



A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA-CULTURAL COMO FORMA DE SUPERAR O ENCAPSULAMENTO ESCOLAR: UMA INTERVENÇÃO COM BASE NA TEORIA DA ATIVIDADE PARA O CASO DO ENSINO DAS FASES DA LUA

Scientific-cultural inquiry as a way to overcome school encapsulation: an intervention based on activity theory for the case of the moon's phases

Leonardo Lago [lago@usp.br]

*Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão 1371, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil*

José Luís Ortega [ortega@if.usp.br]

*Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
Rua do Matão 1371, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil*

Cristiano Mattos [mattos@if.usp.br]

*Instituto de Física
Universidade de São Paulo
Rua do Matão 1371, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil*

Resumo

O artigo traz contribuições da Teoria da Atividade para o ensino investigativo de ciências ao propor o planejamento de um contexto de aprendizagem em que os estudantes têm a oportunidade de analisar as expressões de certo tema científico, não só na Ciência, mas também nos outros espaços por onde eles circulam: cultura popular, cotidiano, cultura escolar e outras disciplinas. Como concretização dessa proposta, descrevemos e analisamos a aplicação de uma sequência investigativa sobre as fases da Lua desenvolvida para alunos dos anos finais do ensino fundamental. Nossos resultados mostram que, ao longo das dez atividades, além dos estudantes elaborarem um modelo adequado para o fenômeno estudado: fases lunares, eles também desenvolveram sentidos que ultrapassaram a ciência escolar ao mobilizarem os conceitos, por exemplo, na discussão e apreciação de obras de arte e astrofotografias, ao entrevistarem seus familiares e corrigirem livros didáticos. Ainda, houve reflexos inesperados que permearam o sistema de atividades da escola, como a emergência de atividades em outras disciplinas e contextos.

Palavras-Chave: fases da Lua; teoria da atividade; ensino investigativo; ensino de ciências.

Abstract

The paper offers some reflections from Activity Theory to inquiry-based science education, particularly suggesting a learning context in which students have the opportunity to analyze the products of a certain scientific content in the popular culture (society) and in the culture school itself. As an example of such proposal, we describe and analyze the application of an inquiring teaching-learning sequence on the phases of the Moon to students during the final years of elementary school. Our results show that during the ten activities, the students not only elaborated a suitable model for the occurrence of the lunar phases, but also they developed meanings that surpassed school science, for example, when discussing works of art and astrophotographies, interviewing their relatives and correcting textbooks. In addition, there were unexpected outcomes that also permeated the school activity system as the emergence of activities in other disciplines and contexts.

Keywords: moon's phases; activity theory; inquiry-based learning; science education.

INTRODUÇÃO: O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Nos últimos anos, o ensino investigativo tem se consolidado como área de pesquisa educacional, tanto no campo mais geral da Educação, como na área específica da Educação em Ciências, e vem mostrando resultados positivos para o aprendizado dos sujeitos e formação de professores (Azevedo, Abib, & Testoni, 2018; Munford & Lima, 2007). Esse movimento em torno da investigação como prática de educação é tão pujante que se tem essa abordagem didática recomendada para o ensino de ciências em documentos oficiais de diversos países, sobretudo nos Estados Unidos (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Osborne, 2014). No Brasil, o ensino de ciências por investigação é uma prática que vem sendo sugerida em diferentes currículos, em particular é possível identificar sua sugestão tanto nos antigos parâmetros curriculares nacionais (Zômpero & Laburú, 2011) como na atual proposta de base curricular nacional (Franco, Almeida, & Cappelle, 2016).

Entretanto, apesar do ensino de ciências por investigação ter se tornado um tema relevante na literatura acadêmica, muitos estudos apontam o fato de não haver uma definição precisa ou consensual na área (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Anderson, 2002; Grandy & Duschl, 2007; Minner, Levy, & Century, 2010; Munford & Lima, 2007). Ou seja, de maneira geral, pesquisadores definem tanto o escopo da abordagem como os seus elementos constituintes de maneiras diferentes e, em alguns casos, podem empregar termos diversos para além da investigação (Chinn & Malhotra, 2002), como resolução de problemas, aprendizagem baseada em problemas ou projetos. Uma possível justificativa para essa multiplicidade de sentidos é que o termo ‘investigação’ faz referência, ao menos, a três contextos diferentes: atividade do cientista, forma de aprendizagem e forma de ensino (Hofstein & Lunetta, 2004; Minner *et al.*, 2010). Quando utilizado dentro da área de ensino de ciências, uma abordagem investigativa teria pelo menos dois objetivos: desenvolver a apreensão de conhecimento científicos, e desenvolver aspectos epistemológicos e da natureza da ciência (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004). Em outras palavras, o ensino investigativo trataria simultaneamente o aprendizado sobre ciência e o aprendizado de ciência, entendido aqui como as práticas do fazer científico (Meyer & Crawford, 2011; Sasseron, 2015).

Se considerarmos o uso do termo investigação dentro de um contexto educacional mais amplo, o ensino investigativo emerge de uma antiga tradição de pesquisa atrelada aos trabalhos do filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey (Riga, Winterbottom, Harris & Newby, 2017; Zômpero & Laburú, 2011). A proposição do ensino investigativo ganha fundamentação nas décadas de 1980 e 1990 pelo crescimento das abordagens cognitivistas e construtivistas na pesquisa educacional (Riga *et al.*, 2017). Nessas décadas, uma parte desse movimento ficou conhecido como ‘aprendizagem por descoberta’ (Osborne & Simon, 1996), e sugeria que os estudantes não fossem mais vistos como “*recebedores ou como cientistas praticantes*”, mas como “*pesquisadores aprendizes reais*” (Gil-Pérez, 1996, p. 894, tradução nossa). É a partir desse contexto que surge também as noções da aprendizagem ativa, cujos princípios preconizam que os estudantes tenham um papel ativo na sua própria aprendizagem e que a aprendizagem seja um processo de construção do conhecimento (Minner *et al.*, 2010).

De maneira geral, essas propostas sugeriam a inclusão de atividades práticas como forma de motivar os alunos e concretizar os conceitos científicos (Minner *et al.*, 2010). Ainda, uma outra vertente da investigação no ensino de ciências ganhou o nome de ‘ciência autêntica’ e propunha que a aprendizagem da ciência deveria reproduzir as atividades dos cientistas, de tal maneira que a ciência escolar fosse uma forma reduzida de ciência (DeBoer, 2000; Meyer & Crawford, 2011; Roth & McGinn, 1998). Neste caso, a ênfase era na experimentação de laboratório, com atividades complexas de planejamento de procedimentos, seleção de variáveis, coleta e análises de dados (Chinn & Malhotra, 2002), e cujo objetivo educacional seria a formação de futuros cientistas (Ortega, Rodrigues, & Mattos, 2017).

Mais recentemente, a perspectiva sociocultural trouxe para o arcabouço do ensino investigativo o foco nas interações discursivas e nos processos argumentativos na construção do conhecimento (Roth, 2005; Santana & Franzolin, 2016; Sasseron, 2015). Nessa perspectiva, a recomendação seria propiciar aos alunos oportunidades para se engajarem colaborativamente em atividades investigativas como forma de atribuírem sentido a determinado fenômeno. A ciência passa a ser vista como uma linguagem que precisa ser apropriada pelos estudantes (Kelly, 2014; Lemke, 1990; Mendes, 2010) e o aprendizado de ciências visto como um processo de enculturação ou de argumentação (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Nesse cenário, as propostas investigativas podem ser vistas como uma ponte, isto é, um meio de convergir o ‘fazer ciência’ e o ‘falar ciência’, em que o primeiro “*foca nos processos da ciência e como os cientistas fazem o seu trabalho*”, e o segundo “*significa a apropriação do discurso científico*” (Meyer & Crawford, 2011, p. 528, tradução nossa).

Apesar da já mencionada variedade de proposições, entendemos que a literatura concorda em tomar o ensino de ciências por investigação como uma abordagem didática que privilegia o desenvolvimento de

habilidades cognitivas e práticas nos estudantes por meio do engajamento em problemas autênticos, em que, no curso de suas soluções, mobilize alguns procedimentos científicos, como a elaboração de hipóteses, análise de dados, desenvolvimento de explicações por meio da comunicação e justificativa, entre outros (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Grandy & Duschl, 2007; Zômpero & Laburú, 2011). Assim, um ensino de ciências por investigação seria uma forma ativa, metódica e sistemática de debruçar-se sobre um fenômeno que se quer conhecer unicamente pela perspectiva da Ciência.

