



PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROMOVER A COMPREENSÃO CONCEITUAL CIENTÍFICA DA ASTRONOMIA

Caroline Reis Bueno¹
Alcides Goya²

RESUMO: Este artigo descreve uma pesquisa envolvendo o desenvolvimento de uma Sequência Didática (SD) inspirada em um dos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, denominado Compreensão Básica dos Termos (Sasseron & Carvalho, 2011). Essa sequência foi criada para estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, com o objetivo de aprimorar a Compreensão Conceitual Científica na área de Astronomia. A SD foi baseada em seis temas, organizados segundo a Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Os materiais foram selecionados a partir de pesquisas realizadas em artigos, sites e vídeos, produzidos e ministrados por profissionais da área. Após a aplicação da SD, a pesquisa qualitativa foi realizada a partir das respostas de dez estudantes a um questionário com 24 questões, subdivididas nos seis temas. O mesmo questionário foi aplicado antes e depois da SD. As respostas transcritas foram fragmentadas e categorizadas em cinco níveis de Compreensão Conceitual Científica, inspirados no trabalho de Adadan et al. (2010). A partir dos níveis definidos, foi realizada uma análise quantitativa. Os dados mostraram que os dez estudantes obtiveram um avanço em todos os temas após a SD. Porém, o tema 4, as distâncias do sistema solar, foi o que apresentou o menor desempenho. Isso ocorreu devido à dificuldade dos estudantes de lidar com números muito grandes, que precisaram ser representados em notação científica com potências de dez. Esses resultados dão indícios de que a SD, como proposta neste trabalho, pode ser um recurso valioso para professores que queiram promover uma Compreensão Conceitual Científica adequada sobre Astronomia para os estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Astronomia; Sequência Didática; Compreensão Científica.

¹ Escola Estadual Francisco Inácio de Oliveira, Tomazina-Pr, Brasil. E-mail: caroltmz@hotmail.com

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina- Pr, Brasil E-mail: goya@utfpr.edu.br

PROPUESTA DE SECUENCIA DIDÁCTICA PARA PROMOVER LA COMPRENSIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL DE LA ASTRONOMÍA

RESUMEN: Este artículo describe una investigación que involucró el desarrollo de una Secuencia Didáctica (DS) inspirada en uno de los Ejes Estructurantes de la Alfabetización Científica, denominado Comprensión Básica de Términos (Sasseron & Carvalho, 2011). Esta secuencia fue creada para estudiantes del 9º año de Educación Primaria, con el objetivo de mejorar la Comprensión Científica Conceptual en el área de Astronomía. La DS se basó en seis temas, organizados según la Base Curricular Nacional Común (BNCC). Los materiales fueron seleccionados con base en investigaciones realizadas en artículos, sitios web y videos, producidos e impartidos por profesionales del área. Luego de aplicar DS, se realizó una investigación cualitativa a partir de las respuestas de diez estudiantes a un cuestionario con 24 preguntas, subdivididas en seis temas. Se aplicó el mismo cuestionario antes y después de la DS. Las respuestas transcritas se fragmentaron y categorizaron en cinco niveles de comprensión conceptual científica, inspirados en el trabajo de Adadan et al. (2010). A partir de los niveles definidos se realizó un análisis cuantitativo. Los datos mostraron que los diez estudiantes progresaron en todos los temas después de DS. Sin embargo, el tema 4, distancias al sistema solar, fue el que presentó menor rendimiento. Esto se debió a la dificultad de los estudiantes para manejar números muy grandes, que debían representarse en notación científica con potencias de diez. Estos resultados proporcionan evidencia de que la DS, tal como se propone en este trabajo, puede ser un recurso valioso para los docentes que quieran promover una adecuada comprensión científica conceptual de la astronomía en los estudiantes de 9º año de Educación Primaria.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de Astronomía; Secuencia Didáctica; Comprensión científica.

PROPOSAL FOR A DIDACTIC SEQUENCE TO PROMOTE THE SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF ASTRONOMY

ABSTRACT: This article describes research that involved the development of a Didactic Sequence (SD) inspired by one of the Structuring Axes of Scientific Literacy, called Basic Understanding of Terms (Sasseron & Carvalho, 2011). This sequence was created for students in the 9th year of Elementary School, with the aim of improving Scientific Conceptual Understanding in the area of Astronomy. DS was based on six themes, organized according to the Common National Curricular Base (BNCC). The materials were selected based on research carried out in articles, websites and videos, produced and taught by professionals in the field. After applying DS, qualitative research was carried out based on the responses of ten

students to a questionnaire with 24 questions, subdivided into six themes. The same questionnaire was applied before and after DS. The transcribed responses were fragmented and categorized into five levels of Scientific Conceptual Understanding, inspired by the work of Adadan et al. (2010). Based on the defined levels, a quantitative analysis was carried out. The data showed that the ten students made progress in all topics after DS. However, theme 4, distances from the solar system, was the one that presented the lowest performance. This was due to the students' difficulty in dealing with very large numbers, which needed to be represented in scientific notation with powers of ten. These results provide evidence that DS, as proposed in this work, can be a valuable resource for teachers who want to promote an adequate Scientific Conceptual Understanding of Astronomy for students in the 9th year of Elementary School.

KEYWORDS: Teaching Astronomy; Didactic Sequence; Scientific Understanding.

1. INTRODUÇÃO

A Astronomia passou a ser um dos eixos temáticos propostos para todos os níveis da Educação Básica (Brasil, 2018). Alguns pesquisadores apontam que, para abordar esse tema de forma adequada, é preciso que haja mudanças no currículo de formação de professores (Carvalho & Ramos, 2020), na qualidade dos livros didáticos e na prática pedagógica dos professores em sala de aula (Batista & Nascimento, 2018). Outros evidenciam que os professores se sentem inseguros e que os livros didáticos são insuficientes, podendo apresentar imagens e conceitos errados (Langhi & Nardi, 2005; Langhi & Nardi, 2007; Langhi et al. 2018; Sobreira & Ribeiro, 2023).

Diante desse cenário, este trabalho buscou desenvolver um material didático pedagógico que favorecesse uma compreensão científica adequada sobre Astronomia para os estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. A partir dos seis temas da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), elaborou-se uma Sequência Didática (SD) que visou desenvolver a “compreensão básica de termos”, conhecido como primeiro Eixo Estruturante da Alfabetização Científica (Sasseron & Carvalho, 2011; Sasseron, 2015), e seguir os “três momentos pedagógicos (3MP)” (Delizoicov et al. 2011).

Após a aplicação da SD, a pesquisa qualitativa foi realizada a partir das respostas de dez estudantes a um questionário com 24 questões, subdivididas nos seis temas da BNCC. O mesmo questionário foi aplicado antes e depois da SD. As respostas foram submetidas à “análise de conteúdo” (Bardin, 2011). Realizou-se a inferência a partir de categorias a priori que pudessem descrever

o conhecimento científico em harmonia com as categorias publicadas por outros pesquisadores (Adadan et al. 2010; Camargo Filho, 2014; Figueiredo, 2016).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os principais referenciais teóricos que embasaram a elaboração da Sequência Didática e o desenvolvimento da pesquisa. A seção está dividida em duas partes: na primeira, aborda-se a prática investigativa, a alfabetização científica e os três momentos pedagógicos; na segunda, destacam-se as categorias da compreensão científica dos estudantes utilizadas na análise de dados.

2.1 A prática investigativa, a alfabetização científica e os três momentos pedagógicos

Baseados em John Dewey, considerado o precursor do ensino por investigação (Barrow, 2006), muitos educadores defendem que a prática investigativa é fundamental na educação científica, que a experiência e a aprendizagem são inseparáveis e o professor deve propor desafios, instigar o aprendiz e orientar o processo de ensino (Zômpero & Laburú, 2011). Para Carvalho (2013), o professor deve criar um ambiente investigativo nas salas de aula de ciências, possibilitando que os estudantes ampliem a cultura científica e se apropriem da linguagem argumentativa das ciências. Nessa abordagem investigativa, o professor deve usar metodologias baseadas na problematização de questões motivadoras e desafiantes, proporcionar um momento de reflexão, discussão, explicação, relato, bem como momentos de práticas com ferramentas relacionadas ao assunto abordado (Carvalho, 2018).

