

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ASTRONOMIA

Neila Andrade Tostes López dos Santos ¹
Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos ²

RESUMO

Nesse trabalho analisamos as contribuições de uma sequência didática, baseada no Ensino por Investigação, na construção e/ou reelaboração de conhecimentos sobre astronomia e na formação do espírito científico, segundo pressupostos de Gaston Bachelard. A sequência foi desenvolvida com 16 alunos de 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Campo Grande/MS. Durante as atividades, os estudantes levantaram hipóteses a um problema presente em uma história problematizadora, manipularam simuladores e mobilizaram conhecimentos de astronomia para testar suas hipóteses e dar respostas ao problema. A pesquisa foi de cunho qualitativo e, na análise das atividades da sequência didática, buscamos identificar indícios de construção do conhecimento e de obstáculos epistemológicos que impedem a formação do espírito científico. Para isso, todas as falas e registros desenvolvidos pelos alunos foram gravados e transcritos. Os resultados apontam que os alunos iniciaram a construção de alguns conhecimentos científicos relacionados à Astronomia, no entanto, também identificamos alguns obstáculos epistemológicos que podem dificultar a aprendizagem, como o obstáculo verbal, a experiência primeira, o animismo e o realismo. Nesse sentido, consideramos que a análise de obstáculos epistemológicos durante o processo de ensino e aprendizagem é uma atividade importante para minimizar as limitações presentes no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino por Investigação; Astronomia; Espírito Científico.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências é objeto de estudo de muitos pesquisadores que investigam e procuram estratégias para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos relacionados a esse componente curricular. Nesse sentido, a abordagem didática do Ensino por Investigação tem se destacado com uma dessas estratégias, pois possibilita o desenvolvimento da autonomia, facilita a construção de significados, a observação crítica dos fenômenos e a aproximação com a cultura científica durante o processo de resolução de problemas.

Segundo Sasseron (2015), o Ensino por Investigação caracteriza-se como uma abordagem didática desenvolvida pelo professor e que pode estar relacionada a qualquer

¹ Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, neilandradetostes@gmail.com;

² Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, anacarolinegossantos@gmail.com.

conteúdo do ensino. Nessa abordagem, o professor coloca em prática habilidades que possibilitam a construção de saberes por meio da resolução de problemas. Além de propiciar a construção de conhecimentos científicos, o Ensino por Investigação também promove o exercício de práticas que se aproximam do trabalho científico, o que pode favorecer a desmistificação de concepções equivocadas sobre a natureza do desenvolvimento da Ciência.

Por ser pautado no processo de resolução de problemas e aproximações com a cultura científica, consideramos que o Ensino por Investigação pode se articular às ideias de Gaston Bachelard (1884 – 1962), pois, de acordo com este epistemólogo, a Ciência é um processo descontínuo, fruto da retificação de erros, e o conhecimento científico se dá a partir da resolução de problemas. Além disso, conforme Bachelard (1996), a constituição do pensamento científico é um processo complexo, pois exige a superação de ltidões e conflitos inerentes à mente humana, chamados por ele de obstáculos epistemológicos. No contexto do ensino, a identificação desses obstáculos pode contribuir para a elaboração de estratégias que minimizem a inércia do pensamento durante a aprendizagem de conceitos científicos.

Considerando o que foi exposto, desenvolvemos uma sequência didática baseada no Ensino por Investigação com 16 alunos do 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública, localizada em Campo Grande (MS). Na sequência didática, buscamos investigar e aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre a curvatura da Terra a partir da história problematizadora “Uma viagem luminosa às sombras”, elaborada pelo Prof. Dr. Marcos Daniel Longhini (GOMIDE, 2012). Na análise das atividades da sequência, também identificamos e discutimos alguns indícios de obstáculos epistemológicos presentes nos relatos dos estudantes. Esses indícios se transformaram em subsídios para elaboração de novas estratégias que visam superar as limitações identificadas.

OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO

Como um dos primeiros críticos da concepção empírico-indutivista, o epistemólogo Gaston Bachelard relaciona a construção da ciência ao progresso do pensamento. Para ele, o desenvolvimento da ciência é marcado por descontinuidades, pois o pensamento científico é construído pela retificação de erros do passado, ou seja, “o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos [...]” (BACHELARD, 1996, p. 17).

Sendo assim, o progresso da ciência é caracterizado por sucessivas rupturas e, nesse movimento, os saberes científicos são continuamente reconstruídos. Esse desenvolvimento, entretanto, não se dá de forma simples e repentina, uma vez que o ato de conhecer é marcado por dimensões psicológicas. Segundo Bachelard, a formação do espírito científico passa por três estágios, que partem de um pensamento concreto, caracterizado por intuições sensíveis e experiências sensoriais a um estágio abstrato em que a razão opera sem os obstáculos que barram o pensamento científico. Bachelard defende que “[...] a abstração desobstrui o espírito, que ela o torna mais leve e mais dinâmico”. (1996, p. 8).

