

SISTEMA SOLAR: MODELOS MENTAIS A PARTIR DA LEITURA DE UM LIVRO INFANTIL

 Elizandra Freitas Moraes Borges ¹
 Paulo Henrique Azevedo Sobreira ²
 José Pedro Machado Ribeiro ³

Resumo: Os modelos do Sistema Solar que os estudantes trazem em suas mentes são incompletos e próprios de cada individualidade. Muitas pesquisas tratam de identificá-los e categorizá-los mostrando suas origens sensoriais, culturais e/ou escolares. O trabalho objetiva apresentar os Modelos Mentais (MMs) sobre o Sistema Solar elaborados por 23 estudantes do 7º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal antes e reelaborados após a leitura de um livro literário infantil. A metodologia utilizada foi rodas de conversa e representações pictóricas dos estudantes antes e após a leitura do livro literário infantil “O Sistema Solar na aula da professora Zulema”. Partindo das informações obtidas *a priori* e *a posteriori*, construiu-se um quadro de modelos que variam segundo algumas peculiaridades; alguns mais simples e outros mais complexos apareceram num momento pós-leitura. Constatou-se que, após a leitura, ocorreram algumas mudanças sobre como os estudantes pensam a respeito da composição do Sistema Solar e da ordenação dos planetas. Os resultados mostram que o livro literário pode influenciar na reelaboração de MMs, oferecendo elementos (visuais e escritos) que colaboraram nessa construção, mas não pode ser considerado como fonte única para o aprendizado.

Palavras-chave: Modelo Mental; Sistema Solar; Livro Infantil.

SISTEMA SOLAR: MODELOS MENTALES A PARTIR DE LA LECTURA DE UN LIBRO INFANTIL

Resumen: Los modelos del Sistema Solar que los estudiantes traen a su mente son incompletos y únicos para cada individuo. Numerosas investigaciones intentan identificarlos y categorizarlos mostrando su origen sensorial, cultural y/o escolar. El objetivo de este trabajo es presentar los Modelos Mentales (MMs) sobre el Sistema Solar desarrollados por 23 alumnos del 7º año de la enseñanza básica de una escuela pública municipal. La metodología utilizada fue círculos de conversación y representaciones pictóricas de los estudiantes antes y después de la lectura del libro infantil “El Sistema Solar en la Clase de la Profesora Zulema”. A partir de la información obtenida antes y después, se construyó un cuadro de modelos que varían según algunas peculiaridades; algunos más sencillos y algunos más complejos. Se encontró que, después de leer, hubo algunos cambios en la forma en la que los estudiantes piensan sobre la composición del Sistema Solar y el orden de los planetas. Los resultados muestran que el uso del libro puede influir en la reelaboración de los MMs, ofreciendo elementos (visuales y escritos) que colaboraron en esta construcción, pero que no pueden ser considerados como fuente única para el aprendizaje.

Palabras clave: Modelo Mental; Sistema Solar; Libro Infantil.

¹ Secretaria Municipal de Educação, Goiânia, Brasil. E-mail: moraeseliz@gmail.com.

² Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil. E-mail: sobreira@ufg.br.

³ Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil. E-mail: zepedro@ufg.br.

SOLAR SYSTEM: MENTAL MODELS FROM THE READING OF A CHILD'S BOOK

Abstract: The models of the Solar System that students bring to mind are incomplete and unique to each individual. Numerous investigations try to identify and categorize them showing their sensory, cultural, and/or school origin. The objective of this work is to present the Mental Models (MMs) about the Solar System developed by 23 students of the 7th grade of Junior High School of a municipal public school. The methodology used was conversation circles and pictorial representations of the students before and after reading the children's book "The Solar System in Professor Zulema's Class". From the information obtained before and after, a chart of models was built that vary according to some peculiarities; some simpler and some more complex. It was found that, after reading, there were some changes in the way students think about the composition of the Solar System and the order of the planets. The results show that the use of the book can influence the re-elaboration of the MMs, offering elements (visual and written) that collaborated in this construction, but that cannot be considered as the only source for learning.

Keywords: Mental Models; Solar System; Child's Book.

1 O Sistema Solar pela percepção dos estudantes

A percepção das pessoas sobre os fenômenos da natureza, e os consequentes modelos para interpretação, se dão de forma individual e, segundo (Pozo & Crespo, 2009, p. 89-95), eles podem ser de origem sensorial, cultural ou escolar ou podem também ser o agrupamento de duas ou mais delas. Essas influências são variadas nas diversas etapas do desenvolvimento humano. Portanto, considera-se que não há percepções totalmente concordantes com os modelos científicos. Há percepções e representações desejáveis do ponto de vista apresentado no ambiente escolar, portanto, científico.

É complexo analisar o tema Sistema Solar do ponto de vista sensorial ou cultural, por caracterizar-se essencialmente de origem científica, portanto, escolar. Dado que é um modelo não observável a olho nu, fica impossível sua representação em escala de distância dos planetas e volume ao mesmo tempo.

É comum que no ambiente escolar o Sistema Solar seja representado pelo Sol e pelos planetas, em escala de volume. A representação das distâncias entre o Sol e os planetas normalmente faz com que os planetas sejam representados por pontinhos, sem volume, e a distribuição deles em torno do Sol é sempre alinhada desde o mais próximo (Mercúrio) ao mais distante (Netuno).

Apesar da complexidade, o tema encontra-se proposto no documento curricular vigente do ensino fundamental, a Base Nacional Comum Curricular [BNCC] (Brasil, 2018). Temas como a composição, a estrutura e a localização do Sistema Solar são denominadas, na BNCC, objetos do conhecimento, pertencentes à unidade temática "Terra e Universo" presente no componente curricular Ciências, do 9º ano. Com eles, os estudantes poderão desenvolver as seguintes habilidades:

(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).

(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.) (Brasil, 2018, p. 351).

No documento supracitado, o tema Sistema Solar é amplamente explorado pelos livros didáticos, em ilustrações diversas e na mídia de uma forma geral. Apesar disso, ainda se percebe a dificuldade que os estudantes possuem na compreensão da organização e composição do Sistema Solar.

Pozo e Crespo (2009) atribuem três origens possíveis às noções científicas dos estudantes: a sensorial, que são as concepções espontâneas, geralmente fundamentadas na observação; a induzida, pelos meios de comunicação, convívio familiar e escolar; e, analógica, por meio do uso didático de modelos que podem fomentar erros de conceito. Desta maneira, uma vez que os estudantes não têm uma rotina de experiência direta de visualização do Sistema Solar, suas percepções podem aproximar-se de qualquer uma das possíveis origens citadas pelos autores.

Calderón-Canales et al. (2013) corroboram com tais ideias ao afirmar que o Sistema Solar representado pelos estudantes são construídas a partir de uma perspectiva do espaço sideral. Os autores afirmam que essa perspectiva exige um alto nível de abstração, que não é facilmente alcançada, exigindo processos mentais bem complexos que são desenvolvidos em um longo tempo. Dessa forma, em seus resultados com crianças, concluem que é muito provável que o conhecimento deste tema provenha de professores, livros ou outros meios.

Normalmente o Sistema Solar é representado nas imagens dos livros didáticos, paradidáticos e nas imagens da internet de maneira artística, com os planetas organizados linearmente ou dispostos em órbita que circunscrevem o Sol. Não raro, observa-se nos desenhos e nas expressões verbais a influência exercida pela exposição dos estudantes às imagens sem escala e aos textos repletos de informações, que não contribuem para a construção do conhecimento a respeito do Sistema Solar. Portanto, os resultados aqui apresentados denotam essa forte influência.

Concorda-se com Bisch (1998) que a compreensão a respeito dos corpos celestes – estrelas, planetas, por exemplo, praticamente inexistente para os estudantes, uma vez que não possuem uma vivência real dos astros, por se encontrarem distantes. Apesar dessa limitação, alguns deles possuem noções conceituais, oferecidas na escola, a respeito desses objetos do céu. O autor defende que — “o céu é a nossa grande janela para o universo” (Bisch, 1998, p. 12), e, portanto, partindo desse ponto de vista, de uma visão topocêntrica, é que se tem a noção do que existe no céu. Mas essa captação é limitada, pela acuidade visual humana, que impossibilita uma percepção mais ampla. A noção dos corpos celestes para os estudantes é de caráter meramente conceitual, oriunda da influência da transmissão cultural que sofrem cotidianamente.

Assim sendo, se concorda com Lanciano (1989) que é muito difícil uma transposição de uma visão dos planetas para um observador terrestre (referencial topocêntrico), para a visão de um observador fora da Terra, ou seja, passar do modelo geocêntrico de Ptolomeu para o modelo heliocêntrico de Copérnico, de acordo com a autora mencionada.

Por exemplo, o astrônomo Tycho Brahe (1546-1601), que é considerado o último astrônomo que observava o céu a olho nu (antes do uso de telescópios), autor do modelo geo-heliocêntrico, interpretava suas observações, a partir da superfície da Terra. Ele posicionava todos os planetas, o Sol e a Lua orbitando em torno da Terra (geocentrismo), porém Mercúrio e Vênus girariam em torno do Sol (heliocentrismo), pois as observações ainda mostravam que esses planetas não se afastam muito do Sol no poente e no nascente.

Este modelo de Tycho Brahe, que é fortemente construído pela observação, não foi percebido em modelos mentais sobre o Sistema Solar pelos autores utilizados na revisão bibliográfica e que serão citados a seguir: Sharp e Kuerbis (2005); Chiras e Valanides (2008); Calderón-Canales, Flores-Camacho e Gallegos-Càzares (2013) e Silva et al. (2018).

Isso confirma a afirmação de Pozo e Crespo (2009), a respeito da influência da cultura e da escola nos modelos interpretativos, pois mesmo que as pessoas observem o Sol e os planetas no céu, ao longo de meses, elas interpretam os planetas girando em torno da Terra (geocentrismo) ou do Sol (heliocentrismo). Somente Mercúrio e Vênus poderiam ser observados após algumas semanas e, talvez, seriam interpretados girando em torno do Sol, porém não foram encontradas pesquisas que tratassem deste tipo de abordagem em ambiente escolar. Por essa razão, é preciso propostas de observação do céu mais corriqueiras no ensino da Astronomia nas escolas. A BNCC, embora restrita aos estudantes de 3º ano do ensino fundamental, já orienta essa prática.

(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.).

(EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu (BRASIL, 2018, p. 337).

Assim, o modelo científico aceito (heliocentrismo) é interpretado e representado em quase todas as ilustrações e animações midiáticas sobre o Sistema Solar, com os planetas em órbitas concêntricas em torno do Sol ou os planetas alinhados a partir do Sol, e o mesmo se dá em representações em escalas que utilizam os volumes ou as distâncias.