Diante das diferentes teorias sobre as habilidades necessárias à aprendizagem do conhecimento científico, Sasseron e Carvalho (2011) as agrupam em três blocos, chamando-os de Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica: “compreensão básica dos termos”, “compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática” e o “entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente”. Para organizar o ensino de modo a considerar os três eixos, Sasseron e Carvalho (2011) sugerem o desenvolvimento de atividades investigativas, com base em problemas a serem resolvidos e organizados como Sequências de Ensino

Investigativas (SEI). Uma SEI é um conjunto de atividades sequenciadas envolvendo problemas a serem resolvidos, estruturadas a partir de um tema, com atividades de sistematização de conhecimentos e contextualizadas a partir do conhecimento do estudante (Carvalho, 2018). Uma SEI deve apresentar relações entre os aspectos da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como entre os aspectos do fazer e pensar científico (Carvalho, 2013).

Num contexto mais abrangente, seguindo a perspectiva freireana, educadores alinhados com a perspectiva crítico-social dos conteúdos, fizeram um trabalho amplo e profundo envolvendo milhares de estudantes da América Latina (Delizoicov, 2008). No que se refere ao presente trabalho é significativo destacar o que ficou conhecido como os “três momentos pedagógicos (3MP)”: “problematização inicial”, “organização do conhecimento” e “aplicação do conhecimento”. No primeiro momento, “problematização inicial”, apresentam-se situações reais que os estudantes conhecem e presenciam nas quais podem ser introduzidos os conhecimentos científicos que serão abordados. O papel do professor dirige-se mais a fomentar a discussão das respostas dos estudantes do que dar explicações, pois o ponto culminante é ajudá-los a adquirir novos conhecimentos. No segundo momento, “organização do conhecimento”, os estudantes, sob a orientação do professor, estudam e procuram alcançar os conhecimentos específicos sobre as situações que estão sendo problematizadas. E finalmente, no terceiro momento, “aplicação do conhecimento”, tem como meta capacitar o estudante para empregar os conhecimentos com o suporte dado pela Ciência (Delizoicov et al. 2011; Muenchen & Delizoicov, 2014).

Inspirados nesses três referenciais acima resumidos, a primeira parte do presente trabalho propõe um ensino de Astronomia por meio de uma Sequência Didática (SD), também pelo fato da SD condizer com o caráter investigativo de ensino. Essa SD procurou balizar-se principalmente num dos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica (Sasseron & Carvalho, 2011) e nos “três momentos pedagógicos (3MP)” (Delizoicov, 2008, p. 55, Silva et al. 2021).

2.2 A Compreensão Conceitual Científica e as suas Categorias

As pesquisas mostram que os estudantes chegam à sala de aula com uma base prévia de concepção conceitual arraigada e que a resistência às mudanças é uma das principais causas de dificuldades na aquisição do conhecimento

científico (Arruda & Villani, 1994). Nessa perspectiva, os estudantes constroem teorias específicas a partir de suas experiências cotidianas ou por meio de instrução para explicar um fenômeno particular. Essas teorias específicas são muitas vezes limitadas por algumas pressuposições arraigadas dentro da teoria da estrutura que geralmente impedem a construção de uma compreensão científica (Posner et al. 1982; Vosniadou, 1994). Nesse contexto, acredita-se que o problema central da educação científica seja justamente o de promover uma mudança conceitual no estudante, ou seja, de conseguir desenvolver condições para que ele possa abandonar suas concepções, ou pelo menos limite o seu uso e adote como instrumento de interpretação do mundo as concepções aceitas pela comunidade científica.

Um estudo fundamentado na teoria da mudança conceitual, denominado "natureza particulada da matéria" (PNM - "Particulate Nature of Matter"), acabou por tornar viável e melhor esclarecer o processo de aprendizagem das concepções aceitas pela comunidade científica. Ao estabelecer critérios para analisar as respostas dos estudantes que apresentaram conhecimento científico sobre "a natureza e propriedade da matéria" e concentrar-se no percurso conceitual de cada aprendiz, o PNM abriu uma nova forma no processo de categorização (Adadan, et al. 2009; Adadan et al. 2010). Essas categorias de compreensão conceitual sobre "a natureza e propriedade da matéria" foram consideradas em um "continuum" desde os Fragmentos Alternativos até a Compreensão Científica. Cada categoria ficou composta por um subconjunto de entendimentos classificados como científicos ou alternativos. A categoria de Compreensão Científica incluiu todos os critérios de Compreensão Conceitual Científica. Na seguinte escala inferior, a categoria Fragmentos Científicos incluiu critérios de Compreensão Conceitual Científica, mas nem todos, sem incluir Fragmentos Alternativos. A categoria de Compreensão Científica com Fragmentos Alternativos incluiu critérios de Compreensão Conceitual Científica, com critérios alternativos. A categoria Alternativa com Fragmentos Científicos incluiu critérios alternativos com pelo menos dois critérios de Compreensão Conceitual Científica. E, por último, a categoria Fragmentos Alternativos incluiu um subconjunto de critérios alternativos em conflito com o de Compreensão Conceitual Científica. Num trabalho posterior, Camargo Filho (2014) atribuiu para cada categoria um valor numérico, abrindo a possibilidade para uma análise quantitativa.

O Quadro 1 mostra as 5 categorias de Compreensão Conceitual Científica sobre a natureza e propriedade da matéria, com os respectivos critérios adaptados de

Adadan et al. (2010, p. 1012) e os valores numéricos (N) atribuídos por Camargo Filho (2014, p. 62). Esses valores variam de "0", para o nível mínimo de Fragmentos Alternativos, a "4", para o nível máximo de Conhecimento Científico.

CATEGORIAS	N	CRITÉRIOS
Compreensão Científica	4	Inclui todos os critérios de Compreensão Conceitual Científica.
Fragmentos Científicos	3	Inclui critérios de Compreensão Conceitual Científica, mas nem todos.
Científica com Fragmentos Alternativos	2	Inclui critérios de Compreensão Conceitual Científica com critérios alternativos.
Alternativa com Fragmentos Científicos	1	Inclui critérios alternativos com pelo menos dois critérios de Compreensão Conceitual Científica.
Fragmentos Alternativos	0	Inclui um subconjunto de critérios alternativos que estão em conflito com o de Compreensão Conceitual Científica.

Quadro 1: Categorias e Critérios de Compreensão Conceitual Científica. Fonte: adaptado de Adadan (2010, p. 1012) e Camargo Filho (2014, p. 62).

Providas dessas categorias *a priori* em relação à compreensão conceitual dos estudantes, a segunda parte do presente trabalho analisou as respostas de dez estudantes a um questionário com temas fundamentais de Astronomia (Apêndice A). As respostas foram coletadas antes e após a aplicação da Sequência Didática (SD).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção são apresentados o processo pelo qual foi elaborada e aplicada a Sequência Didática (SD), bem como foi desenvolvida a metodologia de pesquisa, especialmente a terceira etapa da "análise de conteúdo" denominada "tratamento dos resultados" (Bardin, 2011). Em função da pandemia Covid-19,

os estudantes do 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública no interior do Paraná passaram um ano (2020) e sete meses (2021) sem aulas presenciais. Após esse período pandêmico, a SD foi aplicada na modalidade presencial, no segundo semestre de 2021.