Contudo, alguns trabalhos apontam críticas e limitações dessa abordagem. Primeiramente, elas demandam tempo, podem ser financeiramente onerosas e precisam de professores capacitados (Riga *et al.*, 2017). Outro risco é que a proposta seja tomada como uma simples atividade prática para a ilustração de um fenômeno (Osborne, 2014). Ainda, Roth e McGinn (1997) apontam haver uma tensão em propor que os alunos sejam introduzidos às práticas científicas autênticas em vez de outras práticas relacionadas à ciência. Esses autores sugerem uma abordagem mais ampla que extravase as paredes da sala de aula e que garanta a participação dos alunos em atividades relacionadas à ciência. Argumento semelhante é apresentado por Sasseron e Carvalho (2011), no âmbito da alfabetização científica, quando propõem eixos estruturadores que não só incluem os conceitos e práticas científicas, mas consideram também os fatores éticos e políticos da ciência bem como o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. De fato, esse movimento da alfabetização científica advém da constatação de que seria “pedagogicamente imprudente” uma ênfase muito restrita à estrutura da disciplina sem o reconhecimento das necessidades dos estudantes (DeBoer, 2000).

Assim, é dentro do contexto de pesquisa sobre ensino de ciências por investigação que que elaboramos nossa análise, cujo tema central, no ensino de astronomia, são as fases da Lua. Tanto o planejamento e implementação da atividade, quanto sua análise baseiam-se na perspectiva cultural-histórica da Teoria da Atividade como principal referencial teórico (Oers, Wardekker, Elbers, & van der Veer, 2008). Partindo das críticas relacionadas no parágrafo anterior, o problema que nos interessa aqui é como ampliar a perspectiva do ensino de ciências investigativo de maneira a incluir as dimensões culturais e históricas da sociedade no processo investigativo. Aqui, nos coadunamos à crítica de que um ensino de ciências pautado por uma visão restrita de investigação pode incorrer no risco de cair numa visão de ciência e de ensino ensimesmados.

Em outras palavras, apresentamos e discutimos uma proposta didática cujo objetivo é promover a unidade escola-mundo. Isto significa propor que o conhecimento científico escolar seja levado para estudar as coisas do mundo, ao mesmo tempo em que sejam trazidas as coisas do mundo para serem estudadas sob a perspectiva da ciência escolar, de modo que se estabeleça a perspectiva de uma totalidade que expresse múltiplas relações entre escola e mundo. Para efetivar tal proposta, nos valemos de algumas abordagens trazidas pela Teoria da Atividade que não só ajudam a fundamentar o ensino investigativo de ciências como opção didática, mas também oferecem formas de ampliar o escopo da investigação de modo a conectá-la à outros contextos, superando a fragmentação apontada anteriormente. De forma mais específica, apresentamos duas perguntas de pesquisa endereçadas ao nosso objeto de estudo que são os processos de ensino-aprendizagem da ciência escolar:

- 1) Quais seriam os fundamentos teórico-metodológico de uma proposta didática que tenha por objetivo expandir o ensino investigativo de ciências com a inclusão da dimensão cultural, histórica e social do conhecimento, também, como objeto de investigação?
- 2) Quais são as aprendizagens dos estudantes e quais são os efeitos na escola onde ocorre a implementação de tal proposta didática?

Para responder a essas perguntas, o artigo desenvolve-se em três seções: a primeira estabelece o problema do encapsulamento escolar e traz contribuições da Teoria da Atividade as quais discutimos dentro do ensino de ciências por investigação; a segunda descreve uma sequência didática investigativa de dez atividades e os resultados de sua aplicação em aulas do nono ano do ensino fundamental. Na última seção, oferecemos uma conclusão que discute os efeitos dessas aulas na dinâmica de sala de aula e na escola como um todo. Aqui, argumentamos que a Teoria da Atividade oferece pressupostos teórico-metodológicos que superam certa fragmentação quando se discute ensino, aprendizagem e conteúdo disciplinar. No mais, este artigo pode ser entendido como um exemplo de aplicação de elementos da Teoria da Atividade para estruturar, categorizar e empreender uma sequência de ensino-aprendizagem. Mas antes de avançarmos sobre todos estes temas, para situar o leitor no tema específico das atividades, desenvolvemos uma revisão da literatura especificamente focada no caso das fases da Lua.

O caso das fases da Lua no ensino-aprendizagem de ciências

Esse trabalho de revisão não só resultou em um breve ensaio sobre o estado da arte desse tópico de ensino, mas também forneceu insumos para a elaboração das atividades da sequência didática. O resultado deste levantamento é apresentado na seguinte ordem: concepção alternativa de alunos e professores, razões para a incompreensão do fenômeno, e livros didáticos e proposições de ensino.

Concepções alternativas de alunos e professores

Cerca de metade dos trabalhos da área de Ensino de Astronomia se enquadra dentro do levantamento das chamadas concepções espontâneas ou alternativas (Lelliott & Rollnick, 2010). Elas recebem este nome por serem concepções elaboradas a partir da experiência pessoal dos indivíduos e, geralmente, serem inadequadas do ponto de vista da ciência e resistentes a mudanças (Mortimer, 2000; Nardi & Gatti, 2004). Segundo essa tradição de pesquisa, os modelos ditos científicos são os construtos validados e estabilizados pela prática científica e que explicam os fenômenos de maneira cientificamente adequada (Kikas, 1998).

No caso específico das fases da Lua, pesquisadores relatam a categorização de diversos modelos explicativos elaborados por indivíduos para explicar o fenômeno (Baxter, 1989; Bisch, 1998; Leite, 2006; Vosniadou & Brewer, 1992, 1994). Para exemplificar alguns desses modelos, tomemos o trabalho de Baxter (1989), que os distribuiu em cinco categorias: i) nuvens cobrem a parte da Lua; ii) planetas fazem sombra sobre a Lua; iii) a sombra do Sol é projetada sobre a Lua; iv) a sombra da Terra é projetada sobre a Lua; e v) somente uma porção iluminada da Lua é visível da Terra. Este último modelo explicativo é o cientificamente correto. Dentre essas, o modelo que explica as fases da Lua pela sombra da Terra é o mais disseminado entre os grupos analisados (Lelliott & Rollnick, 2010).

Esse resultado é corroborado por muitos outros estudos que colocam a elaboração conceitual de um modelo para o fenômeno lunar como desafiador para a maioria dos sujeitos, independentemente da idade ou anos de escolaridade (Camino, 1995; Kalkan & Kiroglu, 2007; Kavanagh, Agan, & Sneider, 2005; Kikas, 1998; Mulholland & Ginns, 2008; Plummer & Zahm, 2010; Trevisan & Puzzo, 2006; Trundle, Atwood, Christopher, & Sackes, 2010). Trabalhos que analisaram a concepção dos professores mostram que, apesar deles serem mais conscientes das contradições ou incoerência em suas compreensões, eles falham ao elaborar um modelo científico adequado (Leite, 2006; Lelliott & Rollnick, 2010; Parker & Heywood, 1998; Stahly, Krockover & Shepardson, 1999).

Razões para a incompreensão do fenômeno

Muitos autores especulam sobre as razões para a construção de um modelo explicativo das fases da Lua se apresentar como um grande desafio para maioria dos indivíduos. Sintetizamos as justificativas listadas nos trabalhos que analisamos em três categorias.

A primeira categoria aponta para aspectos do próprio fenômeno que exigiria, por exemplo, um modelo com elevada abstração espacial (Kriner, 2004; Parker & Heywood, 1998). A segunda categoria relata aspectos situados nos sujeitos, relatando a falta de habilidades espaciais ou de raciocínio tridimensional (Callison & Wright, 1993; Leite, 2006; Plummer & Zahm, 2010), a baixa maturidade cognitiva ou a existência de crenças pessoais que atrapalham a modelização (Bisch, 1998; Starakis & Halkia, 2010), ou a falta de conhecimento prévio e confusão com outros conceitos (Kriner, 2004; Parker & Heywood, 1998; Sadler, 1992; Stahly *et al.*, 1999). Ainda, a terceira categoria, na qual se enquadram estudos que discorrem sobre a complexa elaboração linguística e semântica da explicação verbal do fenômeno (Parker & Heywood, 1998) ou sobre inadequação de artefatos culturais como diagramas, livro didático ou a prática escolar (Engeström, 1991; Stahly *et al.*, 1999), categoria que congrega aspectos situados na mediação do ensino.