No Brasil, foi encontrada apenas uma pesquisa que apresenta a relação dos estudantes do ensino fundamental com o tema Sistema Solar. Silva et al. (2018) trazem três tipos de interpretação de estudantes de 4º ano do ensino fundamental a respeito do Sistema Solar. Primeiro, que eles verbalizam o entendimento do Sistema Solar como algo externo à sua realidade; segundo, que os modelos mentais são oriundos da leitura/ interpretação de mundo que fazem, portanto, denominado de híbrido; ou, terceiro, apoiado por Greca e Moreira (2000), que os modelos sofrem influência externa de um modelo conceitual. Porém os autores fazem uma discussão sobre MMs, mas não explicitam os modelos oriundos da pesquisa.

Outras pesquisas, como as de Sharp e Kuerbis (2005), definiram modelos mentais de crianças a respeito do Sistema Solar a partir do esquema conceitual de modelos mentais em astronomia propostos por Vosniadou (1991 e 1994). Eles investigaram o conhecimento de estudantes de 9 a 11 anos por meio de entrevista estruturada e representações pictóricas, identificando 9 modelos mentais do Sistema Solar, ordenando-os hierarquicamente do mais científico ao mais intuitivo, segundo sua forma. São eles:

- 1) Heliocêntrico (completo/correto);
- 2) Heliocêntrico (completo/incorrecto);
- 3) Heliocêntrico (incompleto/incorrecto);
- 4) Espiral (formato espiralado das órbitas);
- 5) Processional (Sol centrado);

- 6) Geocêntrico;
- 7) Processional (centrado na Terra);
- 8) Aleatório (movimentos irregulares dos planetas); e
- 9) Terra - Sol – Lua (únicos astros do SS).

Com base nos modelos categorizados, perceberam que reestruturação do conhecimento prévio geralmente é realizada de forma lenta e gradual, e que requer a reinterpretação de certas crenças que os estudantes constroem a partir de sua experiência cotidiana. Concluíram que a ideia a respeito do Sistema Solar é de caráter intuitivo e, que por meio de intervenção escolar, existe a possibilidade de mudanças em seus modelos.

Chiras e Valanides (2008) investigaram 40 estudantes do 4º ano e 40 estudantes do 6º ano, em entrevistas semiestruturadas sobre a causa e o ciclo dia e noite e elaboraram uma variedade de 18 modelos mentais para explicar o fenômeno. Eles são agrupados em 3 grandes modelos de SS: Modelo Pré-Geocêntrico com 4 modelos (Terra entre o Sol e a Lua, mas considerada plana, onde há apenas dia ou noite; Sol e Lua trocam de posição de forma instantânea), Modelo Geocêntrico com 8 modelos (6 desse oito modelos consideravam a Terra estacionária entre o Sol e a Lua e outros 2 modelos o Sol era considerado estacionário e a Terra girava em torno de seu eixo, enquanto a Lua auto luminosa estava estacionária ou orbitava em torno da Terra) e Modelo Heliocêntrico com 6 modelos (Sol colocado no centro do Sistema Solar, Terra esférica e com rotação). Porém neste modelo, os estudantes não conseguiram associar o ciclo dia/noite à rotação da Terra.

AUTORES	PÚBLICO	MODELOS MENTAIS DE SISTEMA SOLAR
Sharp e Kuerbis (2005)	Estudantes de 09 a 11 anos	MM 1 - Heliocêntrico (completo/correto); MM 2 - Heliocêntrico (completo/incorrecto); MM 3 - Heliocêntrico (incompleto/incorrecto); MM 4 - Espiral (formato espiralado das órbitas), MM 5 - Processional (Sol centrado); MM 6 - Geocêntrico; MM 7 - Processional (centrado na Terra); MM 8 - Aleatório (movimentos irregulares dos planetas); MM 9 - Terra - Sol – Lua (únicos astros do SS).
Chiras e Valanides (2008)	Estudantes do 4º e 6º ano do ensino fundamental	MM 1 - Pré-Geocêntrico (com 04 modelos do Ciclo Dia/Noite); MM 2 - Geocêntrico (com 08 modelos do Ciclo Dia/Noite); MM 3 - Heliocêntrico (com 0 modelos do Ciclo Dia/Noite).
Calderón-Canales, Flores-Camacho e Gallegos-Càzares (2013)	Estudantes de 06 a 12 anos do 1º ao 6º ano do ensino fundamental	MM 1 - sem estrutura definida para o SS; MM 2 - estrutura do SS sem movimentos; MM 3 - Sistema Sol-Terra-Lua; MM 4 - Sol-Terra-Lua com rotação; MM 5 - Sol-Terra-Lua com rotação com inclusão de asteroides e estrelas; MM6 - Sistema Solar com o Sol, a Terra, a Lua, os planetas alinhados.

Quadro 1 - Síntese de MMs da Revisão de Literatura.

Fonte: Própria dos autores.

Calderón-Canales, Flores-Camacho e Gallegos-Càzares (2013) encontraram seis modelos mentais sobre a organização do Sistema Solar com 39 estudantes do ensino fundamental. Os modelos foram nomeados por: Modelo 1 (não definida uma estrutura para Sistema Solar; inclui Terra e Sol e Lua estáticos e longe); Modelo 2 (os estudantes conseguem definir o que é Sistema Solar, porém a Terra está no centro e não possui movimentos e Lua e Sol movimentos para cima e para baixo), Modelo 3 (os estudantes acreditam que no Sistema Solar existem apenas Sol, Lua e Terra, com rotação), Modelo 4 (Sistema Solar composto pelo Sol com movimento de rotação ou para cima e para baixo, a Lua, a Terra, com rotação e mais um planeta), Modelo 5 (Sistema Solar com o Sol, a Lua, a Terra e diferentes planetas. Também inclui algumas estrelas e asteroides), Modelo 6 (Sistema Solar com o Sol, a Terra, a Lua, os planetas e alguns outros elementos, como estrelas ou asteroides. O Sol disposto em uma extremidade com os planetas alinhados. A Terra possui movimento de revolução). Os resultados desse estudo mostram que os modelos mentais podem ser reelaborados quando os estudantes estão expostos às diversas informações escolares. Os autores concluem que as intervenções escolares podem ser positivas para a mudança dos modelos quando consideradas as concepções alternativas trazidas pelos estudantes.

As pesquisas supracitadas mostram a tendência em explicar as noções dos estudantes a respeito do tema, porém são escassas as pesquisas em Educação em Astronomia que propõem intervenções diretas para auxiliar na reelaboração e nas mudanças de tais modelos mentais.

Em Carli et al. (2019) encontrou-se uma proposta de uma intervenção utilizando a “metodologia de olhos fechados” de Statham (2016), mostrando que ela poderia melhorar o aprendizado ajudando as crianças a desenvolver e fortalecer ideias e conceitos científicos. Esse autor defende que técnicas/atividades de visualização podem apoiar e desenvolver um modelo não observável, como é o caso do Sistema Solar.

Desta forma, concorda-se com Pozo e Crespo (2009) por serem de diversas origens as concepções sobre o tema e, com Lanciano (1989), pela impossibilidade da visualização do Sistema Solar como um observador externo; sendo assim, a cognição humana vai elaborando modelos incompletos da realidade, produtos construídos pela percepção. Assim, justifica-se nesta pesquisa a utilização dos Modelos Mentais como referencial teórico.

2 Os Modelos Mentais e a leitura

Para Johnson-Laird (1983), os Modelos Mentais (MMs) são compreendidos como blocos de construção cognitivos que podem ser organizados e reorganizados conforme a necessidade. Uma característica dos MMs é captar analogicamente a essência da situação ou objeto. São individuais para um mesmo sistema físico ou estado de coisas, portanto não únicos e flexíveis.

Johnson-Laird (2013) afirma que as mudanças cognitivas podem ter efeito duradouro nos processos cognitivos ou, simplesmente, produzirem resultados específicos em um tempo reduzido. Elas ocorrem devido a causas intrínsecas à mente, um pensamento ou percepção que induz uma emoção, por exemplo; e a causas extrínsecas, oriundas do ambiente, por exemplo, as situações de ensino.

A escassez de pesquisas na área de Educação em Astronomia do Brasil que relacionassem os temas Sistema Solar, literatura infantil e a mudança de Modelos Mentais provenientes da leitura de um livro literário, mostra a relevância desse estudo, uma vez que “para compreender um texto ele deve estar necessariamente representado de alguma forma na mente do leitor” (Lencastre & Pereira, 1990, p. 61). Dessa forma, entendendo que o leitor traz alguma informação em sua mente a respeito do que lerá, essa leitura, como agente externo, pode auxiliá-lo na reelaboração de seus modelos.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivo entender se a leitura de um livro literário infantil proporcionou a reelaboração de Modelos Mentais dos estudantes do 7º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal, em relação à compreensão do tema Sistema Solar. Para tanto, se propôs a leitura do livro literário “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” para uma turma de 7º ano do ensino fundamental, em razão dos estudantes pertencerem à faixa etária indicada para a leitura da obra.

A leitura é uma das importantes atividades básicas para a compreensão da realidade e apreensão do conhecimento. Nesse sentido, Lencastre e Pereira (1990) compreendem que o texto ou livro, em sua estrutura de ideias, impulsiona a construção de estruturas nas mentes dos leitores. Também afirmam que o texto por si só não estabelece sozinho essa estrutura. Ela depende dos conhecimentos anteriores (modelos) trazidos pelos leitores e pelos objetivos estabelecidos para as atividades de leitura.

Neste sentido se buscou uma obra da literatura infantil que pudesse trazer elementos que proporcionassem aos leitores uma mudança nos modelos de Sistema Solar após a leitura. Para isso, foi escolhida uma obra produzida por autores ligados à área da Educação em Astronomia, com a expectativa de minimizar erros conceituais e possibilitar informações diferenciadas e corretas aos estudantes sobre o Sistema Solar.

3 O Sistema Solar na aula da professora Zulema

O livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” integra a “Coleção Explorando o Universo”, da Editora da Universidade Estadual de Londrina. A coleção foi elaborada pelo grupo GepAstro durante os anos de 2009 a 2012. O GepAstro é composto por docentes da área da astronomia, física, geografia, pedagogia e por profissionais da área do desenho. A referida obra foi escolhida (Figura 1) por tratar do tema em questão, por seus autores terem formação na área de Educação em Astronomia e por ser adequado à faixa etária do 7º ano.

O Sistema Solar apresentado no livro infantil representa o modelo conceitual de referência para se inferir a respeito da mudança ou não nos modelos apresentados *a priori*. Para Norman (1983), modelos conceituais são aqueles que são produzidos por professores, *designers*, cientistas ou engenheiros, sendo concebidos como ferramentas para a compreensão ou ensino de sistemas físicos.



Figura 1 - Livro infantil “O Sistema Solar na aula da professora Zulema”.

Fonte: Romanzini et al. (2009).