O processo de abstração necessário à formação do espírito científico, contudo, não acontece de maneira uniforme e harmoniosa, pois “o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. As revelações do real são recorrentes. O real nunca é ‘o que se poderia achar’ mas é sempre o que se deveria ter pensado”. (BACHELARD, 1996, p. 17). E, para explicar isso, o epistemólogo apresenta a ideia de *obstáculos epistemológicos* que são as lentidões e conflitos que surgem durante o ato de conhecer alguma coisa. Para o autor, “[...] é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado” (BACHELARD, 1996, p. 17). Vale destacar que esses obstáculos são inerentes ao próprio ato de conhecer, ao “espírito humano”, como escreve Bachelard, e não à complexidade ou fugacidade dos fenômenos.

No livro “*A formação do Espírito Científico*”, Bachelard apresenta e discute nove obstáculos epistemológicos. Ele salienta que “a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. (BACHELARD, 1996, p. 21). Além disso, ressalta que a superação desses obstáculos é necessária à formação do espírito científico. Apresentamos a seguir concepções de alguns dos obstáculos epistemológicos estudados por Bachelard relevantes para esta pesquisa.

A experiência primeira

Para Bachelard (1996), a experiência primeira ou observação primeira é o primeiro obstáculo para a formação do espírito científico. O epistemólogo ressalta que as impressões iniciais sobre um fenômeno são carregadas de ingenuidade e fascínio: “[...] essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos.” (BACHELARD, 1996, p. 25).

Como a experiência primeira é acrítica e carregada de percepções imediatas, “[...] dá-se preferência às imagens e não às idéias” (CARDOSO, 1985, p. 19), assim, experimentos e/ou

fenômenos curiosos e divertidos são preferidos/privilegiados em detrimento de concepções que contribuem para a formação do pensamento científico.

Bachelard (1996, p. 50) evidencia a importância da superação desse obstáculo nas práticas educativas e destaca que “as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse”. Para minimizar isso e promover a aproximação com o espírito científico é necessário que o professor formule problematizações e “passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto” Bachelard (1996, p. 50). E assim, quando retomar à experiência, haverá melhores possibilidades para promover a distinção dos aspectos orgânicos do fenômeno e destacar o observador de seu objeto.

O conhecimento geral

O obstáculo do conhecimento geral diz respeito às grandes generalizações e às verdades primeiras concebidas pelo pensamento pré-científico. Essas generalizações tentam esclarecer vários fenômenos a partir de uma definição, sem considerar a variação de condições em que os conceitos científicos podem ser aplicados.

Bachelard (1996) adverte sobre essa facilidade que seduz e satisfaz os espíritos mais apressados e constata, a partir de vários exemplos, que essas leis gerais bloqueiam o desenvolvimento do pensamento científico:

[...] essas leis gerais definem palavras e não as coisas; a lei geral da queda dos graves define a palavra grave; a lei geral da retidão do raio luminoso define tanto a palavra reta quanto a palavra raio, com tal ambigüidade do a priori com o a posteriori que chegamos, pessoalmente, a sentir uma espécie de vertigem lógica; a lei geral do crescimento e da morte dos seres vivos define a palavra vida com uma espécie de pleonasma. Então, tudo fica claro; tudo fica identificado. Mas, a nosso ver, quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental. (BACHELARD, 1992, p. 71).

Além disso, Bachelard (1996, p. 76) também sinaliza que “a conceitualização científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que pretendemos, para formar um eixo de pensamentos inventivos”. Desse modo, as generalizações apressadas podem levar a equívocos e, como salienta Cardoso (1985, p. 21): “um conhecimento geral corre o risco de se converter em um conhecimento extremamente vago.”.

O obstáculo verbal

Trata-se de um obstáculo inerente ao uso inadequado de expressões, imagens, metáforas e analogias para explicar fenômenos científicos. A “facilidade” oriunda desses obstáculos verbais propicia a associação de uma palavra concreta a uma abstrata e cria-se a ilusão de que certas expressões são autoexplicativas e não precisam de questionamento, ou seja, “para um espírito pré-científico, às vezes uma única palavra pode se converter em uma explicação suficiente.” (CARDOSO, 1985, p. 21).

O obstáculo substancialista

O substancialismo está relacionado ao obstáculo verbal e, assim como o último, é difícil de ser superado, pois está apoiado em uma filosofia fácil. O entrave do espírito científico reside no fato de que se “conhece um objeto segundo o papel por este desempenhado” (CARDOSO, 1985, p. 21). Segundo Bachelard,

Um dos sintomas mais claros da sedução substancialista é o acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo: as qualidades estão ligadas à substância por um vínculo tão direto que podem ser justapostas sem grande preocupação com suas relações mútuas. [...] quanto menos precisa for uma idéia, mais palavras existem para expressá-la. No fundo, o progresso do pensamento científico consiste em diminuir o número de adjetivos que convém a um substantivo, e não em aumentar esse número. Na ciência, os atributos são pensados de forma hierárquica e não de forma justaposta. (BACHELARD, 1996, p. 140).

