em Física da Unifei, por seu programa de aquisição de dados em *python*, o qual constituiu o ponto de partida para a construção do algoritmo empregado em nosso sistema estrela-planeta robotizado.

Referências

- Andrade, M. H. de. Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o ensino de Física no ensino médio. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 2012.
- Arbuzova, E. V., Dolgov, A. D., & Reverberi, L. (2014). Jeans instability in classical and modified gravity. *Physics Letters B*, 739, 279-284.
- Caetano, T. C. (2022) O experimento “Curva de Luz” do Laboratório Remoto de Física: uma proposta de sequência de ensino e aprendizagem orientada por Design-Based Research, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*.
- Cameron, A., & Truran, J. (1977). The supernova trigger for formation of the solar system. *Icarus*, 30(3), 447-461.
- Canalle, J. B. G., & de Oliveira, I. A. G. (1994). Demonstre em aula-Comparação entre os tamanhos dos Planetas e do Sol. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 11(2), 141-144.
- Canalle, J. B. G., Trevisan, R. H., & Lattari, C. J. B. (1997). Análise do conteúdo de astronomis de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(3), 254-263.
- Deeg, H. J., & Alonso, R. (2018). Transit photometry as an exoplanet discovery method. arXiv preprint arXiv:1803.07867.

- Deeg, H. J., & Belmonte, J. A. (Eds.). (2018). Handbook of exoplanets (p. 117). Cham: Springer.
- Easterday, M. W., Lewis, D. R., & Gerber, E. M. (2014) Design-based research process: Problems, phases, and applications. Boulder, CO: International Society of the Learning Sciences.
- EPTV Sul de Minas (2010) *Sistema Solar é exposto com réplicas em ruas e praças de Itajubá*, 2010. Disponível em <http://glo.bo/19sdVmZ>. Acessado em 7 de maio de 2022.
- Gazak, J. Z., Johnson, J. A., Tonry, J., Dragomir, D., Eastman, J., Mann, A. W., & Agol, E. (2012). Transit analysis package: an IDL graphical user interface for exoplanet transit photometry. *Advances in Astronomy*.
- Gillham, B. (2008) *Developing a questionnaire*. A&C Black: Bloomsbury Publishing Plc., New York.
- GPET Física Unicentro (2022), A detecção de exoplanetas, disponível em <https://www3.unicentro.br/petfisica/2015/08/14/a-deteccao-de-exoplanetas/#:~:text=Um%20exoplaneta%20pode%20ser%20detectado,luz%20emitida%20por%20sua%20estrela>. Acessado em 16 de junho de 2022.
- Hayashi, C., Nakazawa, K., & Nakagawa, Y. (1985). Formation of the solar system. *Protostars and planets II*, 1100-1153.
- Iachel, G., Langhi, R., & Scalvi, R. M. F. (2008). Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (5), 25-37.
- Langhi, R. (2004) Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental. 2004. 240 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru.
- Langhi, R., & Nardi, R. (2017) Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111.
- Langhi, R., Nardi, R. (2014) Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(3), 041-059.
- Leite, C. (2002) Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. Dissertação (Mestrado em Educação), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP.
- Leite, C.; Hosoume, Y. (1999) Astronomia nos livros didáticos de ciências da 1a. à 4a. séries do ensino fundamental. In: Simpósio Nacional De Ensino De Física, 13, São Paulo, 1999. Atas [...]. Caderno de resumos e programação... São Paulo: SBF.
- LNA - Laboratório Nacional de Astrofísica (2022) Disponível em: <https://www.gov.br/lna/pt-br>. Acessado em 24 de junho de 2022.

- Lovis, C., & Fischer, D. (2010). Radial velocity techniques for exoplanets. *Exoplanets*, 27-53.
- Maciel, W. J. (2013). *Astrophysics of the interstellar medium* (Vol. 1). New York: Springer.
- Marov, M. (2018). The formation and evolution of the Solar System. In *Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science*.
- Medeiros, E. A. de, & Amorim, G. C. C. (2017). Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. *Laplage em revista*, 3(3), 247-260.
- Menezes, I., Bitencourt, R., Forma, M., & Werlang, R. B. (2018). Sistema Solar Em Escala No Forte Dom Pedro II: Experiência No Componente Tópicos De Astronomia E Cosmologia. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 10(1).
- Métodos de detecção de exoplanetas. (2022, August 23). In Wikipedia. https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todos_de_detec%C3%A7%C3%A3o_de_exoplanetas. Acessado em 9 de março de 2023.
- Minichiello, A., & Caldwell, L. (2021). A narrative review of design-based research in engineering education: Opportunities and challenges. *Studies in Engineering Education*, 1(2).
- Moraes, R., Galiazzi, M. D. C. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação* (Bauru), 12, 117-128.
- NASA Science – Solar System Exploration (2022) *Our Solar System*. Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/in-depth/>. Acessado em 24 de junho de 2022.
- Nomoto, K. I., Kobayashi, C., & Tominaga, N. (2013). Nucleosynthesis in stars and the chemical enrichment of galaxies. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 51, 457-509.
- Nussbaum, J. Astronomy teaching: challenges and problems, IVth International Conference on Teaching Astronomy, Barcelona (1990). *Investigación didáctica en Astronomía: una selección bibliográfica*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.13, n.3, p.387-389, 1995.
- Peixoto, D. E. (2018) *Astronomia como disciplina integradora para o Ensino de Ciências* Tese, Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Pfalzner, S., Davies, M. B., Gounelle, M., Johansen, A., Munker, C., Lacerda, P., ... & Veras, D. (2015). The formation of the solar system. *Physica Scripta*, 90(6), 068001.
- Ricker, G. R., Latham, D. W., Vanderspek, R. K., Ennico, K. A., Bakos, G., Brown, T. M., ... & Worden, S. P. (2010, January). Transiting exoplanet survey satellite (tess). In *American Astronomical Society Meeting Abstracts# 215* (Vol. 215, pp. 450-06).

Saraiva, M. D. F. O., da Silveira, F. L., & Steffani, M. H. (2011). Concepções de estudantes universitários sobre as fases da Lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (11), 63-80.

STSSCI – Space Telescope Science Institute (2022) Planetary System Formation and Evolution. Disponível em: <https://www.stsci.edu/stsci-research/exoplanet-and-planetary-science/planetary-system-formation-and-evolution>. Acessado em 24 de junho de 2022.

Tignanelli, H. L. (1998) Sobre o ensino da astronomia no ensino fundamental. In: WEISSMANN, H. (org.). *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: Artmed.

Townsend, G. (1998) Using telescopic observations in undergraduate astronomy courses. *The Physics Teacher*, v. 36, p. 304-305.

Trevisan, R. H., Lattari, C. J. B., & Canalle, J. B. G. (1997). Assessoria na avaliação do conteúdo de astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(1), 7-16.

Ustun, A. B., & Tracey, M. W. (2020). An effective way of designing blended learning: A three phase design-based research approach. *Education and Information Technologies*, 25(3), 1529-1552.

Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005) Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4), 5-23.

Whitworth, A. P. (1998). The Jeans instability in smoothed particle hydrodynamics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 296(2), 442-444.