Livros didáticos e proposições de ensino

No caso dos livros didáticos, tidos como artefatos culturais que guardam práticas pedagógicas cristalizadas de um certo momento histórico (Mattos, 2016), a literatura mostra que estes mediadores não incentivam a investigação astronômica, apresentam sempre uma mesma figura problemática da Lua girando ao redor da Terra no mesmo plano em que esta gira ao redor do Sol, representam as dimensões e distâncias de forma imprópria, além de não discutirem a perspectiva de visualização da figura (Amaral & de Oliveira, 2011; Canalle, Trevisan, & Lattari, 1997; Hosoume, Leite, & Del Carlo, 2010; Langhi & Nardi, 2007; Leite, 2006; Pena & Quilez, 2001).

Contudo, para além dos problemas, a literatura também traz sugestões aos professores para elaborarem suas atividades de ensino. Por exemplo, recomenda-se a inclusão de atividades que utilizem a manipulação de modelos (tanto físicos como virtuais), que desenvolvam habilidades visuais e espaciais, que enfatizem as escalas de distância e do tamanho do sistema e que os professores contrastem explicitamente as possíveis concepções alternativas dos alunos e os diagramas mal elaborados presentes nos livros com o modelo científico (Benacchio, 1999; Lelliott & Rollnick, 2010). Em suma, dado que o modelo das fases da Lua ser espacialmente abstrato, conceitualmente complexo e sua enunciação requerer uma semântica precisa, um ensino-aprendizado voltado para transmissão de fatos e com suporte apenas em esquemas imprecisos não é capaz de superar os desafios colocados (Lanciano, 1989).

Parte da discussão dessa introdução traz a semente de nosso argumento: a elaboração de um modelo conceitual inadequado cientificamente para as fases da Lua pode ser entendida como o resultado de uma construção cultural proveniente de uma forma de escolarização. Portanto, uma abordagem didática com objetivo de superar esse problema deveria atacar esse processo de formação conceitual. Com esse objetivo, elaboramos uma sequência de ensino-aprendizagem que chamamos de investigação científica-cultural, que procura ser mais ampla que a investigação científica, e que é apresentada na metodologia.

A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA-CULTURAL COMO SUPERAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO ESCOLAR

A inspiração deste texto tem como base dois trabalhos sobre formação de conceitos alinhados com a perspectiva da Teoria da Atividade Cultural-Histórica (Engeström, 1990a, 1991). No primeiro trabalho, a partir de uma análise de livros didáticos e do levantamento de concepções espontâneas sobre as fases da Lua de alunos do ensino secundário, Engeström argumenta que as concepções alternativas ao modelo científico enunciada pelos estudantes não são frutos da determinação biológica de um suposto estágio imaturo de desenvolvimento dos estudantes. Para Engeström, a origem dessas compreensões alternativas são manufaturas culturais, isto é, são produtos construídos pelas “*atividades dos adultos e artefatos culturais, como os livros didáticos e as práticas pedagógicas*” (Engeström, 1990a, pp. 4–5, tradução nossa). Ele apoia sua reflexão na evidência de que a maioria dos estudantes não reconhece a contradição entre seus modelos explicativos (alternativos) para os fenômenos das fases e dos eclipses lunares; ele diz que apesar de terem conteúdos similares, os modelos alternativos e científicos parecem estar separados e isolados.

No segundo trabalho, Engeström (1991) retorna ao tema do ensino das fases da Lua para ampliar o escopo de sua abordagem e criticar as práticas escolares. Ele chama de **encapsulamento escolar** a separação entre o aprendizado escolar e o restante da experiência cotidiana, dizendo que, para os alunos, “*a Lua e o Sol da sala de aula não tem nada que ver com a Lua e o Sol que eles podem ver diariamente no céu*” (Engeström, 1991, p. 247, tradução nossa). Em outras palavras, apesar do conteúdo das fases da Lua estar presente na escola, a atividade didática pela qual ele é geralmente apresentado e discutido com os estudantes aparta da vida cotidiana dos alunos. Isto é, ao final do processo educativo os estudantes, com mediações restritas aos significados estabelecidos ‘intra’ muro escolar, acabam por lidar com as situações cotidianas com um conhecimento fragmentado, sem mediações que permitam estabelecer relações entre os fenômenos e suas vidas, um conhecimento composto basicamente de relato de fatos que só fazem sentido dentro do ambiente escolar (Engeström, 1991). Essa tese é resumida por Resnick (1987), quando afirma que a escolarização tradicional “*não contribui de modo direto e óbvio para o desempenho fora da escola, mas também o conhecimento adquirido fora da escola nem sempre é usado para sustentar a aprendizagem na escola*” (p. 15, tradução nossa).

Nossa interpretação da encapsulação escolar é que o conhecimento humano produzido historicamente, ao ser recontextualizado na escola como conteúdo disciplinar, perde vários de seus sentidos, entre eles aquele que deu sua própria gênese. Ou seja, na educação tradicional, o conhecimento guarda pouco de seus múltiplos sentidos culturais-históricos, tornando-se hermético e orientado apenas para responder questões que dizem respeito à atividade da disciplina escolar¹. No caso das fases da Lua, por exemplo, esse conhecimento que era vital para o ser humano ao registrar a passagem do tempo e mudanças na natureza (Jafelice, 2010) passa, na escola moderna, a ser um entre outros inúmeros tópicos apresentados de maneira sequencial e isolada. De outra forma, a noção de escola encapsulada engendra a ausência de mediação entre os conhecimentos-e-práticas das disciplinas escolares e os conhecimentos-e-práticas do mundo concreto e cotidiano. Para superar o envelopamento escolar, Engeström (1991) discute três propostas de ensino-aprendizagem a partir da Teoria da Atividade.

¹ Em perspectiva mais ampla, Ortega (2012) e Ortega e Mattos (2018) mostram como o ensino de Física tradicional guarda um sentido hipertrofiado, operando apenas com formalismos conceituais vazios de significado.

Na próxima seção, detalharemos cada uma dessas propostas e as desenvolveremos empiricamente para o caso específico do ensino-aprendizagem das fases da Lua. Tais propostas são a base para elaboração de uma sequência didática cujo propósito é imergir os participantes numa teia de relações que integre o conhecimento científico mobilizado nos espaços escolares, com aqueles produzidos nos espaços de vivência do aluno fora da escola. Esse processo, que chamamos de **expansão do objeto** possibilita responder a dois pontos elaborados previamente: as abordagens investigativas que trazem uma visão muito restrita de ciência e o envelopamento escolar. Em ambos os casos, tem-se uma desconexão da vida escolar com vida cotidiana. Nossa proposta de expansão busca uma expansão do fazer ciência que estruture uma conexão com a cultura, uma proposta que chamamos de investigação científica-cultural.

Três contextos de ensino-aprendizagem

A Teoria da Atividade se origina na Rússia, no começo do século XX, como uma perspectiva psicológica que visava superar o subjetivismo e o comportamentalismo (Dafermos, 2015). A partir de então desenvolve-se de maneira multidisciplinar (Sannino, Daniels, & Gutiérrez, 2009) e, mais recentemente, vem sendo empregada como referencial teórico para o ensino de ciências (Camillo & Mattos, 2014; Engeström, 2017; Roth, 2015; Roth, Lee, & Hsu, 2009; Roth & Lee, 2007). De maneira geral, podemos dizer que segundo pressupostos da Teoria da Atividade, o aprendizado ocorre quando os estudantes estão imersos numa atividade na qual possam produzir e reproduzir processos concretos que expressem, de forma condensada, a gênese e o desenvolvimento de práticas humanas que sustentam os objetos de conhecimento (Davydov, 1988).

Algumas propostas de ensino de conteúdo específico, a partir dessa perspectiva, sugerem que o processo de ensino-aprendizagem deve partir de atividades similares àquelas em que os conceitos foram originados, de modo que os alunos *“executem ações mentais que correspondam às ações pelas quais os produtos da cultura espiritual [intelectual] foram historicamente produzidos”* (Davydov, 1988, p. 21, tradução nossa). Nota-se que essa posição possui, em certa medida, aspectos relacionados ao ensino de ciências por investigação, principalmente no que se refere a reproduzir a prática do cientista. Contudo, seguindo nosso objetivo de propor uma ampliação do escopo do ensino por investigação, trazemos três categorias, inspiradas nos três contextos de aprendizagens apresentados por Engeström (1991), que expressam diferentes ênfases formativas de nossa proposta, são elas: investigação conceitual, prática científica, e investigação cultural.