O substancialismo pode ser resultado do materialismo propiciado pelo uso de imagens ou atribuição de qualidades aos fenômenos.

O conhecimento Unitário e Pragmático

Assim como os outros, esses obstáculos interrompem o pensamento científico, já que impedem o aprofundamento do estudo sobre os fenômenos. Na concepção de Bachelard (1996), o unitário conserva o poder de seduzir, assim como a generalização, pois é um princípio alcançado com facilidade. “[...] a unidade constitui, para um espírito pré-científico, um princípio alcançado sem maiores esforços. Como a Natureza é única, tudo o que explicar o grande deve explicar o pequeno e vice-versa” (CARDOSO, 1985, p. 21). O pragmático também traz falsas ilusões, pois conduz o pensamento pré-científico a identificar finalidades, utilidades e usos para os fenômenos, em geral traduzidos sob ótica humana. “Para um espírito pré-científico, verdade e utilidade estão sempre associadas” (CARDOSO, 1985, p. 21), assim, basta encontrar um elo entre unidade e utilidade para findar o processo de conhecimento.

Obstáculo realista

No realismo, os objetos são analisados no âmbito do concreto, ou seja, busca-se concretizar o abstrato para compreender os fenômenos. Desse modo, substâncias dos objetos de estudo são tidas como bens pessoais, e metáforas são utilizadas para descrever o real dentro do concreto. Esses fatores esvaziam o conteúdo científico e, por sua vez, impedem a abstração necessária ao progresso da ciência.

O animismo

Como um dos obstáculos mais recorrentes no ensino de ciências, o animismo consiste em inserir o conceito de vida em campos de estudo que não pertencem à biologia (BULCÃO, 1981), ou seja, fenômenos físicos são explicados a partir de qualidades biológicas: “[...] em certo estágio do desenvolvimento pré-científico, são os fenômenos biológicos que servem de meio de explicação para os fenômenos físicos.” (BACHELARD, 1996, p. 200-201).

O animismo pode transmitir uma imagem natural, convincente e traz uma falsa clareza do fenômeno; por isso ele é um obstáculo à formação do espírito científico.

Diante do que expusemos e fundamentadas em Bachelard (1996), consideramos que a detecção dos obstáculos epistemológicos nos processos de ensino e aprendizagem podem contribuir para a apropriação adequada dos conceitos científicos e aproximar os alunos de atividades que caracterizam a cultura científica. A seguir, apresentamos as atividades que compuseram a sequência didática.

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE A CURVATURA DA TERRA

Recentemente o Ensino por Investigação surge como uma abordagem didática para alguns autores, com características que mostram a existência de aspectos epistemológicos comuns entre a construção do conhecimento científico e o conhecimento desenvolvido em sala de aula. Solino, Ferraz e Sasseron apontam que:

O ensino por investigação pode ser considerado uma abordagem didática: não está diretamente associado a uma estratégia metodológica específica de ensino, mas configura-se como formas de agir e interagir que o professor utiliza em sala de aula para suscitar e desenvolver a abordagem de temas com seus estudantes (2015, p. 3).

Considerando o Ensino por Investigação no contexto escolar, a proposta tem como foco principal o ensino e aprendizagem dos alunos e, também, propiciar outras habilidades, como ressalta Azevedo (2009, p. 20): “o objetivo é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas.” Assim, o Ensino por Investigação pode possibilitar momentos de descobertas para o aluno, nas situações em que, por meio de um problema o educando se empenhe em articular com os colegas propostas de soluções.

A sequência didática apresentada, neste trabalho, teve como tema “Resolvendo um problema de Astronomia” e foi desenvolvida com 16 alunos de 8º ano do Ensino Fundamental, durante duas horas/aula, na disciplina de Ciências de uma escola pública de Campo Grande (MS). Nós atuamos como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem empreendido. A história problematizadora que deu início à sequência didática, chamada de “Uma viagem luminosa às sombras”, foi elaborada pelo Prof. Dr. Marcos Daniel Longhini e utilizada na dissertação de Gomide (2012), que também nos serviu de fundamentação.

Durante as atividades, trabalhamos conteúdos relacionados à curvatura da Terra e, também, à incidência de raios solares no planeta e aos movimentos dos corpos celestes. Os principais objetivos da sequência didática foram: identificar o formato do planeta, conhecer os movimentos de rotação e translação, perceber a inclinação da terra e observar a incidência dos raios solares de acordo com os meses do ano.