3.1 Desenvolvimento e Aplicação da Sequência Didática

A Sequência Didática (SD), como comentado anteriormente, foi inspirada nos três eixos estruturantes da alfabetização científica (Sasseron & Carvalho, 2011) e nos três momentos pedagógicos (3MP) (Delizoicov et al. 2011). A seleção dos conteúdos ficou apoiada na Base Nacional Comum Curricular de Ciências (BNCC), na qual a Astronomia se apresenta como um dos eixos temáticos a serem trabalhados em todos os anos da Educação Básica (Brasil, 2018). Os conteúdos que pautaram a construção da SD foram resultados de pesquisas envolvendo publicações científicas, livros didáticos disponíveis nas escolas, fotografias recentes de estações espaciais e satélites, bem como vídeos pertinentes aos conteúdos abordados nos temas fundamentais da Astronomia.

As atividades foram realizadas durante seis semanas, um tema por semana, conforme mostrado no Quadro 2. Em cada semana, a professora de ciências dispunha de três aulas, totalizando dezoito aulas.

Semanas	Temas
1	1. A Terra é redonda
2	2. A influência do Sol no clima na Terra
3	3. Dinâmica climática na Terra
4	4. As distâncias do Sistema Solar
5	5. As estrelas e a nossa galáxia
6	6. A evolução do universo

Quadro 2- Temas desenvolvidos na SD durante 6 semanas. Fonte: os autores.

Tendo em vista a pesquisa, foi elaborado um questionário com 24 perguntas (apêndice A). Ele foi dividido conforme os seis temas principais (Quadro 2), aproximadamente quatro perguntas por tópico. Essas questões também foram

elaboradas a partir das pesquisas realizadas em artigos científicos, material didático disponibilizado pela escola, análise de vídeos do Youtube, conforme mostrado no apêndice B. O mesmo questionário foi aplicado antes e depois da SD.

É preciso ressaltar ainda que essa SD, pelo fato de ser inspirada nas atividades investigativas e nos três momentos pedagógicos, tal como pode ser encontrada no repositório da Instituição (Bueno, 2022a), procurou incentivar os estudantes a lerem e a pesquisarem várias fontes de informações adequadas sobre cada tema desenvolvido.

3.2 *Metodologia de Pesquisa*

As respostas às perguntas do questionário aplicado foram submetidas à uma técnica metodológica para examinar e interpretar conteúdos de comunicação de maneira sistemática e objetiva denominada Análise de Conteúdo (Bardin, 2011). As duas primeiras etapas desta metodologia, “pré-análise” e a “exploração do material”, foram realizadas de maneira simples, pois o que cada estudante escreveu foi transcrito e fragmentado de maneira mais natural possível, respeitando a ordem das perguntas. Os textos fragmentados resultaram em 24 unidades por estudante, tanto para as respostas coletadas antes da aplicação da SD, denominadas Ua1, Ua2, Ua3, ..., Ua24, como para as respostas coletadas depois da aplicação da SD, denominadas Ud1, Ud2, Ud3, ..., Ud24. Entretanto, a terceira etapa “tratamento dos resultados” resultou num trabalho mais laborioso, especialmente no processo de categorização e na análise de dados.

Conforme Bardin (2011, p. 44), “a intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção, inferência esta que recorre a indicadores”. Diante disso, no tratamento das respostas dos estudantes obtidas a partir do questionário aplicado antes e depois da apresentação da SD, realizou-se a inferência a partir de categorias a priori, ou seja, investigou-se a presença (ou ausência) de palavras transcritas que pudessem descrever o conhecimento científico conforme as categorias pré-estabelecidas em função das pesquisas bibliográficas realizadas (Adadan et al. 2010; Camargo Filho, 2014; Figueiredo, 2016).

Em relação aos seis temas básicos da Astronomia, para cada tema foi estabelecido sete critérios que os autores do presente trabalho consideraram como de Compreensão Científica Alta para o nível de estudantes do 9º ano do

ensino fundamental. Para estabelecer os sete critérios a serem considerados para a categorização das respostas transcritas, além da exploração e análise de artigos científicos (Leite, 2015; Oliveira et al. 2018) e conteúdo em livros didáticos de Astronomia (Damineli et al., 2010; Kepler & Saraiva, 2014, Cypriano & Damineli, 2019), foram considerados vários vídeos encontrados na internet, tais como “Terra plana não! cinco provas simples de que ela é redonda”, “Estações do ano (vídeo aula de Geografia)”, “Parte 6 - Ciclos de Milankovitch, Feedbacks Climáticos e mais um mico dos negacionistas”, conferências de João Evangelista Steiner etc.

Os sete critérios adotados em relação ao tema 1 “A Terra é redonda” são apresentados no Quadro 3. Apesar de serem relativamente simples quando comparados com os adotados nos outros cinco temas, alguns desses critérios do Quadro 3 exigem um conhecimento e raciocínio mais elaborado por parte dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental, mesmo nos tópicos que eles já tenham estudado em anos anteriores. Os sete critérios adotados em relação aos outros cinco temas (apêndice C) são resultados também de um trabalho de pesquisa e espera-se que possam ser utilizados por outros professores.

Tema	Critérios
A Terra é redonda	<ol style="list-style-type: none"> 1) A observação de um barco, que quanto mais se afasta da praia fica menor, até “desaparecer”, mostrando que a Terra é redonda; 2) Durante o eclipse lunar, a sombra da Terra é curva durante todo o fenômeno; 3) Experiência de Erastóstenes: ao meio-dia a inclinação dos raios solares depende da latitude do observador; 4) O fato de certas constelações e nebulosas só poderem ser vistas no hemisfério sul e outras só no hemisfério norte. Exemplo clássico são as Nuvens de Magalhães; 5) Fotografias, filmes e vídeos tirados pelos astronautas ou aparelhos; 6) Passageiros de um jato supersônico (acima de 10 km) tem uma visão do horizonte curvo; e 7) Impossibilidade de ver a luz direta de cidades próximas, é preciso subir em prédios, torres ou montanhas altas.

Quadro 3: Sete critérios em relação ao tema 1. Fonte: os autores.

Em relação ao processo de categorização, as categorias *a priori* mostradas anteriormente no Quadro 1, após passarem por uma reformulação na

nomenclatura em função dos novos critérios adotados para atender a análise das respostas dos estudantes, ficaram na forma apresentada no Quadro 4. Essa nova nomenclatura com os mesmos cinco níveis categóricos (0 a 4) foram utilizados para classificar as respostas dos estudantes em relação aos seis temas: "A Terra é redonda", "A influência do Sol no planeta Terra", "Dinâmica climática do planeta Terra", "As distâncias do Sistema Solar", "As estrelas e a nossa galáxia" e "A evolução do universo.

Categorias	Nível categórico (N)	Crítérios utilizados para as categorias
Compreensão Científica Alta	4	Responde adequadamente citando pelo menos a quatro itens dos 7 critérios
Compreensão Científica Média	3	Responde adequadamente citando pelo menos a três itens dos 7 critérios
Compreensão Científica Baixa	2	Responde adequadamente citando pelo menos a dois itens dos 7 critérios
Resposta de Senso Comum	1	Responde razoavelmente a pelo menos um dos critérios
Resposta Não Elucidativa	0	Não responde, responde que não sabe ou em conflito com alguns dos critérios.

Quadro 4: Categorias aplicadas às respostas do questionário. Fonte: os autores.

A categoria de Compreensão Científica Alta, o estudante consegue incluir pelo menos quatro itens dos sete critérios de Compreensão Conceitual Científica adotado para cada tema. Na escala inferior seguinte, a categoria Compreensão Científica Média, o estudante inclui pelo menos três dos sete critérios. A categoria de Compreensão Científica Baixa o estudante consegue citar pelo menos dois itens dos sete critérios. A categoria Resposta de Senso Comum, o estudante responde a pelo menos um dos critérios. E, por último, a categoria Resposta Não Elucidativa, o estudante não responde, responde que não sabe ou em conflito com alguns dos critérios.

Provido dessa nova nomenclatura das categorias em relação à Compreensão

Conceitual Científica dos estudantes e dos sete critérios adotados em cada um dos seis temas, seguiu-se a análise das respostas dos estudantes, coletadas antes e depois da aplicação da SD.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico são apresentados os resultados e análises das respostas obtidas por meio do questionário aplicado a dez estudantes, antes e depois da aplicação da SD (apêndice A). Inicialmente descreve-se como foi realizada a análise das respostas dos estudantes e, posteriormente, são apresentados os resultados e análises gerais.