Investigação conceitual

A primeira abordagem apresentada por Engeström se refere ao método da ascensão do abstrato ao concreto, desenvolvido principalmente por Davydov (1990, 1998). Trata-se de um método que se diz genético, pois o foco é a elaboração teórica de determinado conceito a partir do estudo de suas relações particulares e de sucessivas generalizações e reduções. Nesse exercício, os estudantes estabelecem a célula germe de determinado conceito ou fenômeno, isto é, as condições, leis e relações mais essenciais que dão origem a eles. Engeström (1991) chamou essa abordagem de contexto da descoberta, na qual:

“Uma pessoa analisa algum sistema de objetos em evolução para então descobrir nele um princípio que geralmente é anterior, essencial ou universal (uma relação). A identificação e registro deste princípio são uma generalização substantiva do sistema particular. Usando generalização, uma pessoa pode determinar a origem de características particulares e singulares do sistema em sua mente a partir de sua fundação geneticamente original e universal” (Davydov, 1998, p. 25, tradução nossa).

Os termos abstrato e concreto são empregados com sentidos diferentes dos que usualmente são conhecidos (Santos & Mattos, 2011). Na perspectiva da lógica formal, tem-se que a formação de um conceito seja um ato de máxima abstração a partir de elementos do concreto. Contudo, no processo de formação conceitual no modelo davydoviano há um duplo movimento: parte-se da identificação de uma relação geral (abstração) para a aplicação concreta em análises subsequentes (generalização), em um movimento que sintetiza um conceito.

Entendemos que a ênfase deste contexto de ensino-aprendizagem está no desenvolvimento de complexas ferramentas intelectuais, as quais podem ser usadas pelos estudantes para apreender e analisar, cada vez com mais profundidade, o objeto de estudo. Aqui, entendemos que esse contexto é mais bem expresso pelo nome **investigação conceitual**, visto que traz a perspectiva de transformação do conhecimento conceitual como ferramenta de análise, e, dialeticamente, como produção do próprio conhecimento. Por exemplo, Engeström (1990b) analisa uma intervenção didática em que o professor de história constrói uma célula germe para ajudar os estudantes a analisarem as diferenças entre os modos de

organização e produção de sociedades ao longo de diferentes períodos. A célula germe em questão trata-se de uma espécie de mapa conceitual com três componentes e suas inter-relações que serviria de base para descrição e comparação das estruturas sociais. “Com a ajuda desta abstração inicial ou ‘célula germe’, o indivíduo pode ascender para a interpretação conceitual e domínio dos fenômenos concreto” (p. 27). Em outras palavras, o modelo seria uma ferramenta para generalização do conhecimento histórico, muitas vezes lecionado de forma puramente anedótica de datas e fatos, segundo o autor.

Nesse caso, apesar da célula germe ser uma ferramenta relevante para o processo de aprendizagem dos estudantes, ao permitir, por exemplo, o destaque e a comparação sistemática de elementos sociais ao longo das diferentes sociedades, essa prática guarda pouca relação com as práticas de historiadores, que trabalham com textos originais, entrevistas, leitura de imagens, análise de discurso, documentos oficiais, entre outros. Em suma, as práticas realizadas pelos sujeitos segundo tal modelo de formação de conceitos, não precisam necessariamente ser ou emular as práticas que deram origem ao conceito em estudo.

Prática científica

A segunda abordagem apresentada é conhecida como comunidade de prática, elaborada originalmente por Lave e Wenger (1991). Essa proposta considera o aprendizado como a contínua e cada vez mais central participação de um sujeito em práticas sociais. Esta elaboração vem de análises do aprendizado de indivíduos dentro de grupos específicos de atividades, nas quais nem sempre há um ensino formal institucionalizado, como por exemplo as atividades de curandeiros, açougueiros, parteiros, alfaiates ou os alcoólicos anônimos. De fato, por não existirem cursos formais, o aprendizado dos sujeitos nessas atividades se daria pela vivência nas suas comunidades, inicialmente de maneira mais periférica e, com o tempo, vivenciando-a de forma cada vez mais central. A aprendizagem estaria associada a fortes motivos do aprendiz que, por sua vez, estariam relacionados com o valor social da prática e seu reconhecimento pela comunidade. Em outras palavras, o aprendizado de determinada prática estaria fortemente relacionado com uma percepção de pertencimento ao grupo.

Apesar dessa abordagem apresentar limitações para a descrição do ensino-aprendizado escolar formal (Boylan, 2010), Engeström (1991) apoia-se nela para sugerir que o ensino de conceitos astronômicos deveria simular a própria atividade dos astrônomos, compreendendo, por exemplo, a coleta e análise de dados, a elaboração e o uso de modelos, entre outros. Engeström denomina esta abordagem de contexto da aplicação, entretanto, entendemos que este termo traz consigo uma noção limitada de mero uso ou replicação em casos particulares. Dentro do campo do ensino de ciências por investigação, e para fazer a referência às práticas epistêmicas da disciplina que estão sobre o foco do ensino segundo esse contexto de aprendizado, preferimos renomeá-lo para **prática científica**. Aqui, temos como visão o ensino de ciências como um processo de enculturação, em que os estudantes são iniciados nas práticas de produção de conhecimento e utilização de instrumentos e procedimentos da atividade científica.

Investigação cultural

A terceira e última abordagem considerada é a aprendizagem por expansão (Engeström, 2015), elaborada para descrever e analisar o aprendizado coletivo de pessoas em organizações. A ênfase dessa abordagem se dá sobre a aprendizagem coletiva e sobre a criação de novos conceitos ou novas práticas.

“Na aprendizagem expansiva, os aprendizes aprendem algo que ainda não está lá. Em outras palavras, os aprendizes constroem um novo objeto e conceito para sua atividade coletiva, e implementam este novo objeto e conceito na prática” (Engeström & Sannino, 2010, p. 2, tradução nossa).

Engeström (1991) argumenta que nessa abordagem o próprio objeto de estudo é ampliado, ou seja, o foco sai do objeto e se localiza no próprio contexto de aprendizagem ou na sua produção. Ao investigar esse processo em corporações, os pesquisadores utilizam uma metodologia de intervenção na qual empregam dados etnográficos e modelos para análise do problema em questão e de sua perspectiva histórica, de forma que ao final os praticantes elaborem coletivamente um novo conceito para atividade – expandam a atividade (Engeström, 2011).

No caso de uma abordagem didática dessa natureza para as fases da Lua, sua implementação pressupõe que os estudantes analisem criticamente sua própria atividade – livros, currículo, conteúdos, ambiente, práticas e instrumentos. Engeström (1991) chama essa proposta de aprendizagem de contexto da crítica, uma crítica do objeto dentro da própria atividade escolar. Aqui, tratamos de modo ampliado a noção de aprendizagem expansiva, não só para criticar o objeto científico dentro das práticas escolares, mas

também para incluir na investigação desse objeto científico outras esferas de produção cultural, então, denominamos este contexto de aprendizagem como **investigação cultural**.

Investigação científica-cultural

É claro que uma proposta didática poderia ser caracterizada pela escolha somente de uma dessas três abordagens, mas entendemos que todas têm aspectos complementares, e que, portanto, deveriam ser integradas. Afinal, enquanto a investigação conceitual enfatiza a modelagem, análise, generalização e produção do conhecimento, o contexto da prática científica contribui com a discussão sobre as práticas epistêmicas da ciência, e a investigação cultural traz elementos que levantam aspectos e contradições na produção, circulação e uso desse conhecimento na sociedade. Encontrar formas sintéticas para que os estudantes circulem por estes três contextos de ensino-aprendizagem é um de nossos objetivos, assim como o desenvolvimento específico de uma intervenção didática para o ensino das fases da Lua. O próprio Engeström antecipa essa proposta ao apontar uma sequência pela qual estudantes operariam,

“(1) uma análise crítica do modo tradicional de apresentar e conceber mal o material astronômico, bem como as imagens e fantasias criadas em encontros com a cultura popular dos meios de comunicação; (2) um processo davydoviano de descobrir, modelar e usar um "germe" de abstração para dar conta de toda a disciplina da astronomia; e (3) um envolvimento no uso e na reprodução de conceitos astronômicos numa prática social relevante dentro ou fora da escola, seja o que for essa prática” (Engeström, 1991, p. 255, tradução nossa).