A narrativa ocorre durante uma aula de Ciências, a respeito do tema Sistema Solar. A professora Zulema propõe uma discussão sobre o Sistema Solar, indicando que é formado por uma estrela central, o Sol, quando é interrompida pelo estudante Gabriel, que a interroga sobre a diferença entre um planeta e uma estrela. Essa pergunta motiva a professora a diferenciar esses dois componentes do Sistema Solar. Esse fato introduz os devaneios do estudante, que se vê vestido de astronauta percorrendo o Sistema Solar.

Na referida obra, o Sistema Solar é apresentado por um modelo conceitual (Quadro 1) segundo uma descrição heliocêntrica, trazendo os elementos pertencentes à sua composição geral (conjunto dos corpos celestes e poeira interplanetária). Os objetos do Sistema Solar são apresentados em ordem de distanciamento do Sol, do mais próximo para o mais distante, e a Nuvem de Oort. Descreve os planetas com suas características específicas: distância em relação ao Sol, classificação (rochosos ou gasosos), movimentos, satélites, superfície e temperatura.

No entanto, apesar da segurança para as informações corretas quanto ao texto, o mesmo não é garantido pelas ilustrações. Elas (Figura 1) não seguem nenhum rigor científico, pois não se respeitou escalas de volume e/ou distância e os planetas foram representados alinhados a partir do Sol ou distribuídos em uma pequena faixa de espaço de “um lado do Sol”. Nem as faces iluminadas ou escuras dos planetas (dia e noite) foram associadas à posição do Sol.

MODELO DE SISTEMA SOLAR DO LIVRO LITERÁRIO	
Localização	Via-Láctea;
Composição geral	Estrela central, o Sol; Conjunto de corpos celestes: planetas, planetas-anões, satélites naturais, asteroides, cometas e poeira interplanetária;
Estrutura do Sistema Solar	Heliocêntrico ou concêntrico;
Caracterização dos elementos que compõe o Sistema Solar	Planeta – classificação quanto a superfície (rochoso ou gasoso), temperatura, movimentos, disposição, distância em relação ao Sol. Presença de anéis; Sol – definição, formato e composição; Outros corpos: localização, composição e características predominantes.

Quadro 2 - Modelo de Sistema Solar apresentado pelo livro “O Sistema Solar na aula da professora Zulema”.

Fonte: Elaborado a partir de Romanzini et al. (2009).

Entende-se que a leitura tem fundamental contribuição à construção do conhecimento. As histórias também são representações mentais trazidas pelas mentes dos autores e podem, por conseguinte, sedimentar ou modificar modelos. Por essa razão, concorda-se com Lencastre e Pereira (1990) quando afirmam que o texto pode impulsionar a construção de estruturas na mente do leitor.

Essas estruturas, no entanto, só se consolidam com base nas concepções anteriores trazidas por cada um e na intenção que se dá ao ato de ler. Daí a importância de se reconhecer a Literatura para se ensinar Astronomia como uma possibilidade real, pois facilita o processamento da informação, propiciando uma melhor compreensão cognitiva.

Segundo Sackes, Trundle e Flevaris (2015), existe um consenso crescente entre os pesquisadores em Literatura Infantil de que livros ilustrados de ficção e não ficção podem ser utilizados como ferramentas para ensinar Ciências (Morrow et al., 1997; Saul & Dieckman, 2005; Monhardt & Monhardt, 2006).

Os livros infantis estimulam o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Morrow et al., 1997; Zeece, 1999; Monhardt & Monhardt, 2006) e, quando bem-elaborados, não só fornecem o conhecimento dos conceitos de Astronomia, mas também despertam a curiosidade e o interesse das crianças para o conhecimento científico, oferecendo oportunidade para o desenvolvimento da criticidade.

Em se tratando de crianças, leitura e mudança de modelos mentais, vale destacar a importância da preocupação dos autores de livros infantis com as ilustrações que, carregadas de significação, podem interferir na construção dos modelos cientificamente corretos.

4 Metodologia

A presente pesquisa possui caráter qualitativo por estar de acordo com as características que a determinam (Bogdan & Biklen, 1994). Nesse sentido, assume: o contato direto do pesquisador com o ambiente da pesquisa e com os sujeitos (o ambiente da escola e os estudantes); as informações obtidas ou dadas têm caráter descritivo (os desenhos, as expressões verbais e escritas dos estudantes); o significado das coisas tem importância (interessa saber como os estudantes elaboraram seus modelos e os reelaboraram, já que estão inseridos num contexto, e cada um, a seu modo, tem uma percepção do mundo e das pessoas); e a interpretação dos dados surgiu da percepção dos fatos a partir de um determinado contexto (procura-se interpretar as informações dado o contexto em que os estudantes estão inseridos).

Uma vez que o tema central desta investigação são os modelos mentais reelaborados pelos estudantes durante a leitura de um livro literário de Astronomia, a opção metodológica escolhida baseia-se na premissa de que “as representações mentais das pessoas podem ser inferidas (modeladas) a partir de seus comportamentos e verbalizações” (Moreira, 1996, p. 210). Concorde-se com Moreira (1996) que os estudantes nem sempre têm plena noção dos modelos mentais que trazem em suas mentes e, ainda, segundo Johnson-Laird (1983) e Norman (1983), os modelos que surgirem nem sempre serão claros, nítidos e elegantes. Por essa razão, as rodas de conversas e os desenhos são fontes de informações para a pesquisa.

A proposta da utilização do livro literário infantil sobre o Sistema Solar surgiu no sentido de agir como uma causa extrínseca, conforme afirma Johnson-Laird (2013), para impulsionar a tentativa de mudança cognitiva dos estudantes em relação a esse tema. Desta forma, tanto o texto, quanto as imagens do livro são elementos que devem ser considerados na análise dos dados por interferirem diretamente na representação do Sistema Solar num momento pós-leitura.

Para que a pesquisa fosse efetivada, estiveram envolvidos 24 estudantes do 7º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal. A justificativa para a escolha dessa turma se deu por ser uma das turmas onde uma das autoras ministra aulas de Matemática e Astronomia e pela faixa etária estabelecida pelos autores do livro literário infantil adotado. Os estudantes não foram identificados por seus nomes originais, a fim de resguardar suas identidades.

Esses procedimentos foram realizados mediante consentimento e autorização das partes a fim de que pudessem ser analisados os aspectos qualitativos tais como: a percepção dos estudantes por meio de suas explicações orais e escritas, a exposição de suas ideias e o envolvimento deles nas etapas da pesquisa. As gravações, posteriormente à transcrição e à apresentação dos resultados, foram eliminadas.

Para tanto, foram distribuídos 3 exemplares do livro, que foram adquiridos pela pesquisadora, para que as crianças, por meio de um sistema de rodízio, realizassem individualmente a leitura do livro em casa. Essa atividade foi realizada em aproximadamente 20 dias pelo grupo de estudantes em questão.

Optou-se coletar os dados por meio de desenhos e rodas de conversas, pois concorda-se que “os modelos mentais estão na cabeça das pessoas e a única maneira de investigá-los é, indiretamente, através daquilo que elas externalizam verbalmente, simbolicamente ou pictoricamente” (Moreira, 1996, p. 223). Esses registros foram

realizados antes e após a leitura do livro literário infantil “O Sistema Solar na aula da professora Zulema” para posterior triangulação desses dados.

Num primeiro momento, antes da leitura dos livros, explicou-se a proposta da pesquisa aos estudantes, que era entender se a leitura do livro “O Sistema Solar na aula da professora Zulema” proporcionaria a reelaboração dos Modelos Mentais que possuíam antes da leitura. Desta forma, foram disponibilizadas folhas de papel branco, tamanho A4, para que os estudantes desenhassem o que entendiam por Sistema Solar. Durante a realização da atividade, a professora pesquisadora fez uma explicação, em uma roda de conversa, solicitando que descrevessem seus desenhos. O objetivo era identificar quais modelos mentais do Sistema Solar eles verbalizavam a partir do que traziam em suas mentes antes da leitura do livro.

No segundo momento, após a leitura do livro literário infantil, a professora pesquisadora solicitou que novamente os estudantes fizessem desenhos sobre o que entendiam sobre o Sistema Solar. Da mesma forma, após a conclusão dos desenhos, a professora, numa roda de conversa, solicitou que os estudantes descrevessem seus desenhos.

Ressalta-se que todos os registros orais, escritos e desenhos produzidos pelos estudantes compuseram a base para a análise desta pesquisa: as expressões verbais foram gravadas e transcritas, e os desenhos e relatos escritos produzidos foram escaneados.

As estratégias como desenho, rodas de conversas e relato escrito que foram desenvolvidas por esta pesquisa ocorreram de acordo com o que propõe Triviños (2015), no que se refere a uma pesquisa de caráter qualitativo. Além disso, as anotações de campo foram adotadas para melhor subsidiá-la.

A coleta das informações de fato ocorreu durante as aulas de Matemática da pesquisadora, previstas no horário da escola. Para tanto, foi utilizado um total de 7 aulas duplas, denominadas encontros. Eles ocorreram entre os dias 6 de abril a 4 de maio de 2017.

5 Resultados e discussões

Os modelos mentais estabelecidos foram analisados a partir do modelo proposto pela obra literária “O Sistema Solar na aula da professora Zulema” para inferir a respeito da reelaboração ou mudança dos modelos mentais dos sujeitos. Os resultados deste estudo estão organizados em duas seções: primeiramente, apresentando os Modelos Mentais revelados pelos estudantes antes da leitura do livro e organizados em categorias estabelecidas pelos autores. Na segunda seção, apresenta-se os modelos representados após a leitura do livro, comparados com o Modelo Conceitual que ele oferece aos leitores.

5.1 Os modelos mentais do Sistema Solar elaborados *a priori*

Em função das individualidades dos sujeitos, com percepções e influências (sensoriais, culturais e escolares) diferentes, se teria para esta análise 23 modelos mentais diferentes e específicos. Optou-se por categorizar e nomear esses modelos pela disposição espacial dos elementos do Sistema Solar, embora se reconheça que os Modelos Mentais não são organizados apenas por esse aspecto, mas pelo conjunto de características

apresentadas no Modelo Conceitual representado no livro infantil “O Sistema Solar na aula da professora Zulema” (Quadro 2).

De forma geral, percebeu-se que em nenhum dos modelos houve a preocupação em descrever a localização do Sistema Solar na Via Láctea. Na representação do Sol e dos planetas, também não houve preocupação em apresentá-los em escala de volume ou de distância.

Os MMs do Sistema Solar originados a partir das representações dos 23 estudantes se assemelharam aos descritos por Sharp e Kuerbis (2005), Chiras e Valanides (2008) e Calderón-Canales, Flores-Camacho e Gallegos-Cázares (2013) em suas pesquisas. Porém, preferiu-se elaborar os nomes dos 4 modelos, dando ênfase ao formato do Sistema Solar representado. Assim:

Modelo 1 – ordem colinear: planetas foram organizados numa linha;

Modelo 2 – ordem concêntrica: planetas organizados um a um em linhas concêntricas;

Modelo 3 – imaginativo-disperso: com planetas organizados de forma dispersa;

Modelo 4 – vista aproximada: planetas foram observados como numa vista aproximada (Tabela 1).