4.1 *Análise das respostas dos estudantes*

Após a fragmentação do conteúdo, todas as respostas foram classificadas conforme as categorias e critérios resumidos no Quadro 4. Para não se estender demasiadamente, a seguir são mostrados apenas alguns exemplos de como foram atribuídas as categorias em relação aos dois primeiros temas: "A Terra é redonda" e "A influência do Sol no clima da Terra". Uma vez classificadas as respostas em níveis numéricos ("0" a "4"), são naturalmente apresentadas, por meio de gráficos, as comparações entre o antes e depois da aplicação da SD.

4.1.1 Exemplos de respostas classificadas nas cinco categorias em relação ao tema 1

Em relação ao tema 1, "A Terra é redonda", foram feitas três perguntas do questionário (apêndice A): 1) Você acha que o Planeta Terra é redondo ou plano? Justifique a sua resposta. 2) Se você estudante precisasse explicar para alguém que acredita que a Terra é plana, quais argumentos você usaria para provar que ela é redonda? 3) Dê pelo menos dois argumentos científicos simples que indicam que a Terra possui uma forma esférica. O Quadro 5 mostra exemplos de respostas classificadas em cada nível categórico, de 0 a 4, conforme os níveis estabelecidos no Quadro 4.

(N)	Exemplos de respostas para cada nível categórico
4	<i>E9: Redondo. Fernão de Magalhães foi o primeiro na História a circunvagiar o globo (Ud1). Durante o eclipse da lua a Terra fica entre o Sol e a Lua, a sombra da Terra é projetada na Lua e é possível observar a curvatura da Terra. Apesar de o horizonte parecer plano, fotos aéreas podem ser tiradas em voos em grandes altitudes, mostrando claramente a curvatura da Terra. Imagens de satélites em órbita da Terra também mostram que o planeta é uma esfera (Ud2). As constelações que observamos aqui não podem ser observadas no hemisfério norte. E tem o experimento de Erastóstenes que mostra que ao meio dia a inclinação dos raios do sol são de acordo com latitude de quem olha (Ud3).</i>
3	<i>E1: "Redondo. Vi fotografias tiradas pelos astronautas, imagens de satélites, imagens em vários filmes que assisti, mostrando que é redondo etc. (Ud1). A observação de um barco, que quanto mais se afasta da praia fica menor, até "desaparecer", mostrando que a Terra é redonda (Ud2). Durante o eclipse lunar, a sombra da Terra na face do Sol faz curva durante todo o fenômeno (Ud3)".</i>
2	<i>E3: "Redondo. Existem provas do formato esférico da Terra como experimentos físicos, fotos de satélite e viagens espaciais (Ud1). Enquanto em algumas partes do mundo é dia, em outras parte é noite, porque a Terra por ser redonda girar em torno de seu próprio eixo (Ud2). Se a Terra fosse plana, a gente ia ver o Sol ainda que fosse de noite (Ud3) ".</i>
1	<i>E2: "Redonda pois já ficou comprovado por fotos tiradas por satélite (Ua1). Fotos e a rotação indica que o planeta é redondo (Ua2). Tem muitas fotos e vídeos (Ua3) ".</i>
0	<i>E6: "Redonda, porque eu vi na 'Discovery' e em pesquisas (Ua1). Eu já estudei sobre isso mais não lembro (Ua2). Os argumentos eu não sei (Ua3) ".</i>

Quadro 5 – Exemplos de respostas em relação ao tema 1 Fonte: os autores.

Analisando as respostas mostradas no Quadro 5, percebe-se imediatamente a diferença entre a qualidade das respostas antes (unidade de análise antes - Ua) e depois (unidade de análise depois - Ud) da aplicação da SD. Destaca-se o estudante E9 que após a aplicação da SD citou cinco critérios, quando pelo Quadro 4 se exigia apenas quatro critérios para se alcançar o nível de Compreensão Científica Alta. É muito satisfatório um profissional de ensino poder comparar com a resposta do mesmo estudante E9, antes da aplicação da

SD: “ Eu acho que é redondo (Ua1). É um círculo (Ua2). Nos documentários sempre mostra essas provas (Ua3)”. A diferença é marcante, antes estava no nível inferior “0”, “Resposta Não Elucidativa” e depois, subiu para o nível máximo “4”, Compreensão Científica Alta.

Todas as respostas em relação ao tema 1, antes da apresentação da SD, ficaram nos níveis inferiores “0” ou “1” enquanto todas as respostas, após a aplicação da SD, alcançaram níveis superiores “2”, “3” e “4”, tal como é mostrado na figura 1.

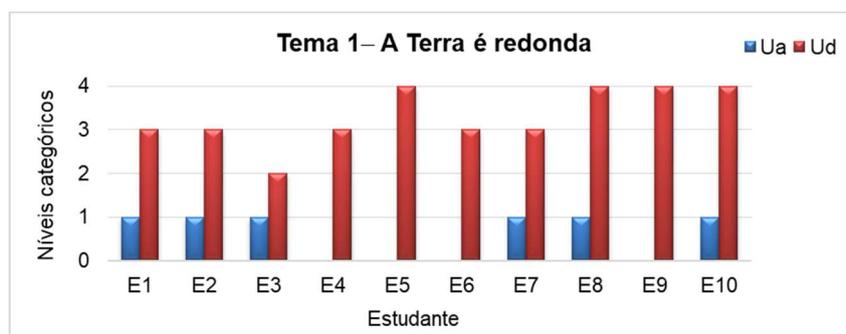


Figura 1: Níveis categóricos, antes (Ua) e depois(Ud), em relação ao tema 1. Fonte: os autores.

Como mostra a figura 1, a diferença entre o antes e depois da aplicação da SD fica bem explícita e, além do estudante E9, outros três (E5, E8 e E10) também conseguiram alcançar o nível de Compreensão Científica Alta. Do ponto de vista quantitativo, antes da aplicação da SD os estudantes ficaram com uma média abaixo de um (0,6) enquanto, depois da SD, esses mesmos ficaram com uma média acima de três (3,3), ou seja, os dez estudantes tiveram um ganho de 2,7 em relação ao tema 1 “A Terra é redonda”.

4.1.2 Exemplos de respostas classificadas nas cinco categorias em relação ao tema 2

Em relação ao tema 2, “A influência do Sol no clima da Terra”, os estudantes responderam a 4 perguntas do questionário (apêndice A): 4) Cite algumas consequências da combinação do movimento de translação com a inclinação do eixo de rotação da Terra. 5) Por que o Sol emite tanta luz? 6) Além da luz

visível, o que mais o Sol emite? 7) Como se explica a existência de vida na Terra se o Sol emite energia invisível suficiente para matar os seres vivos? O Quadro 6 mostra exemplos de respostas classificadas em cada nível categórico, de 0 a 4, conforme os níveis estabelecidos no Quadro 4.