Uma proposta integradora dos contextos é desafiadora e de complexa implementação, requerendo mudanças na atividade escolar típica. Contudo, tomando os devidos cuidados, desenvolvemos uma sequência de atividades de ensino-aprendizagem que concretizasse tal proposta em aulas de ciências no ensino fundamental. Os contextos de aprendizagem descritos anteriormente, associados a uma perspectiva freireana de produção emancipatória de cultura pelos sujeitos sociais, serviram de inspiração para a elaboração de uma sequência de atividades com dois objetivos principais: i) mobilizar os estudantes para a construção de um modelo conceitual para as fases da Lua, e ii) refletir sobre as facetas do fenômeno na cultura e na própria escola. Iremos chamar essa nossa proposta de **investigação científica-cultural**. Aqui, a unidade científico-cultural pretende enfatizar a trama do conteúdo científico com os outros elementos internos e externos à escola, ou seja, é uma perspectiva que assume um ensino-aprendizagem de ciências crítico e com mais mediações com o mundo, superando os muros da escola como delimitadores dos sentidos do conhecimento.

No caso das fases da Lua, argumentamos que a discussão sobre as formas como o fenômeno celeste é conceituado e debatido na prática científica, na prática escolar e na cultura popular pode enriquecer o aprendizado pela multiplicidade de sentidos e contextos levados para sala de aula. Portanto, mesmo o tema do ensino das fases da Lua vir sendo bastante explorado na literatura acadêmica, entendemos que a originalidade da contribuição de nosso trabalho é a da proposição da unidade escola-mundo por meio da atividade de investigação científico-cultural, a qual não exclui a necessidade de correção conceitual para um ensino científico. Assim, na próxima seção, apresentamos a descrição de uma sequência didática de investigação científica-cultural sobre as fases da Lua em que destacamos, também, alguns resultados de sua realização. Devido à limitação de espaço e escopo do texto, sugerimos a leitura de Lago (2013) para maior detalhamento sobre a produção e aprendizagem dos estudantes nas atividades².

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA-CULTURAL DAS FASES DA LUA

Antes de nossa análise, cabe uma breve contextualização da escola e as condições nas quais a intervenção foi realizada. Trata-se de uma escola privada de grande porte, católica, urbana, localizada na zona sul da cidade de São Paulo, que atende majoritariamente a famílias de classe econômica média e alta³. Nessa escola, em particular, os hábitos escolares permitiram uma flexibilidade para a inclusão da Astronomia como eixo estruturador do currículo da disciplina de Ciências, para o ano final do ensino fundamental. Na ocasião, a pesquisa foi autorizada pela direção e coordenação da escola, e os pais dos alunos assinaram um

² Foi submetido à publicação: Lago, Ortega & Mattos (2019). *O modelo genético e a ascensão do abstrato ao concreto como instrumentos para o planejamento de sequências didáticas para o ensino de ciências*.

³ Sobre o sentido de classe econômica média e alta ver (Mazzon & Kamakura, 2016)

termo de consentimento livre e esclarecido, autorizando o registro e divulgação dos dados de maneira anônima.

O professor que aplicou a sequência tem licenciatura em Física e mestre em Ensino de Ciência, sendo reconhecido por trazer propostas de aulas que contextualizam os conceitos físicos e por manter uma abordagem dialógica com os alunos. Um dos pesquisadores esteve presente nas aulas como observador participante (Bogdan & Biklen, 1994), colaborando com a produção e coleta dos dados e interagindo com os estudantes. No recorte da pesquisa escolhido para ser apresentado neste texto, os dados são compostos pelas notas de campo do pesquisador, registro fotográfico e pelos relatos do professor. Para uma análise mais detalhada da produção escrita dos estudantes e dos modelos científicos construídos por eles sugerimos a leituras das duas referências supracitadas.

A sequência didática foi introduzida ao longo de um bimestre em quatro turmas de nono ano durante 14 aulas da disciplina de Ciências que tinham duração de 50 minutos. Cada sala de aula tinha em torno 25 alunos, com idade média de 14 anos, que se organizavam grupos de quatro integrantes quando requerido. A escola trabalhava com avaliações contínuas focadas em objetivos amplos de aprendizagem, e não com um período de provas determinado no fim do bimestre. Isso possibilitou utilizar todos os registros produzidos ao longo do processo em objetivos de avaliação.

A sequência didática e exemplos dos registros dos alunos

A elaboração e organização das atividades didáticas foram feitas conjuntamente pelo professor e pesquisadores; todos trouxeram suas experiências prévias com relação ao Ensino de Astronomia, pesquisas de outros materiais didáticos, além de algumas ideias iniciais. Na própria literatura encontramos trabalhos que sugerem propostas de ensino cujo objetivo é mostrar que a Lua e suas fases podem ser estudadas por meio de atividades investigativas que desenvolvam, por exemplo, a observação, coleta e análise de dados e modelagem (Benacchio, 1999; Kavanagh, Agan, & Sneider, 2005; Trundle, Atwood, Christopher, & Sackes, 2010). Em duas reuniões de quatro horas cada, e mais algumas sessões de trabalho individual, as atividades foram selecionadas, elaboradas, reelaboradas e organizadas de maneira que compusessem uma sequência investigativa (Sasseron, 2015). A sequência de investigação científica-cultural é apresentada resumidamente no Quadro 1.

Quadro 1 – Sequência das atividades, suas descrições e contextos.

| Atividade | #Aulas | Descrição | Contexto |
|-------------------------------------|---------------|---|--|
| 1. Observação da Lua | 3 | Registro das fases da Lua ao longo de ciclo lunar. | Investigação conceitual Prática científica |
| 2. Escala de tamanho | 1 | Reflexão em grupo com manipulação de bolas esportivas. | Investigação conceitual |
| 3. Escala de distância | 3 | Reflexão em grupo com manipulação de bolas esportivas. | Investigação conceitual |
| 4. Livro didático | 1 | Correção da imagem do livro didático e de outras fontes. | Investigação cultural |
| 5. Entrevista e dinâmica | 1 | Levantamento do conhecimento popular. | Investigação cultural |
| 6. Simulação | 1 | Reflexão em grupo com manipulação da caixa com as fases da Lua. | Investigação conceitual Prática científica |
| 7. Modelização | 1 | Reflexão em grupo com manipulação de objetos para modelar a luação. | Investigação conceitual Prática científica |
| 8. Sistematização | 1 | Apresentação e discussão coletiva. | Investigação conceitual |
| 9. Lua na História e na Arte | 1 | Aula expositiva sobre episódios históricos e obras de arte. | Investigação cultural |
| 10. Luas de outros planetas | 1 | Aula expositiva sobre as luas do Sistema Solar. | Investigação conceitual Investigação cultural |

Na última coluna do quadro indicamos para cada atividade quais os contextos de aprendizagens a que se referem. As atividades desenvolvidas dentro do contexto de investigação conceitual permitem que os estudantes aprendam as relações físicas do fenômeno e construam ferramentas intelectuais para uma significação científica adequada das fases lunares, por exemplo, a escala do sistema, a posição relativa e dinâmica orbital dos astros e a iluminação. O contexto da prática científica, como dissemos, não deve ser entendido como um mero uso ou prática do conhecimento, mas a vivências em atividades que têm instrumentos e procedimentos específicos da atividade do astrônomo, como a observação, a coleta e análise de dados, a simulação e modelagem. O contexto da investigação cultural traz, por fim, então a expansão do conteúdo das fases da Lua para a cultura popular e para a prática da própria escola.

Mais uma vez, apontamos que os contextos não são excludentes, uma determinada atividade pode conter elementos de mais de um dos contextos aqui descritos. Os contextos denotam ênfases em cada atividade, ou seja, são os contextos que melhor descrevem a experiência oferecida aos estudantes. A ênfase do trabalho em grupo em algumas atividades tinha o objetivo de promover momentos em que os alunos estudantes poderiam mergulhar ativamente nas suas concepções e reconstruí-las colaborativamente a partir do desafio de representá-las para seus pares.

A atividade 1, sobre a **Observação da Lua** (3 aulas), foi realizada fora do período das aulas, sendo um trabalho individual para casa, mas com apresentação em sala dos resultados em forma de cartaz. Os alunos receberam um formulário com orientações para observar sistematicamente a Lua, ao pôr do Sol, por quinze dias seguidos. Em cada observação eles deveriam registrar, utilizando sempre da mesma folha, a aparência (fase) da Lua no céu e sua posição em relação ao horizonte. Planejamos essa atividade com o objetivo de revelar a relação entre a fase da Lua e sua posição relativa ao Sol, uma percepção que dificilmente se obtém a partir de observações espontâneas e sem direcionamento (Lago, Ortega, & Mattos, 2018).