Modelo	Quantidade
Modelo 1 – ordem colinear	13
Modelo 2 – ordem concêntrica	3
Modelo 3 – imaginativo-disperso	4
Modelo 4 – vista aproximada	3

Tabela 1 - Modelos do Sistema Solar *a priori*.

Fonte: Própria dos autores.

Tais modelos apresentaram-se com forte influência do modelo heliocêntrico de imagens bidimensionais, fora de escala, presentes nos livros didáticos e na internet ou reproduzidos em atividades realizadas pelos professores. Essas imagens do Sistema Solar em duas dimensões, às quais estão expostos os estudantes, não agregam aos esquemas de ação destes a percepção da tridimensionalidade existente no Sistema Solar (Figura 2).

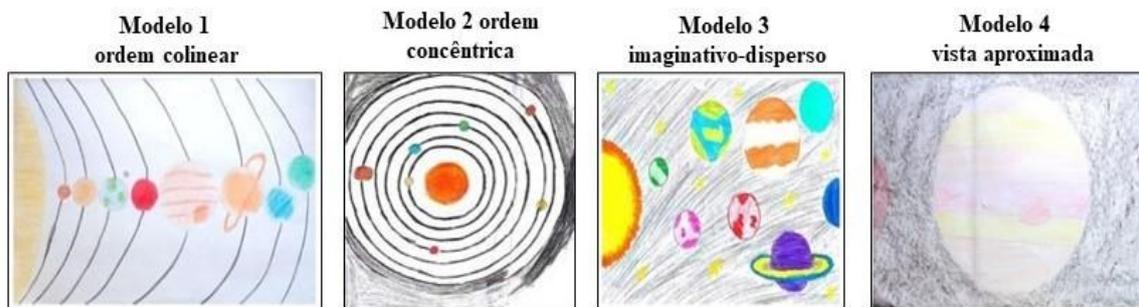


Figura 2 - Modelos Mentais do Sistema Solar *a priori*.

Fonte: Própria dos autores.

Modelo 1 – ordem colinear

Neste modelo, o Sol aparece sempre numa posição de extremidade, direita ou esquerda da folha de desenho, e os planetas são organizados de forma colinear a ele, ou seja, alinhados no plano da eclíptica.

A maioria dos estudantes desenhou os planetas em ordem de distanciamento do Sol, sem preocupação com a distância entre os planetas.

Modelo 2 – ordem concêntrica

Modelo do Sistema Solar em que o Sol se situa ao centro e os planetas são organizados em órbitas circulares e concêntricas. Nele, os planetas também são colocados em ordem de distanciamento do Sol, mas não há um cuidado em demonstrar o distanciamento entre eles de uma forma proporcional em escala de distância.

Modelo 3 – imaginativo-disperso

Modelo representado com o Sol situado numa extremidade da folha de desenho e os planetas organizados sem uma ordem lógica pré-determinada, dispersos no espaço, porém concentrados em uma estreita faixa de “um lado do Sol”.

As representações pictóricas estavam fora de escala de volume e de distância e não aparentavam preocupação com a proporcionalidade entre os planetas.

Modelo 4 – vista aproximada

O modelo apresenta uma visão em *zoom* de algum planeta do Sistema Solar. Nessa forma de representação, o Sistema Solar é visto como se uma lente de aumento fosse colocada numa determinada região em que o estudante gostaria de destacar.

Percebe-se claramente que as representações pictóricas realizadas pelos estudantes não foram influenciadas só por suas experiências diárias de observação e análise do céu, pois as concepções que trazem em suas mentes a respeito do Sistema Solar não foram observadas, mas, sim, reproduzidas.

5.1.1 Outras conclusões em relação à composição do Sistema Solar *a priori*

Para além dos modelos mentais estabelecidos em função da disposição dos elementos que compõem o Sistema Solar, outros aspectos foram observados.

Em relação aos elementos que compõem o Sistema Solar, todos os estudantes apresentaram desenhos incompletos no que concerne à quantidade de planetas ou à presença de elementos como Cinturão de Asteroides, cometas, satélites naturais (luas) dos planetas, entre outros.

Além disso, as representações pictóricas continham informações confusas e com a presença de elementos do Universo, – as nebulosas, estrelas para completar o espaço vazio (Figura 3) – que não fazem parte do Sistema Solar. “Eu desenhei os oito planetas, o sol e pra preencher o espaço eu fiz um monte de estrelas”, relata uma das estudantes. Isso demonstra a confusão existente no entendimento e na diferenciação entre o que é do Sistema Solar e o que está além dele.

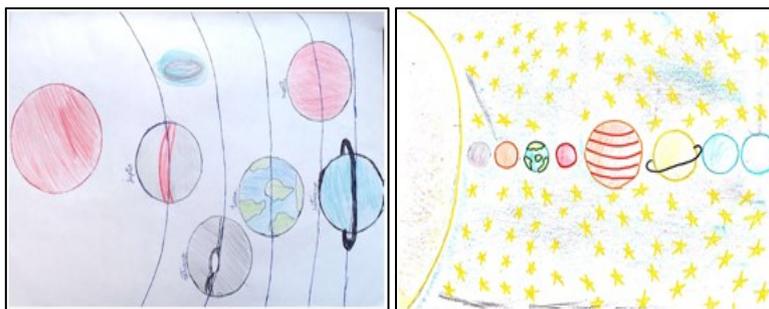


Figura 3 - Sistema Solar com nebulosa e estrelas.
Fonte: Própria dos autores.

Houve também grande dificuldade com a representação correta da quantidade de planetas e muitos estudantes desenharam e afirmaram ser sete o número total (Figura 4). Outros estudantes pareceram não saber a quantidade correta que fazia parte desse sistema, colocando alguns de forma dispersa e sem identificá-los por uma característica específica.

Em relação aos planetas do Sistema Solar, destaca-se a presença dos mais citados pela mídia (revistas, televisão e internet) em reportagens sobre divulgação científica, entre eles: Marte, Saturno e Júpiter. Alguns foram representados em função de suas características muito específicas, tais como: elementos visíveis, cor, tamanho, presença de anéis e proximidade do Sol. Também se observou que alguns movimentos foram atribuídos a eles, por meio das órbitas desenhadas por alguns dos estudantes.

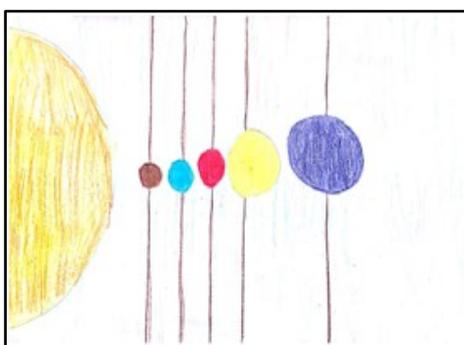


Figura 4 - Dificuldade na representação correta dos planetas.
Fonte: Própria dos autores.

Nas representações, não se pôde inferir se, de fato, os estudantes relacionaram as órbitas dos planetas aos seus movimentos em torno do Sol. Já pelas expressões escritas, alguns estudantes mostraram ter esse conhecimento. Por exemplo, um estudante afirma: “E tentei fazer os planetas e desenhá-las também “[...] **suas órbitas, sabe? Por onde eles passam.**” (Grifo nosso) Isso pode ser percebido nos desenhos de alguns estudantes.

Outro aspecto constatado nos desenhos realizados *a priori* foi o fato de muitos estudantes inserirem várias estrelas, tal qual no trabalho de Bisch (1998). Desse fato, infere-se que eles apresentaram dificuldades em perceber que, quando se trata do Sistema Solar, refere-se a uma estrela orbitada por planetas; no caso do Sistema Solar, o Sol. Essa representação pictórica em que aparecem diversas estrelas demonstra o quanto os estudantes ainda estão presos ao que observam no céu noturno. Da mesma forma nos

livros, pois é comum observar o SS com pontinhos entre os planetas, como sendo o céu de fundo.

Assim como em (Sharp & Kuerbis, 2005), inferiu-se que as representações de várias estrelas nos desenhos do Sistema Solar dos estudantes são influenciadas por suas observações cotidianas do céu noturno. Portanto, acredita-se que a fim de aproximarem suas representações daquilo que observam cotidianamente, os estudantes acrescentaram estrelas em seus desenhos. Muitos deles também justificaram a presença de estrelas no intuito de se preencher um espaço que julgam “vazio”. A Estudante 1 comenta: “Eu desenhei os oito planetas, o sol e pra preencher o espaço eu fiz um monte de estrelas.”

Alguns estudantes também deixaram claro, por suas falas, que o Sistema Solar possui apenas uma estrela, mas, contraditoriamente, seus desenhos do Sistema Solar estão repletos de estrelas. Interrogados pela professora sobre qual a razão da presença de tantas estrelas em suas representações pictóricas, eles relataram que existem várias estrelas no Universo que podem ser vistas a partir do Sistema Solar.

Professora – Por que no Sistema Solar de vocês tem tantas estrelas?

Estudante 2 – O Sistema Solar só tem uma estrela. No caso, o Sol. Mas nós podemos dizer as estrelas que estão talvez até em outras galáxias, porque têm muitas estrelas grandes, e tudo mais só vê de longe. E, também [...] principalmente da nossa galáxia, da Via Láctea. Então [...] dá pra ver bastante estrelas (Borges, 2018).

Outro fato importante a se destacar é a questão do tamanho do Sol. Notou-se, nas representações pictóricas, uma grande dificuldade por parte dos estudantes em compreender a diferença entre a proporção do tamanho do Sol e o tamanho dos planetas.

Segundo Piaget (2003), a dificuldade dos estudantes em atribuir identidade aos objetos afastados, planetas e estrelas, por exemplo, é um resíduo da defasagem na compreensão que condiciona a transição da fase sensório-motora até a fase do pensamento abstrato. Por essa razão, entende-se o motivo de estudantes que já estejam na idade da fase operatória formal ainda apresentarem dificuldades pertinentes à fase sensório-motora.

Concorda-se com Bisch (1998) que muitos estudantes atingem o final do ensino fundamental distantes do que se considera ideal para os estágios do desenvolvimento de Piaget para sua idade cronológica, no que se refere a uma noção mais conceitual dos corpos celestes. Por vezes, ainda se encontram presos à visão realista ingênua, não conseguindo organizar, em suas mentes, um modelo mental objetivo e funcional da realidade.

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese que consolida as noções do Sistema Solar dos estudantes obtidas por meio de seus desenhos e expressões orais.