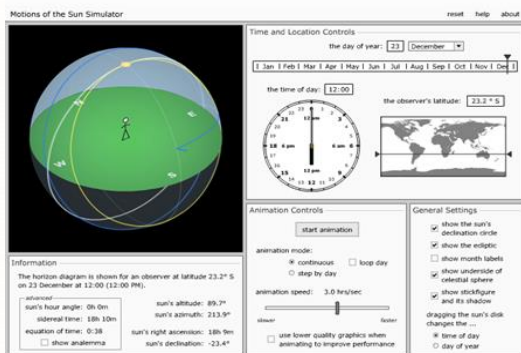
Na primeira atividade da sequência didática, que aconteceu em sala de aula, os alunos realizaram leituras da história problematizadora “Uma viagem luminosa às sombras”. No final da história, havia o seguinte problema: *Como pode o mesmo Sol, na mesma data e ao meio-dia de cada cidade fazer com que em um lugar tenha uma grande sombra, como disse o Celeste ter visto em Macapá, em Salvador ter uma sombra não muito grande e, em São Paulo, não ter sombra nenhuma? Será que vimos errado?*

Após a familiarização com a história e o problema, solicitamos aos estudantes que elaborassem hipóteses à questão de forma oral e escrita. Depois disso, prosseguimos para a sala de informática da escola, onde os alunos utilizaram dois simuladores para testar suas hipóteses. O primeiro simulador utilizado pertence ao site do Grupo de Astronomia Sputnik³, nele, os alunos observaram os movimentos do Sol em cada uma das cidades citadas na história problematizadora. Para essa observação, os estudantes delimitaram no simulador a latitude de cada cidade para a visualização da sombra no mês de dezembro, conforme explicitado na história.

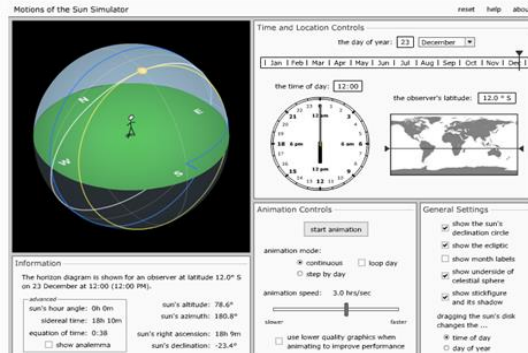
³ O primeiro simulador está disponível nesse link:
<http://gruposp Sputnik.com/paginas_com_flash/Sun%20Motions%20Demonstrator.htm>.

Figura 1 - Simulador dos movimentos do Sol nas três cidades da história problematizadora.

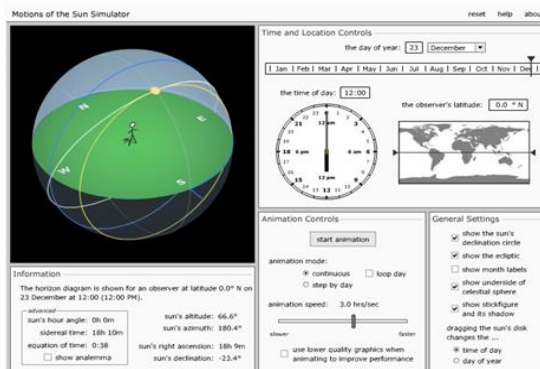
Primeira cidade – São Paulo (latitude 23,2° Sul)



Segunda cidade – Salvador (latitude 12° Sul)



Terceira cidade – Macapá (latitude 0,0)



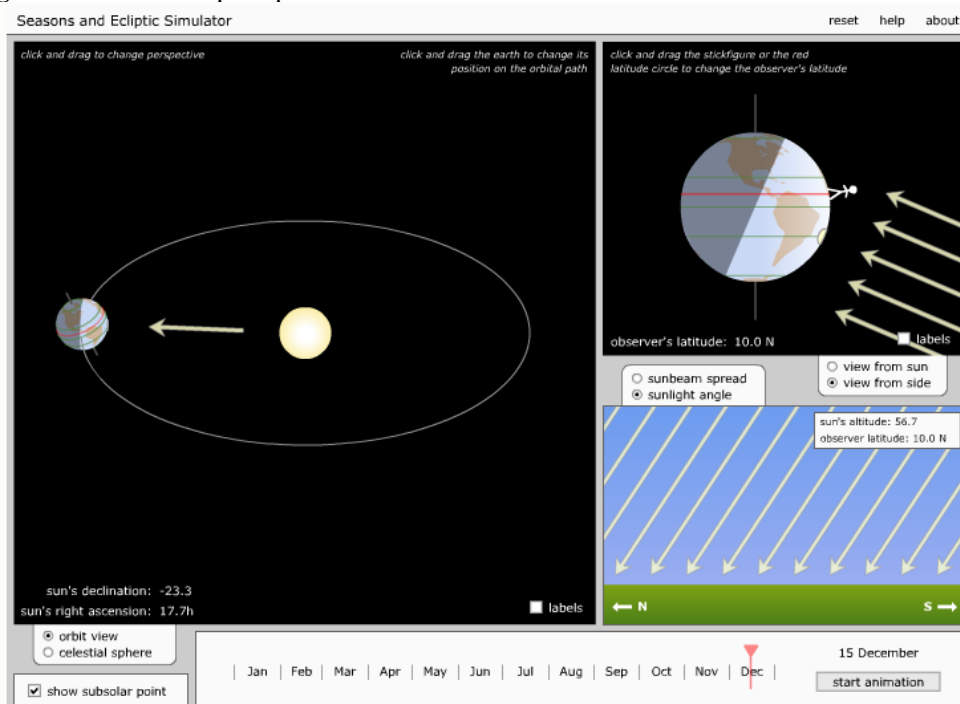
Fonte: Próprias autoras.