Foram necessárias três aulas para execução completa da atividade, compreendendo a apresentação inicial, compartilhamento das primeiras observações, discussões para correção de rota e problemas e a apresentação dos resultados por meio de cartazes. Esta atividade está no contexto da investigação conceitual e da prática científica; no primeiro porque permite discutir o movimento da Lua, a posição relativa do Sol e a relação com a sequência das fases, no segundo contexto porque tem base na atividade de pesquisa do astrônomo e requer disciplina e rigor no registro das observações sistemáticas.

De maneira geral os alunos não fizeram as observações como orientado, isto é, considerando sempre a mesma posição de observação, o mesmo horário e o mesmo esquema. A maioria dos estudantes desenhou várias aparências da Lua e relacionou-as a um calendário mensal ou apresentaram fotografias do céu com a Lua (Figura 1). Após a análise da produção dos alunos, identificamos que a confecção fidedigna desse registro requer atenção e cuidado, sendo um procedimento de elevada complexidade para os alunos. Por exemplo, no registro é necessário relacionar a altura vertical da Lua com o ângulo de visualização, e transpor essa relação para o papel.

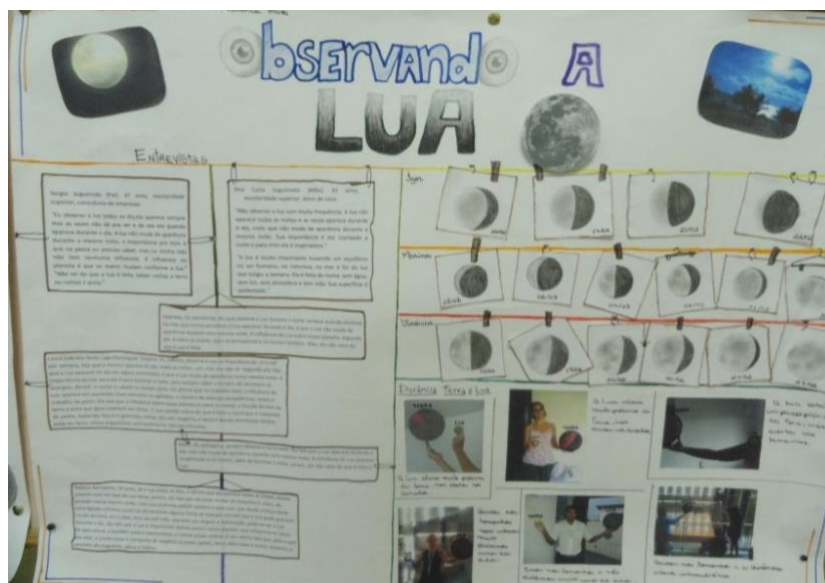


Figura 1 – Exemplo de cartaz produzido pelos estudantes na atividade de observação da Lua. Nele é possível notar os registros das entrevistas (à esquerda) e dinâmica que os estudantes fizeram com seus familiares (à direita na parte inferior) para a atividade 4.

As duas atividades seguintes, 2 e 3, tinham como objeto a escala dos tamanhos e distância da Terra e da Lua. Na atividade sobre a **Escala de tamanho** (1 aula), o professor levou para sala de aula diversos tipos de bolas com tamanhos diferentes (bolas de isopor ou utilizadas em esportes - cedidas pelo professor de Educação Física). As bolas foram dispostas no centro da sala e os alunos foram orientados a discutir em grupo quais bolas representariam, em escala, os tamanhos relativos da Terra e a Lua. Os alunos também foram orientados a medir o diâmetro das bolas que escolheram. No final da aula um integrante de cada grupo foi à frente da sala de aula e mostrou o par de bolas que o grupo escolheu para representar os dois astros (Figura 2a).

Na atividade sobre a **Escala de distância** (3 aulas), a partir das bolas escolhidas pelos estudantes na aula anterior, eles deveriam estimar a distância entre os dois astros. Novamente, um ou dois integrantes de cada grupo foram convidados a ir à frente da sala para mostrar a distância estimada (Figura 2b). O professor mediu a distância proposta por cada grupo com uma fita métrica e, ao final da aula, exibiu um vídeo⁴ no qual pessoas comuns são estimuladas por um entrevistador a colocarem, numa distância que elas estimam ser proporcionalmente correta, uma bola de basquete, correspondente à Terra, e uma bola de tênis, correspondente à Lua. Depois de assistirem ao vídeo, os alunos percebem que tanto suas próprias estimativas, como as das pessoas entrevistadas no vídeo, apresentam uma diversidade de representações conflitante com a escala real entre Terra e Lua. Os estudantes foram então estimulados a problematizar essas representações incorretas do sistema Terra-Lua (TL) e o conflito existente entre elas e as dimensões reais

Ambas as atividades propunham uma primeira reflexão científica sobre o sistema Terra-Lua, a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes. As dimensões astronômicas em questão são enormes se comparadas às cotidianas, e as proporções entre elas são importantes para uma compreensão adequada do sistema Terra-Lua e da explicação das fases da Lua. Como essa atividade promove uma reflexão sobre uma propriedade do sistema que não é obtida pela experiência direta, ela pode ser enquadrada no contexto da investigação conceitual. No caso, é preciso um movimento de redução da complexidade do sistema à um modelo abstrato e volta posterior ao sistema Terra-Lua. Por outro lado, a exibição do vídeo com as concepções cotidianas das pessoas expressa o contexto da investigação cultural.



Figura 2 – Apresentação da atividade sobre a escala de tamanho (a) e de distância (b).

Em geral os grupos escolheram uma bola maior para representar a Terra e uma menor para a Lua, e as separavam por uma distância de dezenas de centímetros. Mas, pelo menos um grupo, em cada sala, escolheu uma bola maior para representar a Lua e menor para representar a Terra, argumentando, por exemplo, que “como a Lua é mais brilhante que as estrelas, ela deve ser grande”, ou “como a Lua e o Sol parecem ter o mesmo tamanho quando visto no céu, a Lua deve ser tão grande quanto o Sol”, ou ainda “a Lua Cheia é grande”, referindo-se provavelmente quando observada no horizonte.

Além dessa aula, a atividade da escala de distância se desdobrou em mais duas. Na segunda aula o professor retomou o vídeo apresentado na primeira e apresentou os valores aceitos pela comunidade científica para o diâmetro e distância entre os dois astros. O professor discorreu sobre razão entre dois números introduzindo os conceitos de escala e proporção matemática, em seguida inicia a montagem de uma

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=M5pp9CuB-6o&t=7s>

maquete dos astros na escala correta. Para isso, usa bolas de isopor com os diâmetros adequados ($\approx 4:1$) e separadas por um pedaço de barbante também na escala correta ($\approx 110:1$), tomando o diâmetro da Lua como unidade. Na terceira aula, o professor pediu aos estudantes para retomarem os valores dos tamanhos e distâncias estimados nas duas aulas anteriores e corrigirem seus modelos. Assim, os estudantes trocaram uma das bolas, acertando a proporção de tamanho e da distância entre elas. Por fim o professor resolveu exercícios sobre proporção e escalas e aplicou uma avaliação escrita.

Um fato interessante a ser destacado é que, durante as apresentações da escolha das bolas, a maioria dos estudantes, colocava a bola representando a Lua em uma posição acima da bola representando a Terra. Essa preferência tornou-se evidente, quando um dos alunos colocando a Lua abaixo da Terra, teve seu braço empurrado para cima por um colega, na tentativa de 'corrigir' a posição da sua mão (Figura 2a). Essa atitude indica uma concepção construída pela vivência de que a Lua sempre aparece no céu 'acima da Terra', nesse caso representada pelo plano do solo.

A atividade 4 da sequência foi a da **Correção do livro didático** (1 aula). A partir do trabalho sobre o conceito de escala desenvolvido nas aulas anteriores, os alunos foram orientados a analisar e corrigir a figura do sistema Terra-Lua presente no livro didático adotado. O foco foi trabalhar o contexto da investigação cultural e exercitar um olhar crítico sobre os instrumentos didáticos que medeiam o objeto de estudo. Além de explorar as dimensões e propriedades do modelo Terra-Lua, propusemos a análise e crítica da limitação das representações didáticas e a proposição outras maneiras de representá-las.