Modelo de Sistema Solar	Estudante	Quantidade de planetas e o Sol		Órbita		Ordem de distanciamento do Sol		Proporcionalidade dos planetas em relação ao Sol	
		Completo	Incompleto	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Modelo 1 – ordem colinear	13	6	7	5	8	13	0	1	12
Modelo 2 – ordem concêntrica	3	3	0	3	0	3	0	0	3
Modelo 3 – imaginativo-disperso	5	3	2	1	4	1	4	0	5
Modelo 4 – vista aproximada	2	0	2	0	2	1	1	0	2

Quadro 3 - Quadro-síntese de modelos mentais *a priori* dos estudantes do 7º ano em relação ao tema “Sistema Solar”.

Fonte: Própria dos autores.

Para cada coluna desse quadro, indicou-se uma categoria analisada segundo a quantidade de elementos do Sistema Solar presentes em cada modelo, a presença ou ausência de órbitas, a proporcionalidade em relação aos tamanhos dos planetas em relação ao Sol e a disposição dos planetas segundo a ordem de distanciamento do Sol.

Em síntese, nos modelos dos 23 estudantes sobre o Sistema Solar evidenciou-se que 12 deles o representaram de forma completa, com o Sol e os oito planetas; 9 o representaram com a presença de órbitas; 19 alunos representaram a organização dos planetas pela ordem de distanciamento do Sol e; 20 estudantes ainda não conseguiram expressar, por meio dos desenhos, a proporcionalidade em escala dos planetas em relação ao Sol.

5.2 Mudança nos modelos mentais dos estudantes sobre Sistema Solar

A reelaboração ou mudança nos modelos mentais *a priori* pode ter-se dado sob a influência de algumas informações obtidas após a leitura do livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009), por exemplo, no que diz respeito às características específicas dos planetas e das ilustrações sobre a distribuição e os tamanhos dos astros no Sistema Solar. Na análise dos resultados, se mostrará se houve, num momento pós-leitura, uma aproximação do Modelo Conceitual apresentado pelo livro literário, embora outros fatores internos e/ou externos possam também ter interferido nesta mudança, inclusive o fato de a pesquisa ter ocorrido no ambiente da escola.

Percebe-se, no entanto, que nem todos os modelos mentais que apareceram nas representações *a priori* foram contemplados com as explicações dadas no livro, e que, portanto, pudessem auxiliar os estudantes na mudança de seus modelos.

Embora se saiba que a ilustração da capa do livro literário é uma representação artística, entende-se que ela reforça o modelo “imaginativo-disperso” nos estudantes, uma vez que optaram por desenhar os planetas espalhados e com tamanhos e distâncias fora de escala (Tabela 2).

A Tabela 2 apresenta, na primeira e segunda colunas, os modelos mentais representados pelos estudantes antes da leitura do livro literário. A terceira e quarta colunas apresentam os MMs após a leitura, de forma que cada um dos 4 representados antes da leitura se mantiveram ou tiveram sua representação modificada.

Antes da leitura do livro		Após a leitura do livro	
Modelo	Quantidade de estudantes	Modelo	Quantidade de estudantes
Modelo 1 – ordem colinear	13	Modelo 1 – ordem colinear	9
		Modelo 4 – vista aproximada	2
		Modelo 5 – disperso-lógico	2
Modelo 2 – ordem concêntrica	3	Modelo 1 – ordem colinear	1
		Modelo 2 – ordem concêntrica	2
Modelo 3 – imaginativo-disperso	5	Modelo 1 – ordem colinear	3
		Modelo 3 – imaginativo-disperso	1
		Modelo 5 – disperso-lógico	1
Modelo 4 – vista aproximada	2	Modelo 1 – ordem colinear	1
		Modelo 3 – imaginativo-disperso	1

Tabela 2 - Modelos mentais do Sistema Solar antes e após a leitura do livro literário.

Fonte: Própria dos autores.

Assim sendo, serão analisadas as mudanças ocorridas num momento pós-leitura para compreender se o texto e as ilustrações interferiram de maneira significativa, proporcionando condições para a evolução dos modelos mentais dos estudantes. Sequencialmente, serão analisados os estudantes que representaram o Modelo 1, Modelo 2, Modelo 3 e Modelo 4 antes da leitura. Importante observar que 12 dos 23 estudantes mantiveram seus modelos. Os outros 11 estudantes modificaram a forma de representação após a leitura.

Modelo 1 – ordem colinear

Dos 13 estudantes que se enquadraram no modelo "ordem colinear" *a priori*, pode-se observar, pela Tabela 2, que 9 deles continuaram a representar o Sistema Solar de forma que os planetas ficassem alinhados. Embora o livro literário traga uma ilustração discreta de um modelo "ordem concêntrica" (ou heliocêntrica) (Figura 1), percebe-se que, neste modelo, nenhum estudante que representou o Sistema Solar linearmente antes da leitura do livro foi influenciado por esta representação do livro literário.

Apesar disso, percebe-se ainda que, nos desenhos *a posteriori*, houve mudanças em relação à inserção de elementos novos que não haviam sido representados *a priori*.

Os outros quatro estudantes que, *a priori*, representaram o Sistema Solar colinearmente, modificaram seus modelos para "vista aproximada" (2) e "disperso-lógico" (2), conforme Figura 5.

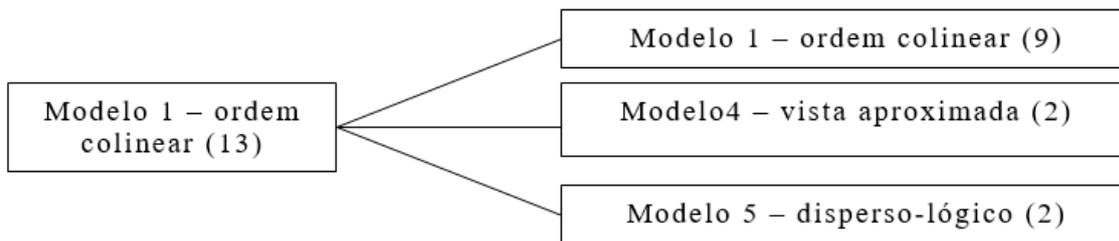


Figura 5 - Reelaboração ou mudança no modelo ordem colinear após a leitura.
Fonte: Própria dos autores.

Nesse grupo de estudantes, a reelaboração ou mudança das representações ocorreu principalmente em relação à caracterização dos planetas, à representação deles em relação à ordem de distanciamento do Sol e da presença de satélites naturais (luas) em alguns. Também se percebeu que os estudantes compreenderam melhor a posição dos planetas representados em relação ao Sol.

Outro ponto a se considerar é a presença do Cinturão de Asteroides no desenho das Estudantes 3 e 4, contudo nenhum estudante se preocupou com a representação do Cinturão de Kuiper nem com a Nuvem Oort, descritos e representados pelo livro literário.

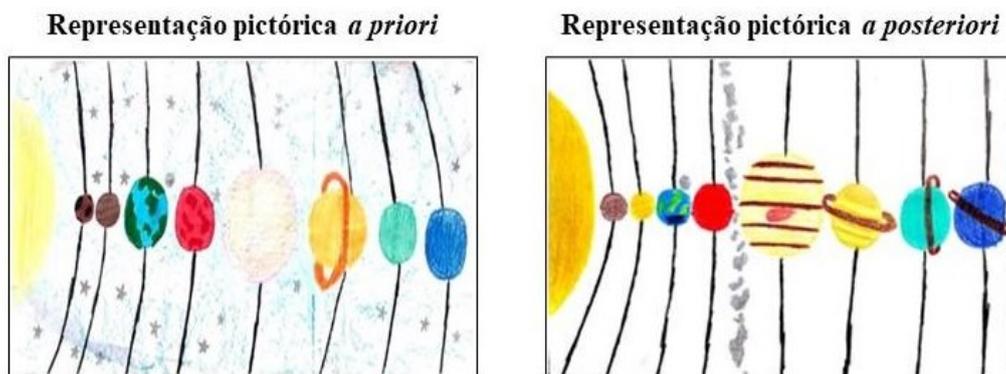


Figura 6 - Mudança do modelo do Sistema Solar da Estudante 3.
Fonte: Própria dos autores.

Tanto na representação *a priori* quanto na representação *a posteriori* da Estudante 3 (Figura 6), houve uma preocupação em deixar os planetas alinhados e organizados segundo a ordem de posição em relação ao Sol. Em seu desenho, o eixo de rotação de Urano foi representado inclinado em relação à perpendicular ao plano da órbita, assim como apresentado pelo livro literário. A Estudante 3 também retirou as estrelas presentes ao fundo, adicionou o Cinturão de Asteroides, apresentou uma relação melhor na escala de volume entre os planetas e colocou anéis nos gigantes, com exceção de Júpiter.

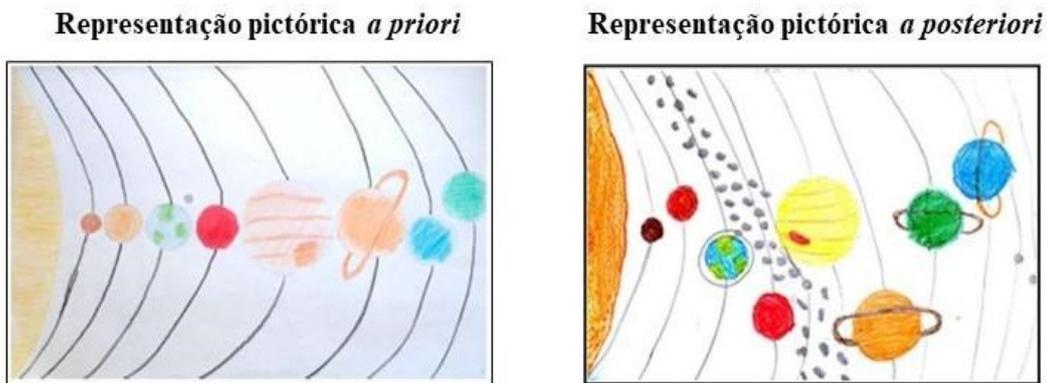


Figura 7 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 4.
Fonte: Própria dos autores.

A Estudante 4 representou o Sistema Solar sem alinhamento entre os planetas, mas manteve a ordem lógica da posição deles em relação ao Sol. Por essa razão, classifica-se seu modelo como “disperso-lógico”. Ela também inseriu, em sua representação pictórica, anéis em três planetas gigantes e representou o Cinturão de Asteroides.

O modelo mental da Estudante 4 reformulado *a posteriori* aproximou-se do modelo conceitual apresentado pelo livro, preservando a organização dos planetas em sua ordem de distanciamento do Sol, mas acrescido dos elementos novos que surgiram após a leitura.