O uso desse simulador possibilitou aos alunos a visualização de diferentes sombras, fato que fez emergir novas hipóteses que se contrastaram às anteriores. Isso foi um aspecto interessante, uma vez que Bachelard (1996, p. 17) afirma que “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”. Sendo assim, a contradição é um elemento necessário para validar uma hipótese científica, pois a retificação do erro é a base do pensamento científico, conforme salienta o epistemólogo.

No segundo simulador⁴, que também pertence ao Grupo de Astronomia Sputnik, os alunos puderam visualizar a incidência de raios solares de acordo com as estações e os meses do ano. Assim como no primeiro, os alunos puderam contestar suas hipóteses iniciais e analisar as diferenças entre as sombras discutidas na história problematizadora, sempre com a nossa ajuda das professoras pesquisadoras.

⁴ O segundo simulador pode ser acessado nesse link: http://gruposp Sputnik.com/paginas_com_flash/Seasons%20Simulator%20%28NAAP%29.htm.

Figura 2 - Simulador que representa a incidência de raios solares durante os meses do ano.



Fonte: Próprias autoras.

Após o uso dos simuladores, solicitamos aos alunos que elaborassem novas respostas ao problema, tanto de forma oral, como escrita, assim como foi feito na atividade que deu início à sequência didática. Os diálogos estabelecidos entre os alunos e destes com as professoras foram gravados digitalmente. Já as escritas dos alunos, assim como as falas, foram transcritas visando a familiarização e as análises. Os alunos foram codificados por números, a fim de preservar suas identidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira atividade da sequência didática, as professoras promoveram a familiarização com a história problematizadora por meio de leituras e anunciaram o problema relacionado à história. Consideramos pertinente iniciar a sequência didática a partir de um problema, pois Bachelard (1996, p. 17) sinaliza que questionamentos são importantes para a formação do espírito científico, já que “todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico”. Desse modo, partimos da concepção de que a problematização poderia contribuir para que os alunos iniciassem e/ou reelaborassem a construção de alguns conhecimentos. Em relação a isso, atentamo-nos, também, na formulação adequada dessa problematização. Segundo Capecchi,

A construção da problematização em sala de aula, portanto, não se limita à elaboração de um enunciado bem estruturado, que instigue a curiosidade dos estudantes. É preciso que, a partir de uma questão inicial, os estudantes sejam conduzidos a tomada de consciência de suas ações e que o professor os ajude nesse processo. A questão científica que o professor deseja explorar não precisa ser apresentada desde o início da problematização, mas construída aos poucos por meio de suas intervenções e das contribuições dos alunos (2013, p. 38).

Depois da proposição do problema, solicitamos aos alunos que elaborassem hipóteses a ele, tanto de forma escrita como oral. Estimulamos a formulação de hipóteses, nesse momento, a fim de identificar as principais concepções dos alunos a respeito do conhecimento que seria trabalhado. Ressaltamos que a identificação das concepções iniciais dos estudantes também é uma atividade importante no processo de aprendizagem de conhecimentos científicos, pois desconsiderar os saberes cotidianos e habituais dos estudantes pode ser uma falha, uma vez que nenhum conhecimento parte do zero. Nessa perspectiva, partimos do pressuposto que nossos alunos chegam à escola com uma bagagem de conhecimentos empíricos que precisa ser identificada para que, assim, o professor planeje estratégias de ensino que a reelabore. Bachelard (1996, p. 18) ressalta que “quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos”. Dessa forma, é importante que o trabalho didático seja elaborado com a finalidade de transformar os conhecimentos sedimentados pela vida cotidiana em científicos.

Na análise das concepções iniciais dos alunos, identificamos alguns dos obstáculos apresentados por Bachelard (1996) e, além disso, várias concepções equivocadas sobre a curvatura e formato do planeta Terra.

Em relação aos obstáculos, verificamos que o *realismo*, o *animismo* e o *obstáculo verbal* apareceram com maior frequência, como observa-se nas transcrições que serão apresentadas. Vale destacar que os obstáculos epistemológicos são “polimorfos”, ou seja, é natural que mais de um obstáculo esteja presente no discurso dos alunos. O trecho a seguir corresponde a algumas falas que emergiram após lermos ler o problema.

(Aluno 16) O mundo, a Terra, ela é redonda, daí, faz de conta que ela é assim [o aluno pega uma folha de papel e a encurva e, a partir disso, tenta explicar que os raios solares ‘atingem’ a Terra de forma diferente]

(Pesquisadora) Mas a Terra e o Sol realizam movimentos?

(Aluno 15) A Terra roda bem devagar, quem roda rápido é o Sol...

(Aluno 16 discordando da resposta do Aluno 15) Não, o Sol fica parado, ele é o núcleo, o meio....