Os estudantes reconheceram rapidamente a inadequação do desenho do livro. Nos seus cadernos, ao fazerem a correção do esquema, alterando o tamanho de um dos astros e posteriormente a distância entre eles, notaram que a melhor solução seria diminuir consideravelmente o tamanho da Lua. Porém, perceberam a dificuldade de enquadrar o esquema correto em somente uma página do caderno e, portanto, emendaram duas ou três folhas ou tiras de papel (Figura 3).

Pelo menos, um grupo em cada sala propôs uma redução considerável do diâmetro da Lua para enquadrar o sistema em apenas uma folha de caderno. O professor mostrou esse esquema para o restante da sala e questionou sobre o motivo dos livros didáticos não optarem por essa representação. Os estudantes reconheceram que seria difícil confeccionar os desenhos em escala sem perder os detalhes dos astros. Um estudante sugeriu que os livros digitais apresentassem um esquema animado e, outro, que os livros fossem acompanhados de kits para a construção do modelo.

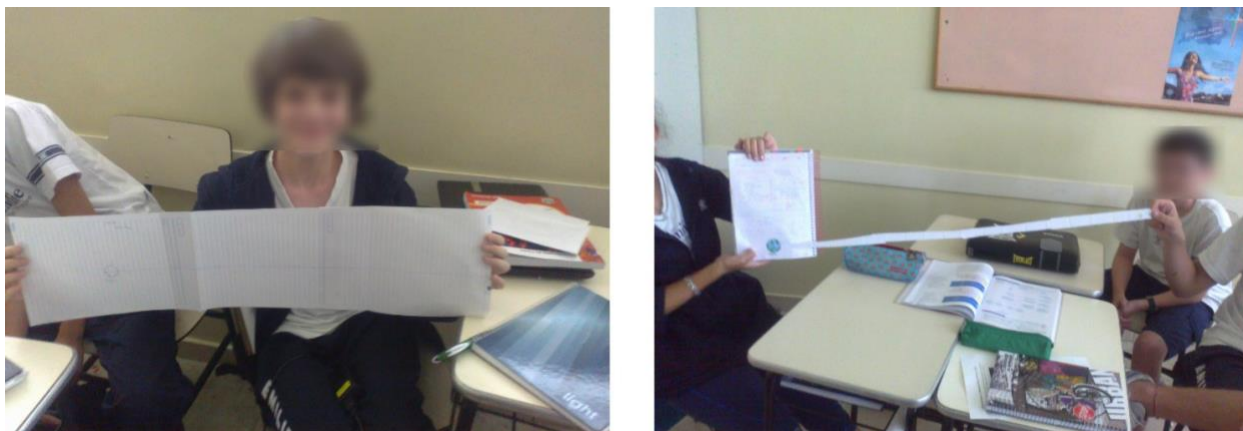


Figura 3 – Exemplos das soluções criadas para correção da escala da figura do livro didático.

A atividade 5, **Entrevista e dinâmica** (1 aula), dentro do contexto da investigação cultural, pesquisava as crenças e concepções sobre a Lua na cultura popular por meio de entrevista e de uma dinâmica com os familiares dos alunos. Os estudantes deveriam fazer entrevistas com duas ou mais pessoas de seu círculo pessoal, com objetivo de descobrir o que sabiam sobre a Lua e qual importância lhe atribuíam. Para a organização da entrevista, alguns exemplos de perguntas foram fornecidos aos estudantes. A tarefa se completava com os estudantes realizando a atividade da escala do sistema Terra-Lua com os entrevistados, pedindo que escolhessem bolas que representassem em escala o diâmetro da Terra e Lua e a distância entre elas. O resultado dessa atividade foi apresentado em forma de cartaz pelos estudantes em uma aula (Figura 1). Ambas as tarefas tinham o objetivo de trazer elementos da cultura popular para discussão em sala de aula e, ao mesmo tempo, levar o conhecimento escolar para fora da escola.

Com respeito a atividade sobre as dimensões do sistema Terra-Lua, os familiares apresentaram as mesmas concepções dos alunos, desconhecendo a escala do modelo validada pela ciência. Com relação as entrevistas, além das questões sugeridas, os estudantes tiveram autonomia para formular suas próprias perguntas, o que gerou uma grande dispersão de informações contidas nas respostas. De maneira geral, as respostas trouxeram para sala de aula uma diversidade conceitual, compreendendo os aspectos científicos e culturais. Separamos os conteúdos das respostas em sete temas seguidos das palavras-chaves citadas nos relatos das pessoas (Quadro 2).

Quadro 2 – Temas e palavras-chave resultantes das entrevistas dos estudantes com familiares.

| Temas | Palavras-chave |
|--------------------------|---|
| Frequência de observação | Raramente, todos os dias, eventualmente, duas vezes por semana, ao meio-dia |
| Presença da Lua no céu | Todas as noites, na maioria das noites, pode aparecer de manhã ou à tarde, aparece dois dias de manhã, nasce sempre às dezoito horas, muda de aparência durante uma noite |
| Importância | Estabiliza o eixo da Terra, beleza, ilumina a noite, pesca, equilíbrio da natureza e do ser humano, não tem importância, signos |
| Influência na vida | Crescimento, corte e pintura do cabelo, lavoura (plantação e colheita), nascimento dos bebês (contagem de nove luas), humor (acalma ou agita as pessoas), doenças psíquicas e dos rins, não tem influência nenhuma, crescimento das unhas |
| Influência na Terra | Marés, vegetação, clima, magnetismo |
| Constituição | Rochas, poeira, meteoritos, pó, terra, areia, ferro, sílica, feldspato, pedra congelada, água, gases, oxigênio, nitrogênio, ozônio |
| Outros | Poemas, feminina, romântica, amor, bonita, marca eventos importantes, traz boas lembranças, originou a Terra |

Como podemos ver no Quadro 2, as palavras-chaves foram enquadradas em sete temas, passando pela experiência direta dos sujeitos da observação da Lua no céu noturno, a influência física dela sobre a Terra e seres vivos, e até elementos emocionais, estéticos e esotéricos. Essa diversidade em certa medida confirma e expande as crenças levantadas em outros artigos, como na investigação de Darroz, Rosa, Vizzotto e Rosa (2013), que encontram como crenças mais frequentes o efeito da Lua no desenvolvimento dos fios de cabelos, vegetais, gestação, humor e pesca, ou no levantamento relatado em Alves, Budel, Rossini e Peixoto (2017) que relaciona a Lua com aspectos ligados à subjetividade humana como amor, paixão e descanso. Fica claro que os relatos dos pais dos estudantes se enquadra em grande medida nos dados já levantados na literatura, porém, apesar da riquíssima variedade de dados, queremos destacar que a atividade das entrevistas com os familiares dos estudantes foi relevante por trazer aspectos além daquele da perspectiva científica e cujo significado afetivo era muito grande para os estudantes por virem do ambiente das suas vidas cotidianas e os quais raramente tem acesso. Desta foram se amplia apropriada compreensão dos alunos sobre a origem de suas crenças e formas de ver o mundo.

As três atividades seguintes, 6, 7 e 8, tratam mais diretamente do tema das fases da Lua e consideram o papel da iluminação, perspectiva de observação e da dinâmica orbital do sistema Terra-Lua-Sol para ocorrência do fenômeno. Assim, a atividade 6 (**Simulação**, 1 aula) consistiu na simulação das fases da Lua em uma caixa de papelão (Saraiva, Amador, Kemper, Goulart, & Muller, 2007). Em uma caixa de papelão retangular foram feitas oito aberturas laterais pelas quais os alunos poderiam observar uma bola branca presa no centro, por meio de uma haste. A caixa era escura por dentro, a não ser quando uma lanterna iluminava a bola diretamente por um dos orifícios laterais (Figura 4).