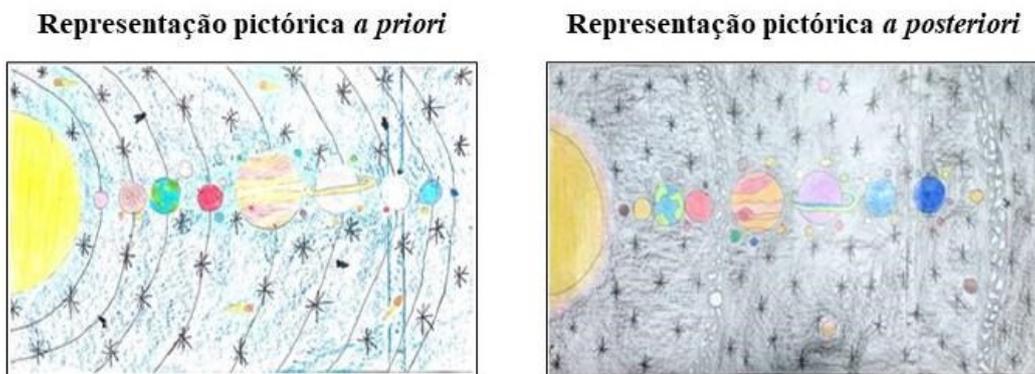


Figura 8 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 5.
Fonte: Própria dos autores.

A Estudante 5, diferentemente dos demais estudantes, conseguiu uma representação mais detalhada dos planetas do Sistema Solar, destacando suas características principais apresentadas no livro literário. Ela inseriu em sua representação dos planetas algumas “luas” e os anéis, mas ainda permaneceu representando muitas estrelas ao fundo do Sistema Solar.

O modelo mental do Sistema Solar que a Estudante apresentou modificou-se no que diz respeito à inserção de elementos novos (Cinturão de Asteroides, características dos planetas e luas) oferecidos pelo livro. Assim, a estudante confirma em sua representação que *a priori* ela formulou um modelo inicial e, por possuir algum conhecimento relativo ao Sistema Solar, agregou ao desenho *a posteriori* aquilo que lhe

faltava como complemento do seu modelo inicialmente formulado. Ela manteve as estrelas ao fundo ou entre os planetas.

Modelo 2 – ordem concêntrica

Em relação ao modelo “ordem concêntrica”, as representações *a posteriori* dos estudantes também apresentaram mudanças no que diz respeito à quantidade de elementos presentes.

Dos modelos apresentados anteriormente como concêntricos, apenas um dos dois permaneceu com o formato concêntrico, e o outro representou o Sistema Solar como um modelo “ordem colinear” (Figura 9).

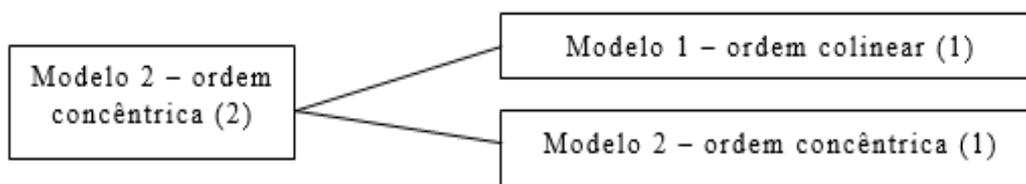


Figura 9 - Mudança nos modelos Ordem Concêntrica.

Fonte: Própria dos autores.

Nos modelos do Estudante 6 e do Estudante 7, também se notam as presenças do Cinturão de Asteroides e de uma preocupação com a caracterização dos planetas. Os estudantes também demonstraram uma preocupação com a posição dos planetas em relação ao Sol. No que tange a este aspecto, destaca-se novamente a influência do livro literário, desta vez nos desenhos dos estudantes 6 e 7, pois o livro dá muita ênfase à caracterização dos planetas.

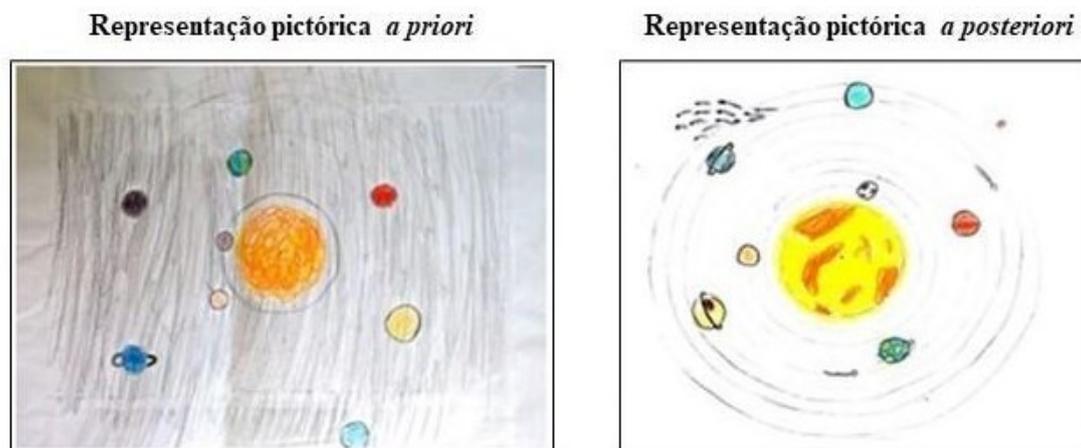
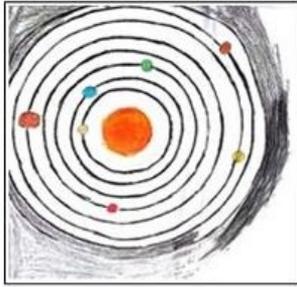


Figura 10 - Mudança no Modelo do Sistema Solar do Estudante 6.

Fonte: Própria dos autores.

Representação pictórica *a priori*



Representação *a posteriori*

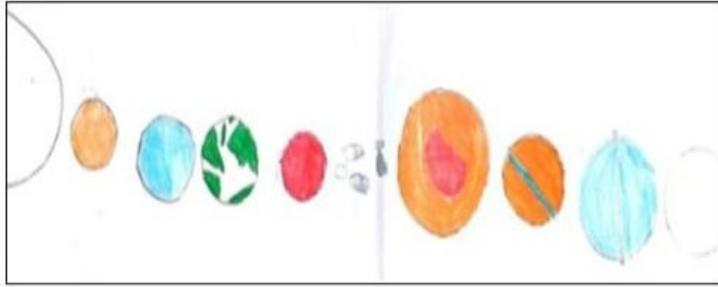


Figura 11 - Mudança no modelo do Sistema Solar do Estudante 7.

Fonte: Própria dos autores.

Ainda em relação à representação dos dois estudantes acima citados, nota-se a dificuldade de ambos quanto à percepção de que o Sol é muito maior do que os planetas do Sistema Solar.

No modelo do Estudante 7, percebe-se notadamente a mudança, pois os planetas foram representados por ele, conforme proposto no livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009). Na obra os autores apresentam o Sistema Solar numa ordem de descrição crescente, tendo em consideração a ordem de disposição dos planetas em relação ao Sol. Nesse caso, o livro literário representou a base de dados para a construção do modelo mental (Lencastre & Pereira, 1990, p. 62).

Modelo 3 – imaginativo-disperso

Os estudantes que representaram seus modelos do Sistema Solar de forma desordenada e sem a preocupação com a caracterização dos planetas tiveram mudanças consideráveis. Em suas representações *a posteriori*, o Sistema Solar foi representado de forma mais organizada no que diz respeito à posição dos planetas em relação ao Sol. Também as representações das Estudantes 8, 9 e 10 trouxeram novos elementos que caracterizaram os planetas.

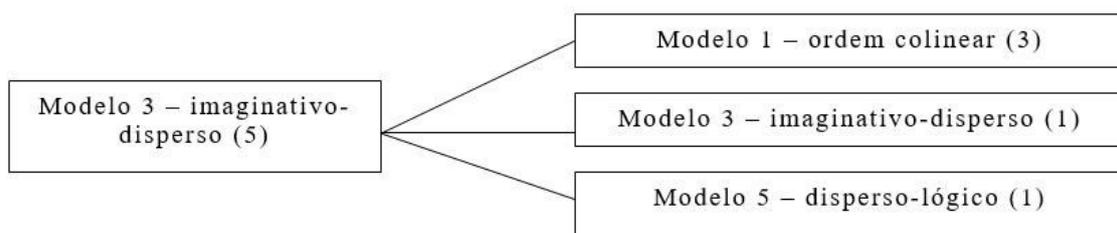


Figura 12 - Mudança nos modelos imaginativo-dispersos.

Fonte: Própria dos autores.

Dos cinco desenhos representados *a priori*, três deles foram representados *a posteriori* no modelo “ordem colinear”, um foi representado no “disperso-lógico”, e o outro, no “imaginativo-disperso”. O modelo imaginativo disperso caracteriza-se pela configuração dos planetas do Sistema Solar sem a ordem de distanciamento do Sol, desenhados de forma dispersa na folha. Nas representações *a posteriori*, apenas um estudante permaneceu com a representação imaginativa-dispersa. Provavelmente, o livro

colaborou para mudar a ideia de que os planetas são colocados em torno do Sol sem uma ordenação lógica.

Neste modelo, a Estudante 8 (Figura 13) continuou representando os planetas de forma espalhada, mas com certa lógica em sua organização, separando, com o Cinturão de Asteroides, os planetas rochosos dos gasosos. Também desenhou Urano inclinado, assim como apresentado pelo livro literário (Figura 14), e colocou anéis em três planetas gigantes. Considera-se também como um avanço, no modelo da Estudante 8, o fato de ela fazer a caracterização de alguns planetas.

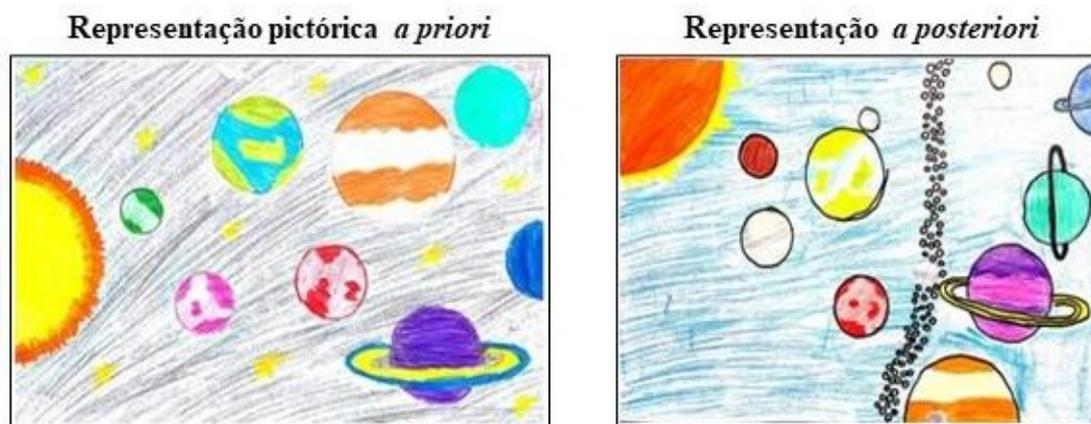


Figura 13 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 8.
Fonte: Própria dos autores.