(Aluno 15) Não, porque o Sol se põe, ele anda, ele vai lá pra China, Japão, sei lá...

(Aluno 16) Tá errado professora, faz de conta que o Sol é a minha mão, daí a Terra fica rodando em volta dele....

(Pesquisadora) Será que o formato da Terra tem alguma coisa a ver com isso?

(Alunos maioria) Tem...”

(Aluno 16) Porque é redonda, a Terra é uma bola.

Verificamos, na fala do Aluno 16, indícios do obstáculo do realismo quando o estudante tenta explicar o objeto de estudo a partir de situações concretas “... *faz de conta que ela (Terra) é assim [...] faz de conta que o Sol é a minha mão [...] a Terra é uma bola*”. Ao utilizar metáforas e analogias para explicar o fenômeno, comparando o Sol a sua mão e a uma bola, também se observa o obstáculo verbal, que é caracterizado pelo uso inadequado de expressões, imagens, metáforas e analogias para explicar fenômenos científicos. O obstáculo do animismo também esteve presente nas concepções iniciais dos alunos, como observamos na fala do Aluno 15, quando afirma que o Sol “[...] *anda, ele vai lá pra China, Japão [...]*”. Vale destacar que, no animismo, o espírito pré-científico utiliza conceitos inerentes à vida para explicar fenômenos que não fazem parte da Biologia.

Além de obstáculos epistemológicos, os estudantes apresentaram várias concepções equivocadas, como sinalizamos. O aluno 16, por exemplo, apesar de trazer uma visão heliocêntrica, afirma que o Sol fica parado; essa interpretação é uma concepção alternativa que pode ter sido construída em etapas anteriores da Educação Básica, especialmente nos anos iniciais do Ensino Fundamental e perduram até os anos finais. Tais concepções podem ser devido à formação do docente sobre astronomia. Como indicam Langhi e Nardi,

[...] o docente não preparado para o ensino de Astronomia durante a sua formação promove o seu trabalho educacional com as crianças sobre um suporte instável, onde essa base pode vir das mais variadas fontes, desde a mídia sensacionalista até livros didáticos com erros conceituais, proporcionando uma propagação destas concepções alternativas (2007, p. 5).

Assim, se o professor se apoia em materiais como o livro didático e outros recursos, ele corre o risco de trazer concepções frágeis aos alunos, que perduram até se depararem com outras concepções totalmente diferentes e que poderão ser aceitas pelos estudantes ou não.

Após formularem hipóteses referentes aos problemas, os alunos foram encaminhados à sala de informática da escola para testar suas hipóteses a partir do uso de simuladores. Logo no início dessa atividade, observamos indícios do obstáculo da experiência primeira, pois os alunos ficaram bastante empolgados com a “beleza” das animações e, por vários minutos, não se atentaram ao teor científico dos experimentos. Essa observação vai ao encontro das ideias de Bachelard, quando afirma que as impressões iniciais sobre um fenômeno são carregadas de ingenuidade e fascínio: “[...] essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos.” (BACHELARD, 1996, p. 25).

Diante disso, foi necessário direcionar a atenção dos alunos ao teor científico das simulações e retomar a problematização inicial para que eles iniciassem a abstração do conhecimento. Destacamos que a sistematização do conhecimento científico presente nos experimentos é um processo importante para a formação do espírito científico. Dessa forma, haverá melhores possibilidades para promover a distinção dos aspectos orgânicos do fenômeno e destacar o observador de seu objeto.

Durante a experimentação, os alunos utilizaram os simuladores para tentar dar respostas ao problema e, para isso, foi necessário que eles identificassem a forma e a inclinação do planeta, observassem a incidência de raios solares de acordo com os meses do ano e conhecessem e/ou relembassem os movimentos de rotação e translação.

O fato do problema dessa história direcionar os estudantes a pensar na incidência dos raios solares em três lugares diferentes foi interessante para que eles analisassem os conceitos científicos sob diferentes condições.

Essa característica permitiu que o obstáculo do conhecimento geral começasse a ser superado, pois houve a preocupação de não generalizar, de maneira apressada, os fenômenos estudados e, assim, tornar esses saberes vagos demais para que os alunos os compreendessem. Ressaltamos, dentro disso, que não tínhamos a pretensão de que os estudantes se apropriassem dos conceitos apenas com essa sequência, pois, conforme já sabemos, a internalização de conceitos é um processo muito complexo, além disso, como salienta Bachelard, “quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental. (BACHELARD, 1996, p. 71)”.