(N)	Exemplos de respostas para cada nível categórico
4	<i>E2: A combinação desses dois movimentos junto ao eixo da inclinação da Terra produz as estações do ano e os dias e noites (Ud4). Emite por causa da fusão dos átomos de Hidrogênio que criam átomos de Hélio (Ud5). Radiação infravermelha: responsável pela produção de calor e a luz visível, que é toda a luz que enxergamos a olho nu (Ud6). É por causa da atmosfera da Terra que funciona como um verdadeiro filtro, deixa passar somente as radiações que são adequadas para a existência da vida na sua superfície e tem um efeito estufa natural para manter o planeta numa temperatura média adequada para a sobrevivência dos principais seres vivos. Por exemplo, o ozônio (O3) filtra a radiação ultravioleta, a água (H2O) e o gás carbônico (CO2) propiciam a formação do efeito estufa natural (Ud7).</i>
3	<i>E5: " A Terra dá uma volta em torno do eixo imaginário fazendo o dia e a noite e também dá uma volta no Sol que faz as estações do ano e demora um ano (Ud4). A professora passou um, vídeo que aprendi que é por causa da fusão nuclear do hidrogênio no centro do Sol (Ud5). Energia. Raios solares, radioatividade, raios ultravioletas, infravermelho (Ud6). É por causa dos gases do efeito estufa que existem na atmosfera que impedem essa energia de chegar na Terra (Ud7)".</i>
2	<i>E7: " É o que faz com que seja inverno de um lado da Terra e verão do outro que é a Translação o que leva um ano completo para acontecer (Ud4). Por causa das explosões nucleares em seu interior (Ud5). Radiação e energia (Ud6). Aprendi que é a atmosfera com os gases do efeito estufa que não deixa a energia muito forte do Sol chegar na Terra (Ud7).</i>
1	<i>E4: " A translação: as estações do ano Inclinação: e a rotação (Ua4). Porque ele é uma estrela e é necessário muita energia (Ua5). O calor (Ua6). Existe</i>

	<i>por causa da atmosfera que impede e filtra (Ua7)</i> ”.
0	<i>E5: “ A inclinação é o dia, e a translação está ligado com as estações (Ua4). Por que o Sol é forte e é necessário (Ua5). O calor(Ua6). Por que a gente está meio longe e a atmosfera ajuda (Ua7)”.</i>

Quadro 6 – Exemplos de respostas em relação ao tema 2. Fonte: os autores

Analisando as respostas em relação ao tema 2, “A influência do Sol no clima da Terra”, mostradas no Quadro 6, nota-se novamente a diferença entre o antes e depois da aplicação da SD. É interessante observar a resposta em si dada pelo estudante E2 após a aplicação da SD, pois ele atingiu o nível de Compreensão Científica Alta numa qualidade redacional acima do que se espera de um estudante do 9º ano de ensino fundamental. E mais admirável é comparar com a resposta do mesmo estudante E2, antes da aplicação da SD em relação às mesmas quatro perguntas: “Translação estações do ano rotação dia e noite (Ua4). Porque é uma estrela (Ua5). Calor (Ua6). Temos uma distância do Sol (Ua7)”. Nota-se que houve uma evolução na compreensão científica em todas as perguntas, especialmente no papel da atmosfera que funciona como um filtro e efeito estufa natural.

Todas as respostas em relação ao tema 2, antes da apresentação da SD, ficaram nos níveis inferiores “0” ou “1” enquanto todas as respostas, após a aplicação da SD, alcançaram níveis superiores “2”, “3” e “4”, tal como é mostrado na figura 2.

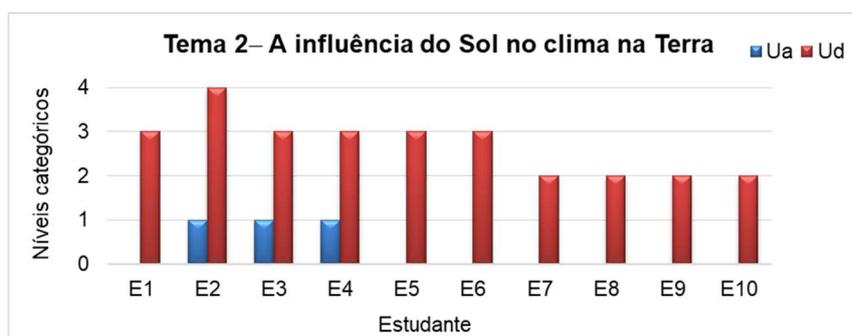


Figura 2: Níveis comparativos, antes e depois, em relação ao tema 2. Fonte: os autores

Como mostra a figura 2, a diferença entre o antes e depois da aplicação da SD também ficou bem explícita e, nesse tema 2, apenas o estudante E2 alcançou o nível de Compreensão Científica Alta. Outra distinção observável entre as figuras 1 e 2 são em relação aos conhecimentos prévios dos estudantes, pois apenas três estudantes (E2, E3 e E4) responderam a pelo menos um dos critérios do tema 2, antes da aplicação da SD. Em relação ao tema 1, seis estudantes (E1, E2, E3, E7, E8 e E10) tinham respondido a pelo menos um dos critérios. Do ponto de vista quantitativo, antes da aplicação da SD os estudantes ficaram com uma média bem abaixo de um (0,3) enquanto, depois da SD, esses mesmos ficaram com uma média abaixo de três (2,7), ou seja, os dez estudantes tiveram um ganho de 2,4 em relação ao tema 2 “A influência do Sol no clima da Terra”.

4.2 Resultados e análise gerais em relação aos seis temas

Na seção anterior mostrou-se apenas como foram categorizadas e analisadas as repostas dos alunos em relação aos dois primeiros temas: “A Terra é redonda” e “A influência do Sol no clima da Terra. Esse mesmo processo foi realizado também nos outros quatro temas: “Dinâmica climática na Terra”, “As distâncias do Sistema Solar”, “As estrelas e a nossa galáxia” e “A evolução do universo”.

Uma vez que, conforme o Quadro 4, para cada categoria foi atribuído um número, foi possível apresentar um resumo numérico de todos os resultados alcançados numa única Tabela. Nesta Tabela 1, além dos níveis que cada aluno alcançou em cada um dos seis temas, foi possível apresentar o ganho (g), ou seja, a diferença de nível entre o antes e depois da aplicação da Sequência Didática (SD). E para completar a Tabela, tanto nas colunas como nas linhas, são apresentadas as médias que resumem quantitativamente o efeito da aplicação desta SD.

	Tema 1			Tema 2			Tema 3			Tema 4			Tema 5			Tema 6			Média		
	Ua	Ud	g																		
E1	1	3	2	0	3	3	0	4	4	0	2	2	0	4	4	0	3	3	0,2	3,2	3,0
E2	1	3	2	1	4	3	0	2	2	0	3	3	0	3	3	0	4	4	0,3	3,2	2,8
E3	1	2	1	1	3	2	0	3	3	0	2	2	0	3	3	0	3	3	0,3	2,7	2,3
E4	0	3	3	1	3	2	0	4	4	0	1	1	0	2	2	0	2	2	0,2	2,5	2,3
E5	0	4	4	0	3	3	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	3	3	0,0	2,7	2,7
E6	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	1	1	0	3	3	0	2	2	0,0	2,3	2,3
E7	1	3	2	0	2	2	1	2	1	0	1	1	0	3	3	0	2	2	0,3	2,2	1,8
E8	1	4	3	0	2	2	1	3	2	0	1	1	0	3	3	0	2	2	0,3	2,5	2,2
E9	0	4	4	0	2	2	0	2	2	0	2	2	1	3	2	0	2	2	0,2	2,5	2,3
E10	1	4	3	0	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	0,8	3,0	2,2
M	0,6	3,3	2,7	0,3	2,7	2,4	0,3	2,7	2,4	0,1	1,8	1,7	0,2	2,9	2,7	0,1	2,6	2,5	0,3	2,7	2,4

E: estudante; M: média; Ua: unidade de análise antes da SD; d: Unidade de análise depois da SD; g: ganho

Tabela 1: Resumo numérico dos níveis nos seis temas. Fonte: os autores

Cada estudante, em cada um dos seis temas, evoluiu positivamente quando se compara entre o antes e depois da aplicação da SD. Em relação ao nível de conhecimentos prévios desses estudantes, observa-se pelas médias apresentadas antes da apresentação da SD, que eles ficaram com a média (0,3) nos seis temas, sendo que a melhor média (0,6) ocorreu no tema 1 "A Terra é redonda" e a pior média (0,1) ocorreu no tema 4 "As distâncias do Sistema Solar". Em relação ao nível de conhecimento após a SD, eles alcançaram a média (2,7) nos seis temas, sendo que a melhor média (2,9) ocorreu no tema 1 "A Terra é redonda" e a pior média (1,8) ocorreu no tema 4 "As distâncias do Sistema Solar". Esse resultado confirma a importância dos conhecimentos prévios dos estudantes, muito conhecido pelos pesquisadores da área de ensino.