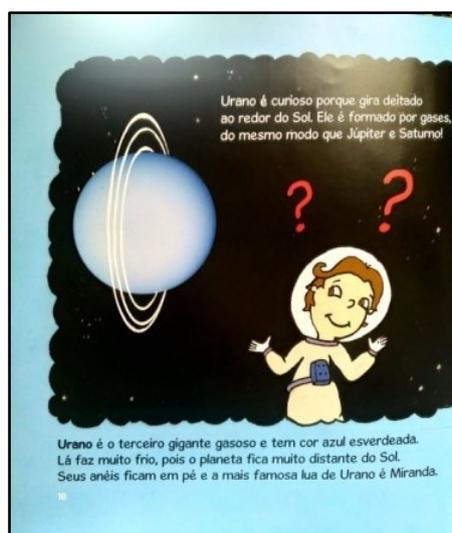


Figura 14 - Ilustração de Urano no livro “O Sistema Solar na aula da professora Zulema”.
Fonte: Romanzini et al. (2009).

As Estudantes 9 e 10 também trouxeram, na representação de seus modelos, uma organização dos planetas em relação à posição que ocupam a partir do Sol. Elas também representaram os planetas com algumas das características apresentadas durante a leitura do livro literário.

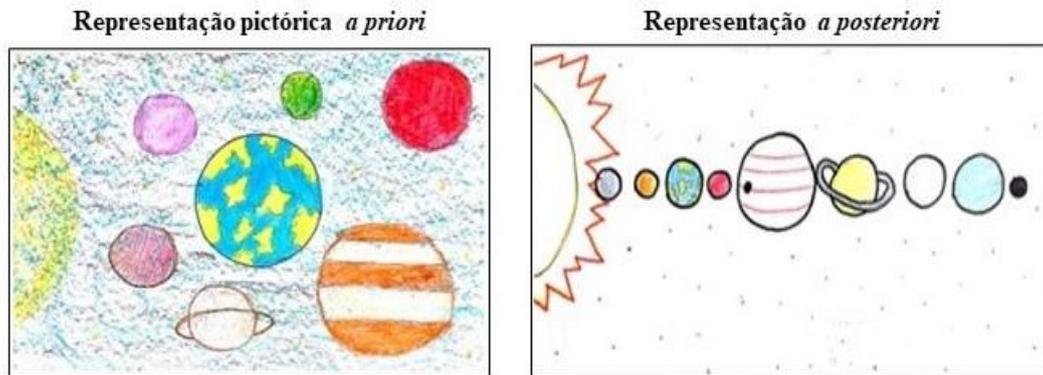


Figura 15 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante.
Fonte: Própria dos autores.

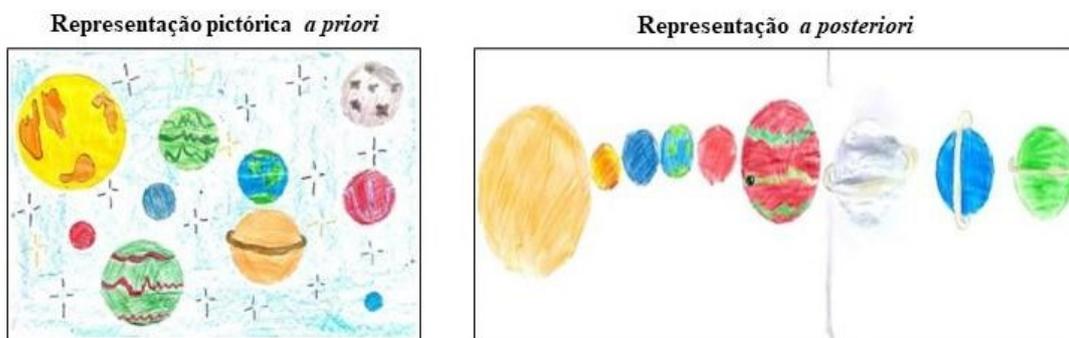


Figura 16 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 10.
Fonte: Própria dos autores.

Nos modelos apresentados *a priori* pelas Estudantes 8, 9 e 10, houve significativa mudança, pois eles são marcados por elementos que caracterizam aspectos do “realismo ingênuo”, no qual as crianças acreditam que as situações são da forma que seus sentidos lhes informam (Bisch, 1998, p. 6). Nas representações *a posteriori*, as Estudantes demonstraram que compreenderam a organização dos planetas em ordem de distanciamento do Sol, bem como elementos que caracterizam alguns planetas como cores, presença de anéis e inclinação da órbita, no caso da Estudante 10.

Modelo 4 – Vista aproximada

Nos dois modelos de vista aproximada *a priori*, ocorreu a presença de um modelo “imaginativo-disperso” e de um modelo “ordem colinear”. Nesses modelos representados *a posteriori*, observou-se em um estudante a mudança para o modelo ordem colinear e, em outro estudante a mudança para o modelo imaginativo-disperso.

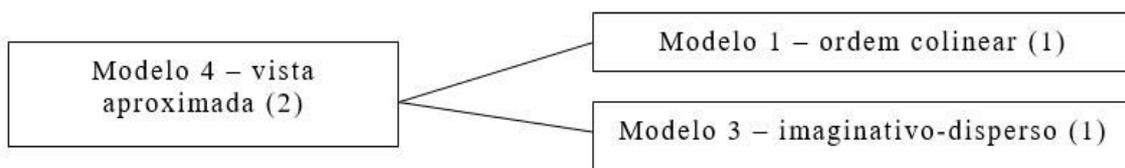


Figura 17 - Mudança nos modelos vista aproximada.
Fonte: Própria dos autores.

O modelo da Estudante 11 adotou uma representação “imaginativa-dispersa”, retratando simbolicamente o Sistema Solar com vários círculos concêntricos e sem a identificação de planetas ou outros corpos celestes. A Estudante não relacionou sua representação ao modelo conceitual do livro literário. Ela deixa demonstrado em sua representação a presença marcante do “realismo ingênuo” citado por Bisch (1998) e que, embora o texto, segundo Lencastre e Pereira (1990), seja considerado a base para a construção dos modelos mentais, ela não utilizou essa base de informações para reelaboração do seu modelo *a priori*.

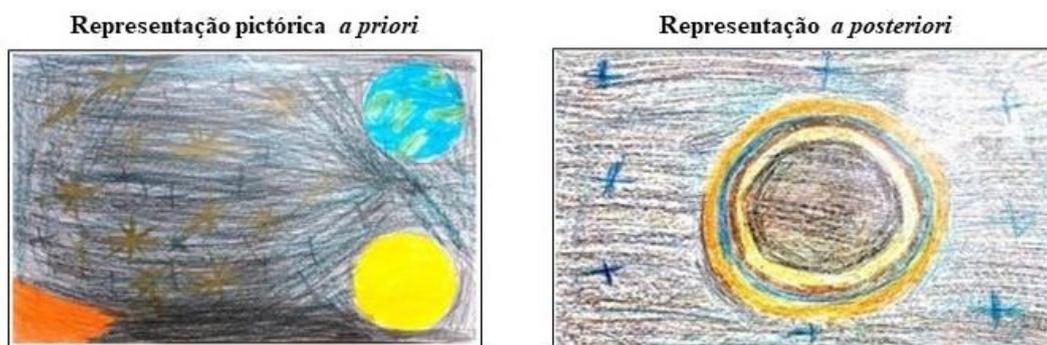


Figura 18 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 11.
Fonte: Própria dos autores.

Estudante 11 - Bom, eu desenhei um círculo grande e, em volta, bem escuro com umas estrelas azuis e, dentro dele, pintei de várias cores iguais coloridas e eu quis representar o Sistema Solar (Borges, 2018).

A Estudante 12 apresentou seu modelo *a posteriori* como um modelo “ordem colinear”, deixando em seu registro os planetas organizados em ordem de distanciamento do Sol e com algumas características apresentadas pelo modelo conceitual proposto pelo livro literário “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009). Em sua expressão oral, durante as rodas de conversa, a estudante confundiu o Cinturão de Asteróides com o Cinturão de Kuiper.

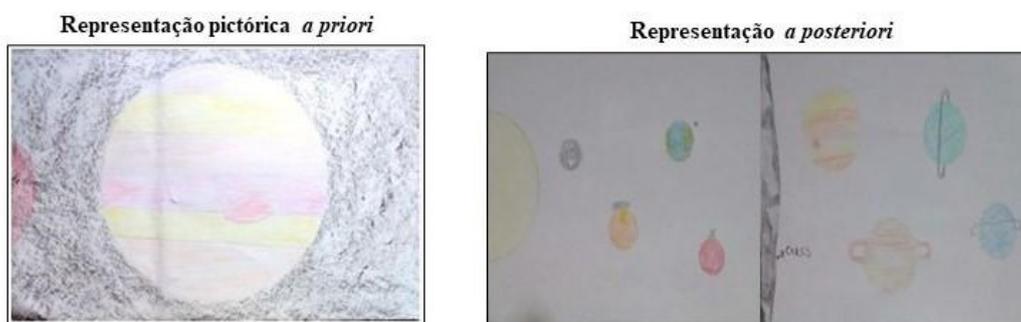


Figura 19 - Mudança no modelo do Sistema Solar da Estudante 12.
Fonte: Própria dos autores.

Estudante 12 - Meu desenho ficou bem simples. Eu não pintei o fundo, porque, para mim, o Universo não tem uma cor certa e, por isso, deixei branco mesmo. Eu também **não** fiz um desenho só. Eu separei o desenho em uma parte. Eu desenhei o Sol e os planetas rochosos e, em outra parte, o Cinturão de Kuiper e os planetas gasosos, mas eu não desenhei os planetas-anões (Borges, 2018).

Conclui-se que, de forma geral, os modelos *a posteriori* apresentados nesta seção sobre o Sistema Solar foram modificados num momento pós-leitura, pois o modelo conceitual do livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009) foi organizado no sentido de oferecer ao estudante a disposição dos planetas em ordem de distanciamento do Sol, bem como as características marcantes de cada planeta.

6 Influência dos Modelos Conceituais

O modelo conceitual do Sistema Solar não é algo fácil de ser compreendido pelos estudantes em razão da dificuldade natural em observá-lo a partir de um referencial externo, de forma a visualizar sua estrutura geral. Dessa maneira, é necessário contar com experiências diversas que os auxiliem na revisão contínua de seus modelos antigos, agregando a eles informações novas ou substituindo as obsoletas a fim de que melhor se aproximem do modelo conceitual.

Os desenhos do Sistema Solar realizados *a priori* pelos estudantes estiveram presos à representação de sua estrutura geral, partindo de um observador externo a ele. O livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009) apresentou, na página 6, uma única imagem da estrutura do Sistema Solar na forma concêntrica ou heliocêntrica, como se estivesse sendo observada a partir de um referencial externo.

Segundo Norman (1983), uma vez que o modelo conceitual é elaborado por cientistas e/ou professores na intenção de se facilitar a compreensão dos conceitos, pode-se inferir que o modelo conceitual apresentado pela ilustração do livro literário pode ter influenciado os estudantes em suas representações *a posteriori*.