Mesmo com a preocupação de identificar e, a partir disso, afastar alguns obstáculos, verificamos, durante as discussões entre os alunos e destes conosco, que muitas concepções distantes do pensamento científico ainda permaneceram. Como exemplos, podemos citar a persistência do obstáculo verbal (Aluno 15: “*A sombra tá, tipo, de ladinho*”) e o animismo (Aluno 3: “*O Sol anda para cá e para lá*”). O obstáculo do conhecimento geral também figurou entre as falas dos alunos. A princípio, houve bastante confusão em distinguir os movimentos de translação e rotação que, muitas vezes, foram analisados como sinônimos. Entretanto, mesmo após discussão sobre movimentos, observamos que os alunos passaram a utilizar esses conceitos em situações em que eles não se adequavam, o que nos deu indícios do obstáculo do conhecimento geral, uma vez que, aparentemente, os estudantes tiveram a sensação de ter compreendido os fenômenos. Para Bachelard (1996), o espírito pré-científico que pensa ter compreendido com conceito passa a transpô-lo a todas as situações que lhe parecem

semelhantes, “leis que parecem ser muito claras estancam o pensamento, pois as generalizações são atraentes e satisfazem os espíritos mais apressados” (CEZARE; ANDRADE, 2016, p. 61).

Também observamos, durante a fala de alguns alunos, que muitos saberes, sedimentados pela vida cotidiana apresentam muita resistência a mudanças. No trecho a seguir, é possível verificar que o Aluno 16 ainda permanece com a ideia de que o Sol não se movimenta, mesmo após o uso dos simuladores e das nossas explicações.

As cidades estão em lugares diferentes, quando é meio dia o Sol está no meio então em cada lugar pega um ângulo diferente do Sol, daí o Sol reflete diferente (Aluno 15).

Não, o Sol fica parado, já disse, olha só na animação [...] (Aluno 16).

Isso demonstra, conforme aponta Bachelard (1996, p. 17), que “é impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais”, pois “diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber”. Considerando isso, compreendemos que o pensamento científico não se inicia em uma aula e, para que possamos desestruturar os obstáculos do senso comum apresentados pelos estudantes, serão necessárias várias reelaborações de conhecimentos, a fim de “substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico” (BACHELARD, 1996, p. 24).

Em relação às respostas dadas ao problema após as experimentações, observamos, conforme os trechos transcritos a seguir, que os alunos iniciaram a apropriação de alguns conceitos científicos; também verificamos em suas respostas como eles relacionaram os fatos da história problematizadora ao uso dos simuladores.

(Aluno 3) A formação da sombra vai variar conforme a posição da luz, posição diferente de luz gera projeção diferente de sombra

(Aluno 11) Isso acontece, pois, além da Terra girar em torno do Sol (translação), ela gira em seu próprio eixo, é isso que ocasiona a diferença

(Aluno 13) A rotação e a translação afetam muito este fenômeno, porque a Terra gira em torno do Sol e por conta da latitude e da posição de cada cidade

(Aluno 15) Porque São Paulo, Salvador e Macapá estão em lugares diferentes e por ser meio dia, o Sol está no meio e por isso ele reflete diferente em cada lugar. A Terra gira em torno do Sol, o raio solar pega em ângulos diferentes no Macapá, São Paulo e Salvador

Notamos nesses excertos, que os alunos apresentaram coerência quando se referiram à incidência dos raios solares em ângulos diferentes e que levaram em consideração as estações do ano, os movimentos de rotação e translação. Dessa forma, consideramos que alguns conseguiram dar resposta ao problema. Apesar disso, um ponto importante a ser analisado é que alguns estudantes não levaram em conta a curvatura do planeta na resolução do problema, apenas três alunos indicaram que a forma da Terra alteraria a projeção das sombras. Esse fato pode envolver o conceito da Terra ser plana. Vale mencionar que “a concepção de Terra plana

e estacionária, manifestará dificuldades em explicar cientificamente o ciclo dia/noite” (GOMIDE, 2017, p. 64).

Além disso, a maioria dos alunos não conseguiu estabelecer relações entre a sombra com os movimentos do Sol e a localização das cidades analisadas nos simuladores. Dessa forma, eles responderam parcialmente a pergunta em questão, como apontamos no excerto abaixo:

Porque em um o Sol ficava no meio e o outro e o Sol não fazia sombra e os outros porque dependia da posição do Sol, ele não ficava no meio (Aluno 14, 2018).

O aluno 14, ao expor sua resposta, demonstra aparente confusão e se preocupa somente com o Sol e sua posição. O fato de ter visto as sombras projetadas nos simuladores pode não ter contribuído para elaborar uma opinião. Na visão de Bachelard (1996, p. 18), “O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza”. O elemento oferecido aos alunos para elaborarem suas respostas foram os simuladores, neste caso, podem ter se tornado obstáculos a aprendizagem deste aluno.

Também percebemos que os simuladores proporcionaram aos alunos a visualização das diversas latitudes das cidades, as diferentes incidência dos raios solares e as sombras projetadas nas cidades de Salvador e Macapá. Entretanto ele não foi suficiente para que a maioria dos alunos se atentasse ao fenômeno, e os resultados/respostas fossem mais elaborados, como foi percebido na resposta do aluno 8: “*Os raios de Sol em São Paulo estão bem no meio e não tem sombra e em Salvador [...] e em Macapá os raios estão mais em cima, então por isso as sombras são diferentes*”. Assim, apesar dos cuidados que tivemos, o uso dos simuladores educacionais pode ser um empecilho à aprendizagem dos alunos e, por isso, precisa ser utilizado com maior cautela para que obstáculos, como a experiência primeira, não estagnem a abstração necessária à formação do espírito científico.