Para deixar mais clara a gradação e diferenças entre os seis temas desenvolvidos, a figura 3 apresenta as médias dos dez estudantes em cada um dos seis temas, antes e depois da aplicação da SD.

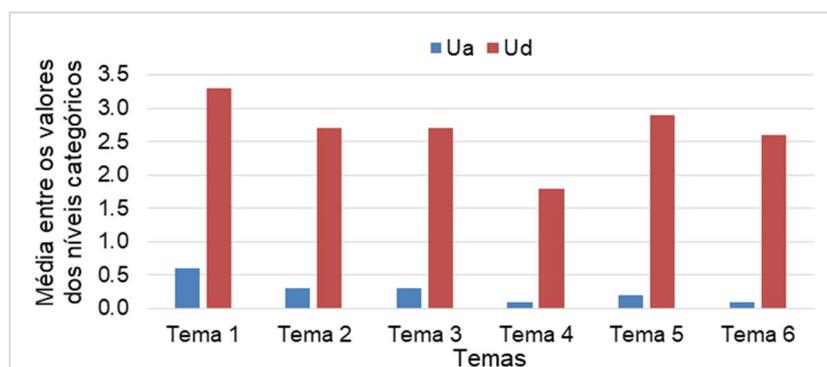


Figura 3: Desempenho médio dos dez estudantes por tema. Fonte: os autores

A figura 3 explicita bem o baixo nível de conhecimento prévio sobre Astronomia desses estudantes (média 0,3), especialmente quando se trata de fazer contas (regra de três e potências de dez), abordado no tema 4 (média 0,3) e confirma ilustrativamente o ganho na compreensão científica dos conceitos básicos de Astronomia ocasionado pela aplicação dessa Sequência Didática.

Como complemento final desta pesquisa, as observações anotadas da professora regente durante a aplicação da SD mostraram que o envolvimento dos alunos foi muito satisfatório, apesar de ter acontecido na retomada das aulas presenciais após a pandemia da Covid-19.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou investigar o nível de Compreensão Conceitual Científica em Astronomia de dez estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, empregando a técnica de Análise de Conteúdo de Bardin. A análise foi conduzida a partir das respostas coletadas antes e após a aplicação da Sequência Didática (SD). Os níveis alcançados pelos estudantes, estabelecidos segundo as categorias apresentadas no Quadro 4 e nos critérios adotados, estes últimos descritos no Quadro 3 e no apêndice C, indicam que todos os estudantes envolvidos evoluíram em todos os seis temas.

Esses resultados dão indícios de que a SD, elaborada e aplicada durante a pandemia, em estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, contribuiu

efetivamente no desenvolvimento da Compreensão Conceitual Científica desses estudantes. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que o ganho (g), ou seja, a diferença de nível entre o antes e depois da aplicação da Sequência Didática (SD), foi positivo em todos os seis temas. O tema 1, “a terra é redonda” foi o que apresentou maior facilidade de aprendizagem. Isso pode ser explicado, em parte, pelo fato de ser um tema bem abordado nos livros didáticos e em vários meios de comunicação.

Outro resultado que não pode ser analisado no presente trabalho, mas que ficou evidente para a professora regente durante a aplicação, foi o grande envolvimento dos estudantes, proporcionado justamente pela SD, possivelmente pela abertura e incentivo para que os alunos pudessem ir além do que foi apresentado em sala de aula, tal como pode ser visto no repositório da Instituição (Bueno, 2022b). A professora regente fez uso de metodologias baseadas na “problematização inicial” de questões motivadoras e desafiantes; proporcionou um momento de “organização do conhecimento”, reflexão e discussão; bem como “aplicação do conhecimento” por meio de práticas com ferramentas relacionadas ao assunto abordado (Delizoicov, 2008; Carvalho, 2018).

No entanto, os resultados também mostraram que os estudantes enfrentaram maior dificuldade com o tema 4, “as distâncias do sistema solar”. Isso se deveu ao desafio de lidar com números grandes e regra de três, que precisaram ser escritos em potência de dez. Mesmo assim, os resultados indicaram que esses dez estudantes progrediram também nesse tema.

Os resultados positivos em relação ao desempenho e ao envolvimento dos estudantes mostraram que essa Sequência Didática pode ser um recurso valioso para os professores do 9º ano do Ensino Fundamental que queiram promover uma “Compreensão Conceitual Científica” adequada sobre os temas fundamentais de Astronomia, inclusive em relação às “distâncias astronômicas”.

REFERÊNCIAS

Adadan, E.; Trundle, K. C.; Irving, K. E. (2010). Exploring Grade 11 Students’ Conceptual Pathways of the Particulate Nature of Matter in the Context of Multirepresentational Instruction. *Journal of Research in Science*

- Teaching*. v. 47, n. 8, p. 1004–1035.
- Adadan, E.; Irving, K. E.; Trundle, K. C. (2009). Impacts of Multi-representational Instruction on High School Students' Conceptual Understandings of the Particulate Nature of Matter. *International Journal of Science Education*. Vol. 31, No. 13, 1 September, pp. 1743–1775.
- Arruda, S. de M.; Villani, A. (1998). Mudança conceito no ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 11, n. 2, p.88-99.
- Batista, R.S.; Nascimento, C.P. (2018). Astronomia no currículo dos cursos de Geografia: Uma análise a partir da formação docente e dos livros didáticos utilizados no DF. *Revista Projeção e Docência*, v 9, nº1, p 58-73.
- Bardin, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- Barrow, L.H.(2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* , v 17, 265-278.
- Brasil (2018). Ministério da Educação e Cultura – MEC. Base nacional comum curricular: educação é a base. Brasília. Acessado em 21 set 2023, de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf .
- Bueno, C. R.(2022a). *Sequência Didática com Temas Fundamentais de Astronomia*. Produto Educacional do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciência Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acessado em 10 maio 2024 de https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30366/2/promocaovisaocientificaastronomia_produto.pdf
- Bueno, C. R. *Promoção de uma Visão Científica sobre a Astronomia por meio de uma Sequência Didática*. Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciência Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022b. Acessado em 10 maio 2024 de <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30366/1/promocaovisaocientificaastronomia.pdf>
- Camargo Filho, P. S. *Estratégia de ensino multirepresentacional aplicada para o desenvolvimento do conceito de medição*. Tese do Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014. Acessado em 21 set 2023, de <https://pos.uel.br/pecem/wp->

- content/uploads/2021/08/CAMARGO-FIIHO-Paulo-Sergio-de.pdf .
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. Editora: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.18, n.3, 765-794.
- Carvalho, T. F. G.; Ramos, J. E. F. (2020). A BNCC e o ensino da astronomia: o que muda na sala de aula e na formação dos professores. *Currículo & Docência*. Vol. 02, N.º 02. Acessado em 21 set., 2023, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/CD/article/view/249561/37714> .
- Cypriano, E. F.; Damineli Neto A. *Paisagens Cósmicas: da Terra ao Big Bang*, 2. ed. São Paulo: IAGUSP, 2019. v. 4.000. 44p.
- Damineli, A.; Steiner, J. E. ; Ferraz de Mello, S. ; de Souza Oliveira, K. ; Barbuy, B. ; Vilas Boas, J.W. ; JANOT-PACHECO, E. . *Fascínio do Universo*. 1. ed. São Paulo: Odysseus, 2010. v. 45000. 116p.
- Delizoicov, D. (2008). La Educación em Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.2, p. 37-62.
- Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- Figueiredo, M. C.. *Aplicação de um jogo digital e análise de conceitos da teoria cinética dos gases*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016. Acessado em 21 set., 2023, de <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138177> .
- Kepler, S.O.; Saraiva, M.F.O.. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre, 2014. Acessado em 21 set., 2023, de <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>.
- Langhi, R.; Nardi, R. (2005). Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 2, p. 75-92.
- Langhi, R.; Nardi, R. (2007). Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1: p. 87-111.
- Leite, J.C. (2015). Do mistério das eras do gelo às mudanças climáticas abruptas. *Scientia Studia*, v.13, n.4, p.811-39.
- Muenchen, C.; Delizoicov, D. (2014). Os três momentos pedagógicos e o