Apesar de o modelo conceitual apresentado no livro literário deixar evidente o modelo heliocêntrico do Sistema Solar, nas representações pictóricas e nas expressões orais dos estudantes, percebe-se que o “modelo ordem colinear” foi predominante nas representações realizadas pós-leitura do livro. O livro não apresenta em suas ilustrações a linearidade dos planetas, mas na forma de exposição do conteúdo, percebe-se a apresentação dos objetos do Sistema Solar numa ordem de distanciamento do Sol. Dos 23 estudantes, 14 utilizaram este modelo na representação *a posteriori* do Sistema Solar.

Embora os modelos apresentados pelos estudantes ainda se revelem incompletos e ainda não tão sofisticados conforme afirma Moreira (1996) em relação às representações de um conceito teórico, percebe-se que estão mais representativos em relação à quantidade de planetas e mais organizados no que diz respeito a sua posição em relação ao Sol. Alguns planetas foram melhor representados em suas características específicas, e o Cinturão de Asteroides passou a fazer parte da representação de alguns estudantes.

Concorda-se com Moreira (1996) que os modelos dos estudantes evoluirão naturalmente, mas, se interagirem com livros literários adequados, materiais tridimensionais e com a observação dos astros no céu, entende-se que esse processo seria facilitado. Os estudantes modificariam seus modelos até que se aproximassem do modelo conceitual mais aceitável, acrescentando a eles as informações assimiladas, que poderão ser corretas ou não dependendo do recurso – livros, imagens e filmes – que se tenha disponível.

Considera-se, como mudança do modelo, o fato de alguns estudantes suprimirem, de suas representações pós-leitura, elementos que não fazem parte do Sistema Solar, como, por exemplo, estrelas e nebulosas, que foram representados *a priori*. Isso se deve ao caráter informativo da leitura do livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009), que trouxe ao conhecimento dos estudantes quais e quantos são os elementos que pertencem ao Sistema Solar.

Observa-se, entretanto, que não houve uma preocupação do livro literário com a questão da distância dos planetas em relação ao Sol nem com as distâncias entre planetas. Os autores se preocuparam em dar ênfase à posição dos planetas em relação ao Sol, às características e curiosidades de cada um.

A dificuldade dos estudantes em realizar a transposição de um referencial terrestre (topocêntrico) para um referencial externo ao Sistema Solar (heliocêntrico) ainda é grande, conforme afirma Lanciano (1989). Percebe-se isso, ao observar os desenhos. Eles são reproduções das imagens oferecidas como fontes de informação. E, se essas imagens não são apresentadas com a tentativa de mostrar a proporção do volume dos planetas, da distância entre eles e o Sol, por exemplo, dificilmente os estudantes conseguirão mensurar tais volumes e distâncias para poder desenhá-los. Nesse sentido, compreende-se que o livro não colaborou muito.

Os modelos que surgiram após a leitura do livro literário ainda foram representados dando ênfase à estrutura e composição do Sistema Solar. Um modelo novo, denominado “modelo disperso-lógico”, surgiu depois da leitura do livro literário.

Conclui-se que, de forma geral, os modelos *a posteriori* apresentados nesta seção sobre o Sistema Solar foram modificados num momento pós-leitura, pois o modelo conceitual do livro “O Sistema Solar na aula da Professora Zulema” (Romanzini et al., 2009) foi organizado no sentido de oferecer ao estudante a disposição dos planetas em ordem de distanciamento ao Sol, bem como as características marcantes de cada planeta.

Considera-se, depois da análise das informações, que essa mudança dar-se-ia mais efetivamente se, junto à leitura, fossem feitas atividades de observação e construção de modelos tridimensionais. Para Sharp e Kuerbis (2005), para ocorrer a mudança de um modelo para outro, é necessário algum processamento de informação, e processar informações, na maioria das vezes, se dá de forma limitada, seletiva e incompleta e, em especial, quando os esquemas conceituais dos estudantes estão mal resolvidos ou incompatíveis com o que é ensinado.

7 Considerações finais

Considera-se que a utilização do livro literário infantil no ensino de Astronomia, associado a outras ações, pode contribuir na mudança nos modelos mentais dos estudantes, pois observando-se os aspectos apresentados pelos modelos mentais *a priori* e *a posteriori*, percebeu-se a inserção de elementos do Sistema Solar que antes da leitura não se destacaram nem nos desenhos e nem nas expressões orais dos estudantes.

Ainda que a representação de SS que o livro literário escolhido defende também sustente algumas dificuldades para a reelaboração de novos modelos, considera-se que a mediação da leitura é fundamental, pois dificilmente serão encontradas obras literárias que não tragam elementos que apresentam pontos de discussão.

Desta forma, a proposta da utilização do livro literário infantil surge como uma possibilidade lúdica a mais no ensino de Astronomia, desmistificando concepções alternativas e possíveis erros conceituais oriundos das influências de origens sensorial, cultural e/ou escolar e dos conteúdos midiáticos amplamente utilizados na divulgação científica.

Outra observação importante é a atenção que se deve dar à escolha do livro literário, não só pelos autores da área, mas também dos ilustradores. Eles, com suas concepções próprias, podem interferir significativamente na reelaboração de modelos.

Agradecimentos

Aos 23 estudantes participantes da pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES], pelo apoio financeiro para a realização da presente investigação.

Referências

- Bisch, S. M. (1998). *Astronomia no 1º grau: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Tradução de Maria J. Alvarez, Sara B. dos Santos, Telmo M. Baptista. Portugal: Porto editora.
- Borges, E. F. M. (2018). *A literatura infantil no ensino da Astronomia: modelos mentais sobre sistema solar e estrelas de estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental*. Dissertação de Mestrado. Goiânia: Universidade Federal de Goiás.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília. Recuperado em 13 de abr. 2022 de <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br>
- Calderón-Canales, E., Flores-Camacho, F. & Gallegos-Cazares, L. (2013). Elementary student's mental models of the Solar System. *Astronomy Education Review*, 12(1), 010108. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/kalkanh/117366/pgg3ztf30w6.pdf>
- Carli, M., Marignolli, C. & Pantano, O. (2019). Developing mental models through visualization techniques: an experimentation on the solar system in primary school. In *Anais de EDULEARN19 Proceedings*, 7497-7506. Mallorca, Espanha. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <http://lib.uib.kz/edulearn19/files/papers/1793.pdf>
- Chiras, A. (2008). Day/Night Cycle: Mental Models of Primary School Children. *Science Education International*, 19(1), 65-83. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.icasonline.net/sei/march2008/19-1-march-2008-65_83.pdf

Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International journal of science education*, 22(1), 1-11. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <http://web.ntnu.edu.tw/~699450216/shares/20120308/Mental%20models,%20conceptual%20models,%20and%20modelling.pdf>

Johnson-Laird, P. N. (2013). Mental models and cognitive change. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(2), 131-138. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20445911.2012.759935

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models* (6a ed.). Cambridge: Harvard University.

Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tlomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias: revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 7(2), 173-182. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/51253/92997

Lencastre, L. & Costa Pereira, D. (1990). A compreensão de textos como construção de modelos mentais. *Análise Psicológica*, 1(8), 61-69. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/55810/2/82654.pdf>

Monhardt, L. & Monhardt, R. (2006). Creating a context for the learning of science process skills through picture books. *Early Childhood Education Journal*, San Francisco, 34 (1), 67-71. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10643-006-0108-9>

Moreira, M. A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(1), 193-232. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.lume.ufrgs.br/handle/10183/141162

Morrow, L. M., Pressley, M., Smith, J. K. & Smith, M. (1997). The effect of a literature-based program integrated into literacy and science instruction with children from diverse backgrounds. *Reading Research Quarterly*, 1(32), 54-76. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://ila.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1598/RRQ.32.1.4>

Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In A. L. Gentner, D. Stevens. *Mental models*. (Chap. 1, pp.7-14) New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Piaget, J. (2003). *A construção do real na criança* (3a ed.) São Paulo: Ática.

Pozo, J. I. & Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5a ed.). Porto Alegre: Artmed.

Romanzini, J., Queiroz, V., Trevisan, R. H., Sanzovo, D. T., Lattari, C. & Bruno, A. T. (2009). *O Sistema Solar na aula da professora Zulema*. Londrina: EDUEL.

Sackes, M., Trundle, K. C. & Flevares, L. M. (2009). Using children's literature to teach standard-based science concepts in early years. *Early Childhood Education Journal*, 36(5), 415-422. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10643-009-0304-5>

- Saul, E. W. & Dieckman, D. (2005). Choosing and using information trade books. *Reading Research Quarterly*, 40(4), 502-513. Recuperado em 7 de fev., 2022 de <https://ila.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1598/RRQ.40.4.6>
- Sharp, J. G. & Kuerbis, P. (2006). Children's ideas about the solar system and the chaos in learning science. *Science Education*, 90(1), 124-147. Recuperado em 4 de fev., 2022 de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.20126>
- Silva, S. R., Prado, A. F., Frederico, I. E., Langhi, R. & Bastos, F. (2018). Percepções de alunos do 4º ano de uma escola municipal sobre sistema solar. *Anais do Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*. Londrina, PR, Brasil, 5. Recuperado em 19 de abr., 2022 de <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/v-snea/atas/comunicacoes-orais/co3/>
- Statham, M. (2016). Eyes closed for learning. *Primary Science*, 144, 31-33. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.ase.org.uk/resources/primary-science/issue-144/eyes-closed-learning
- Triviños, A. N. S. (2015). *Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas.
- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal Curriculum Studies*, 23(3), 219-237. Recuperado em 4 de fev., 2022 de www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0022027910230302
- Vosniadou, S. (1994). 16 Universal and culture-specific properties of. Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture, 412. Recuperado em 4 de fev., 2022 de [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=n1tqi8Tux-kC&oi=fnd&pg=PA412&dq=Vosniadou,+S.+\(1994\).+16+Universal+and+culture-specific+properties+of.+Mapping+the+mind:+Domain+specificity+in+cognition+and+culture,+412.&ots=WkhBQ2k9Rl&sig=WS6oxwuUeHirRUN8qw_dGLSTbuk](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=n1tqi8Tux-kC&oi=fnd&pg=PA412&dq=Vosniadou,+S.+(1994).+16+Universal+and+culture-specific+properties+of.+Mapping+the+mind:+Domain+specificity+in+cognition+and+culture,+412.&ots=WkhBQ2k9Rl&sig=WS6oxwuUeHirRUN8qw_dGLSTbuk)
- Zeece, P. D. (1999). Things of nature the nature of the things: Natural science-based literature for young children. *Early Childhood Education Journal*, 26(3), 161-166. Recuperado em 7 de fev., 2022 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10643-009-0304-5>

Artigo recebido em 29/09/2021.

Aceito em 11/05/2022.