Mesmo com essas limitações, alguns alunos como o 11, 13 e 15 demonstram em suas respostas a percepção sobre o porquê das diferentes sombras, citando a relação dos movimentos de rotação e translação e como influenciam neste fato. Dessa forma, podemos relatar que alguns alunos conseguiram chegar ao resultado e a maioria obteve parcialmente a resposta ao problema.

Diante do exposto, consideramos que os obstáculos epistemológicos são concepções resistentes a mudanças, como ressalta Labati-Terra e colaboradores (2014). E, nesse sentido, atividades fundamentadas em problematizações, conforme proposto pela abordagem didática

do Ensino por Investigação e pelo próprio Bachelard, podem minimizar essas dificuldades e aproximar nossos alunos da cultura científica, já que “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (BACHELARD, 1996, p. 19). Sendo assim, acreditamos que a sequência didática proposta pôde iniciar o caminho de abstração de alguns conhecimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante as atividades da sequência didática, os alunos tiveram oportunidades de reelaborar e/ou iniciar a construção de alguns conhecimentos científicos relacionados à astronomia e, também, imergir em algumas práticas que se aproximam do trabalho científico. Todas essas ações se deram a partir de uma problematização, que instigou a maioria dos estudantes a procurar validação para suas hipóteses ou conhecimentos apresentados inicialmente.

Nesse processo, identificamos nas falas dos alunos alguns obstáculos epistemológicos que podem dificultar a formação do espírito científico, como o obstáculo verbal, a experiência primeira, o animismo e o realismo. Apesar disso, consideramos essas constatações como naturais, uma vez que nossos estudantes chegam à escola com bagagens de conhecimentos empíricos, marcados pelo senso comum. Sendo assim, os obstáculos epistemológicos não devem ser analisados como falta de conhecimento, mas sim como concepções que são resistentes a mudanças (LABATI-TERRA et al., 2014).

Destacamos também que experimentações, como os simuladores presentes na sequência didática, devem ser utilizados com cautela e sempre com a preocupação de não despertar falsos centros de interesse, pois é natural que os estudantes manifestem indícios do obstáculo da experiência primeira nessas situações, ou seja, apresentem fascínio pela beleza do experimento em detrimento do interesse pelo conhecimento científico. Desse modo, recomendamos que o professor direcione, sempre que possível, a atenção dos alunos ao teor científico da experiência, “a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto” (BACHELARD, 1996, p. 50).

Diante do exposto, consideramos que a análise de obstáculos epistemológicos durante o processo de aprendizagem é uma atividade importante para minimizar as limitações presentes no ensino de Ciências, pois ela pode propiciar a criação de subsídios para a elaboração de estratégias que enfocam mudanças na cultura experimental e derrubada de obstáculos sedimentados pela vida cotidiana, como destaca Bachelard (1996). Além disso, a passagem do

pensamento pré-científico para científico, que se trata de um processo bastante complexo, pode ser mediada por problematizações que coloquem em contradição conhecimentos do senso comum e permitam a substituição desses saberes por conhecimentos científicos abertos e dinâmicos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P.; NASCIMENTO, V. B.; CAPECCHI, M. C. M.; VANNUCHI, A. I.; CASTRO, R. S.; PIETROCOLA, M.; VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Capítulo 2, p. 19-33.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BULCÃO, M. **O racionalismo da ciência contemporânea**. Rio de Janeiro: Edições Antares, 1981.

CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 2, p. 21-39.

CARDOSO, W. Os obstáculos epistemológicos, segundo Gaston Bachelard. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, n.1, p. 19-27, jan./jun. 1985.

CEZARE, P. S. L.; ANDRADE, M. A. B. S. A epistemologia de Bachelard e a construção do conceito de adaptação das espécies. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 21, n. 3, p. 53-73, 2016.

GOMIDE, H. A. **Conhecimentos de astronomia presentes na estrutura dos argumentos de estudantes revelados a partir do trabalho com história problematizadora**. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

GOMIDE, H. A. **Modelos Mentais de Estudantes dos Ensinos Fundamental e Médio Sobre o dia e a noite a partir de um Referencial na superfície da Terra e fora dela**. 2017. 276 p. Tese (Pós-Graduação em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia.

LABATI-TERRA, L.; LARENTIS, A. L.; ATELLA, G. C.; CALDAS, L. A.; MANUEL GUSTAVO LEITÃO RIBEIRO, M. G. L.; HERBST, M. H.; ALMEIDA, R. V. Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica - entraves na formação de professores de ciências? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 318-333, 2014.

SASSERON, L. H. 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, nov. 2015.

SOLINO, A. P., FERRAZ, A. T., SASSERON, L. H. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2015**. Ensino por Investigação como Abordagem Didática: Desenvolvimento de Práticas Científicas escolares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, (21: 2015: Uberlândia, MG). **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1058-1.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2018.