- contexto de produção do livro "Física". *Ciência & Educação* (Bauru), v 20, n.3, p.617-638.
- Oliveira, M.J.; Carneiro, C.D.R.; Vecchia, F.A.S.; Baptista, G.M.M. (2018). Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. *Revista Terrae Didatica*, v. 13, p. 149-184.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Langhi, R.; Oliveira, F.A.; Vilaça, J. (2018). Formação reflexiva de professores em Astronomia: indicadores que contribuem no processo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.35, n.2, p. 461-467.
- Sasseron, L. H.; Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77.
- Sasseron, L.H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.17, n. especial, p. 49-67.
- Silva, V. P.; Ribeiro, E. E. C. I.; Guimarães, M. H. U.; Passos, M. M. (2021). Sequência didática para o ensino de Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 38, n. 2, p. 1135-1165.
- Sobreira, P.H.A.; Ribeiro, J.P.M.R. (2023). Erros conceituais de astronomia em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias – PNLD 2021. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 35, p. 77-126.
- Vosniadou, S.(1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45– 69.
- Zômpero, A. F.; Laburú, C. E.(2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*. Belo Horizonte. v.13, n.03, p.67-80.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO ANTES E APÓS A SD

- 1– Você acha que o Planeta Terra é redondo ou plano? Justifique a sua resposta.
- 2– Se você estudante precisasse explicar para alguém que acredita que a Terra é plana, quais argumentos você usaria para provar que ela é redonda?
- 3– Dê pelo menos dois argumentos científicos simples que indicam que a Terra possui uma forma esférica.
- 4– Cite algumas consequências da combinação do movimento de translação com a inclinação do eixo de rotação da Terra
- 5– Por que o Sol emite tanta luz?
- 6– Além da luz visível, o que mais o Sol emite?
- 7– Como se explica a existência de vida na Terra se o Sol emite energia invisível suficiente para matar os seres vivos?
- 8– Além da Rotação e Translação que outros movimentos do planeta Terra são importantes no estudo do clima do planeta?
- 9– Qual o papel do fitoplâncton na variação do clima da Terra?
- 10– O aumento do CO₂ na atmosfera causa aumento da temperatura ou o aumento da temperatura é que causa o aumento do CO₂?
- 11– O efeito estufa na atmosfera da Terra traz algum benefício ou só traz prejuízos para os seres vivos?
- 12– O que é e quanto vale em quilômetros uma unidade astronômica (UA)?
- 13– O que é e quanto vale em quilômetros um ano Luz?
- 14– O que se entende por uma representação em escala, dê um exemplo?
- 15– Por que a maioria dos livros didáticos não conseguem apresentar o sistema solar em sua verdadeira escala?
- 16– O que são as estrelas? De onde vem tanta energia?
- 17– Como e quando foram formados os átomos de hidrogênio, átomos mais observados no Universo?
- 18– Como e onde foram formados os átomos essenciais a vida, como oxigênio e carbono?
- 19– Como os cientistas explicam a formação de átomos mais pesados como o ouro e urânio?
- 20– Descreva aproximadamente como são formadas as anãs brancas, as estrelas de nêutrons e os buracos negros estelares.
- 21– Como é possível saber o formato da galáxia sem nunca termos saído de dentro dela?
- 22– Como e quanto tempo atrás surgiram o Universo e o nosso Sistema Solar?
- 23– Cite pelo menos uma razão científica para se acreditar que existe um buraco negro no centro da nossa galáxia.
- 24– Por que os cientistas falam da existência da matéria escura se eles não conseguem observar?

APÊNDICE B – QUADRO RESUMO DA SD

Tema	Atividades
A Terra é redonda	Aplicação do questionário (apêndice A). Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava os comentários se possível.
	Apresentação dos vídeos: 1. Cinco provas simples de que ela é redonda. (https://bit.ly/2BLG1u); 2. E Terra (https://bit.ly/30Fv4dI).
	Apresentação dos resultados: cada grupo apresenta os resultados alcançados para os outros grupos.
A influência do Sol no planeta Terra	Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava os comentários se possível.
	2 vídeos: 1- Estações do ano: https://bit.ly/3fUhfEX ; 2- Sol: https://www.youtube.com/watch?v=8_-b9bRUKk
	Apresentação e socialização dos resultados entre as equipes.
Dinâmica climática do planeta Terra	Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava os comentários se possível.
	Exibição dos vídeos: 1. Ciclos de Milankovitch, Feedbacks Climáticos. (https://bit.ly/2ZReYyv); 2. Efeito Estufa (https://bit.ly/32YPeE).
	Apresentação dos resultados: cada grupo apresenta os resultados alcançados para os outros grupos.
As distâncias	Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava

do	os comentários se possível.
Sistema Solar	Vídeos: 1. Distância dos planetas (https://bit.ly/3jVSBzZ); 2. O Sistema Solar em Escala (https://bit.ly/3hRfd2B); 3. Ano Luz. (https://bit.ly/3cy1CdP).
	Serão feitos exercícios com regra de três e potência de dez. Apresentação e socialização dos resultados entre as equipes.
As estrelas e a nossa galáxia	Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava os comentários se possível.
	Vídeos: 1. Estrelas. (https://bit.ly/3jweaag); 2. De poeira estelar a supernovas: O ciclo da vida das estrelas. (https://bit.ly/2WHhrtt); 3. Distâncias (https://bit.ly/2CDLZW7); 4. Universo (https://bit.ly/3hvFDHh); 5. Via Láctea (https://bit.ly/3oBNyvQ).
	Serão feitos exercícios com regra de três e potência de dez. Apresentação e socialização dos resultados entre as equipes.
A evolução do universo	Distribuição de perguntas específicas, levantamento de hipóteses e elaboração do plano de trabalho em equipe.
	A professora acompanha o trabalho das equipes, permitindo troca de ideias entre os grupos, escreve na lousa, incentiva os estudantes e grava os comentários se possível.
	Big Bang: (https://www.youtube.com/watch?v=7GkJyrcb-64).
	Apresentação dos resultados: cada grupo apresenta os resultados alcançados para os outros grupos.
	Reaplicação do questionário da primeira aula

APÊNDICE C – CRITÉRIOS ADOTADOS PARA OS TEMAS 2 A 6

Sete critérios em relação ao tema 2

Tema	Critérios
A influência do Sol no Planeta Terra	<ol style="list-style-type: none"> 1) A combinação da inclinação do eixo de rotação da Terra, em relação ao plano da sua órbita, com o movimento de translação da Terra em torno do Sol explica a existência das 4 estações (verão, inverno, primavera e outono); 2) A inclinação do eixo de rotação da terra fica praticamente constante durante o movimento de translação em torno do Sol;

	<p>3) O Sol emite tanta luz devido às reações de fusão nuclear (átomos de Hidrogênio que se fundem em átomos de Hélio) que ocorrem no seu núcleo superaquecido, cerca de 15 milhões de graus Celsius;</p> <p>4) A energia gerada é muito alta porque na fusão de 4 átomos de Hidrogênio em um átomo de Hélio, uma parte da massa é convertida em energia, segundo a famosa equação de Einstein ($E = mc^2$);</p> <p>5) O Sol emite além da luz visível outras radiações que atingem a Terra: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, raios gama, raios cósmicos etc.;</p> <p>6) A atmosfera da Terra funciona como um verdadeiro filtro, deixa passar somente as radiações que são adequadas para a existência da vida na sua superfície, por exemplo, o ozônio (O₃) filtra a radiação ultravioleta;</p> <p>7) A atmosfera também propicia um efeito estufa natural para manter o planeta numa temperatura média adequada para a sobrevivência dos principais seres vivos, por exemplo, a água (H₂O) e o gás carbônico (CO₂) propiciam a formação do efeito estufa natural.</p>
--	---

Sete critérios em relação ao tema 3

Tema	Critérios
Dinâmica climática do planeta Terra	<p>1) O aumento na obliquidade, variação da inclinação do eixo da Terra com período de 41.000 anos, é uma das explicações mais aceitas para se dar o gatilho do aquecimento global natural, pois faz com que o verão seja mais quente e o inverno mais frio;</p> <p>2) Além da variação na obliquidade, os cientistas levam em consideração a precessão do eixo da Terra (comparável ao movimento de um pião com período de quase 26.000 anos) e a variação da excentricidade (alongamento da órbita da Terra em torno do Sol, com dois períodos: 100.000 e 400.000 anos) como os três principais movimentos naturais da Terra que explicam a ocorrência das eras glaciais e interglaciais;</p> <p>3) O fitoplâncton marinho é considerado como o verdadeiro pulmão do mundo, pois libera para a atmosfera mais de 50% de todo o oxigênio da Terra, transformando o CO₂ em O₂ e fixando o Carbono;</p> <p>4) O fitoplâncton marinho amplifica as glaciações, pois quando o nível dos oceanos diminui, há maior abundância de Ferro e conseqüentemente um aumento de fitoplâncton, ocasionando uma diminuição do CO₂ e esfriando o planeta mais ainda pela</p>

	<p>diminuição do efeito estufa;</p> <p>5) O efeito estufa ocorre naturalmente, pois parte da radiação que chega à superfície é transformada em radiação infravermelho e fica retida pela atmosfera em decorrência da presença de gases que impedem a devolução ao espaço. Esses gases (H₂O, CO₂ e CH₄) funcionam como o vidro do carro, permitindo a entrada da radiação solar e dificultando que toda ela saia do carro;</p> <p>6) O efeito estufa natural torna a Terra habitável com temperatura média global, próxima à superfície, em torno de 14°C. Caso não existissem naturalmente esses gases, a temperatura média do planeta seria muito baixa, da ordem de 18°C negativos, pois haveria muita perda de energia para o espaço sideral;</p> <p>7) O aumento do CO₂ na atmosfera causa o aumento da temperatura e o aumento da temperatura também causa o aumento do CO₂. Ambos ocorrem na natureza. Atualmente, devido ao aumento de emissões de CO₂ na atmosfera, os cientistas acreditam que esse seja o fator principal do aumento da temperatura média no planeta, conhecido como “aquecimento global”.</p>
--	--

Sete critérios em relação ao tema 4

Tema	Critérios
As distâncias do Sistema Solar	<p>1) A distância média entre a Terra e o Sol é conhecido como uma unidade astronômica - UA (1 UA = 1,50 x 10⁸ km);</p> <p>2) A distância que a luz percorre no vácuo em um ano, é conhecido como um ano-luz (1 ano-luz = 9,46 x 10¹² km);</p> <p>3) Uma representação em escala permite oferecer uma impressão visual da proporção entre o mapa e a realidade;</p> <p>4) Numa escala de 1: 1.000.000.000.000 (ou 1: 1,0 x 10¹²) a distância da Terra ao Sol (1 UA = 1,50 x 10⁸ km) equivaleria no mapa a 15 cm e um ano-luz (9,46 x 10¹² km) equivaleria aproximadamente a 9,5 km;</p> <p>5) A maioria dos livros didáticos não conseguem apresentar o sistema solar em sua verdadeira escala, pois os planetas ficariam invisíveis devido às grandes distâncias dos planetas;</p> <p>6) Se você representar o Sol no tamanho de uma bola de tênis, o planeta Terra teria que ser representado por pingo de tinta de 1 mm de diâmetro;</p> <p>7) Se você quiser representar proporcionalmente o diâmetro médio da órbita de Netuno numa folha de 30 cm, precisaríamos usar uma escala da ordem de 1: 3,0 x 10¹². Nessa escala até o Sol ficaria invisível, pois teria que ser representado por um diâmetro</p>

	de apenas 0,46 micrômetros.
--	-----------------------------

Sete critérios em relação ao tema 5

Tema	Critérios
As estrelas e a nossa galáxia	<ol style="list-style-type: none"> 1) As estrelas são corpos celestes que possuem uma temperatura de milhões de graus no seu núcleo, propiciando a produção enorme de energia a partir da fusão nuclear. No caso de uma estrela pequena como o Sol, a energia gerada é a partir da fusão de 4 átomos de Hidrogênio em um átomo de Hélio; 2) Nas estrelas maiores, há fusão de elementos mais pesados e consequentemente com maior produção de energia; 3) Segundo a teoria do Big Bang (grande explosão), os átomos menores, principalmente o hidrogênio e o hélio, foram formados cerca de 13,7 bilhões de anos atrás, quando o Universo tinha apenas alguns minutos de existência; 4) O oxigênio e o Carbono, juntamente com outros elementos pesados, foram formados pelas fusões nucleares de átomos menores ocorridas nos núcleos das primeiras estrelas, cuja formação ocorreu milhões de anos após a grande explosão (Big Bang); 5) A formação de todos os átomos mais pesados do que o Ferro (por exemplo o ouro e o urânio) exige uma quantidade absurda de pressão e temperatura, por isso os cientistas acreditam que isso só pode ter ocorrido em explosões de estrelas gigantes, conhecidas como "supernovas"; 6) As estrelas anãs brancas, as estrelas de nêutrons e os buracos negros estelares são três tipos diferentes de objetos compactos previstos para o final da vida "normal" das estrelas, após esgotarem os seus respectivos combustíveis nucleares; 7) O Sol, após queimar o seu combustível de hidrogênio, se transformará em uma gigante vermelha e depois restará apenas um núcleo denso e quente de hélio, conhecido como estrela anã branca. Já as estrelas maiores, após esgotarem os seus combustíveis acabam explodindo (supernovas); e além dos gases que são espalhados pelo espaço, sobram um núcleo absurdamente denso composto principalmente de nêutrons (estrelas de nêutrons) ou mesmo os próprios nêutrons podem acabar se colapsando em objetos mais densos ainda a tal ponto que a própria luz não consegue mais sair, ou seja, viram os chamados buracos negros estelares.

Sete critérios em relação ao tema 6

Tema	Critérios
A evolução do universo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Conhecemos o formato da nossa galáxia ao medirmos as distâncias e as velocidades dos diversos astros que compõem a nossa galáxia: estrelas, nuvens de gás e poeira, aglomerados de estrelas etc.; 2) Segundo a teoria do <i>Big Bang</i>, o Universo surgiu a partir de uma explosão de radiação há cerca de 13,7 bilhões de anos cuja causa ainda é desconhecida pela ciência; 3) O nosso Sistema Solar foi formado há cerca de 4,5 bilhões de anos e acredita-se que as forças gravitacionais atuaram numa nuvem de matéria que eram restos de explosões de estrelas gigantes mais antigas, conhecidas como supernovas; 4) Faz muitos anos que os cientistas achavam que havia um buraco negro no centro da nossa galáxia, pois já tinham observados que era muito comum as galáxias possuírem um buraco negro no seu centro; 5) Em 2020 três cientistas ganharam o prêmio Nobel de Física justamente por terem previstos a existência de um buraco negro no centro da nossa galáxia. Eles mediram várias órbitas de objetos próximos ao núcleo da nossa galáxia e conseguiram demonstrar que a melhor explicação científica para justificar o movimento deles é justamente a existência de um buraco negro supermassivo de aproximadamente 4 milhões de massas solares; 6) Os cientistas conseguem identificar a existência da matéria escura ao observarem e calcularem os movimentos de objetos brilhantes próximos. Esses objetos não poderiam apresentar esses movimentos se não houvesse matéria invisível (escura) na região; 7) Nos últimos 30 anos, os astrônomos observaram que o Universo como um todo está em uma expansão acelerada e a explicação mais aceita até agora é que a causa principal dessa aceleração é a existência de uma energia desconhecida que os astrônomos chamaram de energia escura.