Os estudantes receberam duas folhas para o registro das observações da iluminação da bola no centro, a partir das diferentes posições dadas pelos orifícios laterais na caixa, o que pretende ser uma simulação da observação das fases da Lua. Inicialmente, eles deveriam fazer uma hipótese da aparência da bola que seria feita observada em diferentes posições, em seguida deveriam realizar a observação e desenhar o observado. Os resultados foram bastante satisfatórios, pois a maioria conseguiu representar bem a aparência da bola antes da observação ou, numa segunda tentativa, conseguiu reelaborações corretas. Geralmente corrigiam inversões entre os lados iluminados e não-iluminados e os tamanhos das porções iluminada e não-iluminada da bola. Em poucos casos, persistiu algum tipo de inversão após a observação,

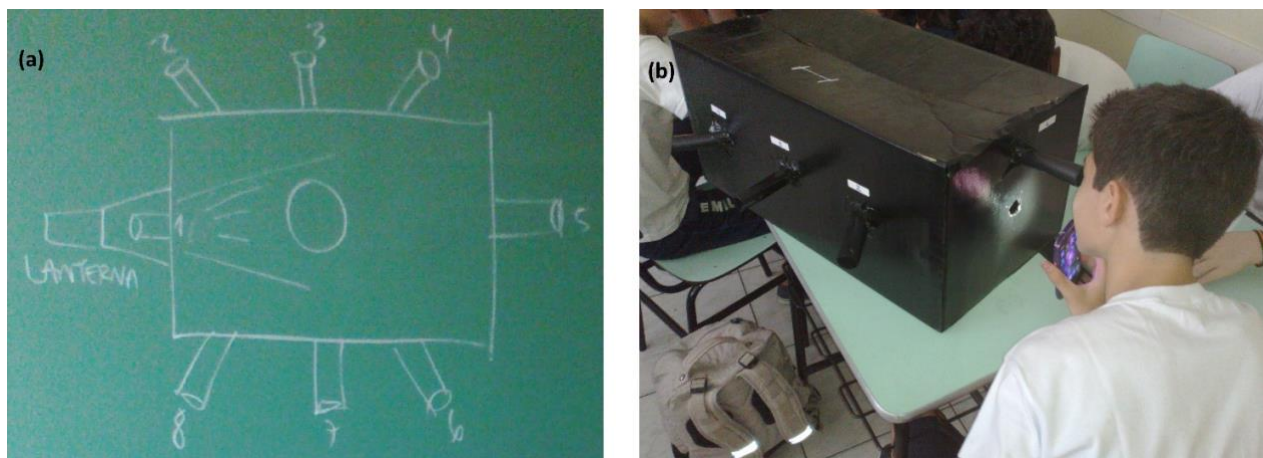


Figura 4 – Caixa de papelão para simulação das fases da Lua: (a) esquema desenhado no quadro pelo professor e (b) aluno observando a aparência da Lua Cheia na bola no interior da caixa.

Destaca-se, na atividade, a necessidade de criar uma hipótese de registro antes da observação e os registros de fato. Esse procedimento foi determinante para que os estudantes pudessem exercitar a mudança de perspectiva, pois tinham que imaginar qual seria a observação em diferentes orifícios. Essa mudança de referencial é fator essencial para relacionar a observação e modelização das fases da Lua. Enquanto a observação da Lua se dá, obviamente, na perspectiva topocêntrica, isto é, em um sistema de referência centrada no observador, a maioria dos esquemas dos livros didáticos apresenta um modelo cuja perspectiva de observação é a partir do Norte da eclíptica (plano definido pela órbita da Terra em torno do Sol).

Na parte final da atividade, os estudantes responderam perguntas dissertativas comparando as fases da bola com as fases da Lua, por exemplo, explicando porque a bola mudava de aparência quando vista de orifícios diferentes. A discussão sobre a influência da mudança da posição relativa dos elementos, lanterna-bola-observador, na aparência de um objeto iluminado e a relação de cada elemento com cada astro do sistema Terra-Sol-Lua (TSL), permite dizer que a atividade está no contexto da investigação conceitual: a iluminação e a posição relativa como propriedades fundamentais do fenômeno. Além disso, classificamos também como contexto de prática científica por trabalharmos com experimentos, modelos e analogias, tal como, também o faria, um astrônomo em sua atividade.

A atividade 7 (**Modelização**, 1 aula) visava a construção de um modelo para representar o fenômeno das fases da Lua. Nela, os alunos foram orientados a manipular três objetos - duas bolas e lanterna - para explicar a ocorrência e sequência das fases da Lua. Não foram dados maiores detalhes e instruções sobre as propriedades do modelo astronômico para permitir que os alunos o explorassem a partir do conhecimento que dispunham. Eles receberam uma folha de atividade que deveria ser preenchida com desenhos que descrevessem as quatro fases do satélite.

Durante manipulação dos objetos pelos alunos, o professor passava nos grupos para avaliar as explicações construídas, questionar a posição do observador na superfície terrestre e os planos orbitais. Esta atividade é uma complementação da anterior, pois trabalha com os mesmos elementos para a explicação do fenômeno lunar (iluminação e posição relativa), contudo, agora, a partir da perspectiva heliocêntrica. A manipulação dos objetos pelos estudantes permite a elaboração ativa de modelos e as intervenções do professor promovem tanto a percepção de contradições contidas nestes modelos como a operação com novas informações. Por exemplo, pela manipulação da maquete e mediação do professor os estudantes deveriam perceber que se a órbita da Lua em torno da Terra estivesse no mesmo plano que o da órbita da Terra em torno do Sol, haveria a ocorrência mensal de um eclipse lunar. Nesse momento, fizemos a introdução da discussão sobre a inclinação da órbita lunar. A atividade ao exigir a busca de elementos essenciais ao modelo e o seu uso como instrumento de investigação, em particular na consideração da inclinação da órbita lunar, indica respectivamente que está no contexto da investigação conceitual e da prática científica.

A atividade 8, **Sistematização** (1 aula), tinha como objetivo relacionar, num sistema de representações, os elementos que sustentavam uma representação do conjunto do fenômeno das fases da Lua. A aula foi mais uma exposição dialogada do professor, cujo propósito era organizar todo o conhecimento desenvolvido até o momento por meio do uso de diferentes recursos como apresentação de slides, vídeos, esquemas, simulador digital e maquete física (telúrio). A apresentação foi fartamente ilustrada com fotografias

da Lua em diferentes fases e esquemas do sistema TSL em diversas perspectivas. A exposição dialogada favorecia os enunciados dos estudantes de forma que o professor pudesse avaliar as suas concepções e modelizações. Um vídeo⁵ mostrando as fases de uma bola de isopor, quando colocada em diferentes posições ao redor do observador em um dia ensolarado, foi particularmente importante para fomentar as interações discursivas. Também foi utilizado o recurso de um simulador⁶ que mostrava as fases da Lua ao longo de uma revolução a partir de duas perspectivas (topocêntrica e heliocêntrica), além de indicar o horário da observação e o ângulo entre o Sol e a Lua em relação ao observador. Por fim, para discutir a ocorrência dos eclipses utilizou-se um telúrio para mostrar a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica. A atividade foi desenvolvida na forma de perguntas e resolução de pequenos problemas, em diálogo regido pelo professor, em que muitas das concepções dos estudantes foram manifestas, indicando uma compreensão aprofundada das relações essenciais do fenômeno das fases da Lua. Por isso, entendemos que o contexto da investigação conceitual prevaleceu nesta atividade.

Em resumo, os dados das três atividades anteriores apontam para dois pontos: i) a modelização das fases da Lua é uma produção complexa para alunos, tanto pela organização dos astros, como pelo uso adequado da perspectiva; e ii) são necessárias muitas interações entre alunos-modelo-professor para a construção de uma explicação cientificamente adequada. Sobre esse último aspecto, ressaltamos que o simples engajamento na investigação não garante o aprendizado pois alguns aspectos do modelo, como a compreensão de que a órbita lunar necessita ser inclinada em relação ao plano orbital terrestre e do fato da Lua ter sempre uma metade iluminada, não são fenômenos auto evidentes. Em nosso caso, observações e gravações das aulas mostram como é importante e necessária a mediação do professor para prover, explicitar ou relacionar conceitos e atributos que os estudantes não percebiam, ou ainda para evidenciar alguma contradição no modelo construído por eles. Essas constatações corroboram, em grande medida, com os resultados dos estudos que revisamos na primeira seção do artigo. A complexa modelização que destacamos advém, em parte, dos vários aspectos supracitados, tal como a abstração espacial, tridimensionalidade, perspectivas diferentes de observação e modelização e refinada e precisa semântica por trás dos conceitos enunciados. Contudo, destacamos que um processo de ensino-aprendizagem que se propõe a superar essas lacunas precisa planejar cuidadosamente as mediações necessárias entre os sujeitos e o objeto em estudo.

Por isso, pelos comentários e participação ativa dos estudantes durante a aula, argumentamos que os recursos apresentados, juntamente com a mediação do professor, permitiram organizar e sistematizar os conceitos para a construção de um modelo explicativo para as fases da Lua. Para cada problematização iniciada pelo professor, os alunos contribuíam com respostas articuladas e coerentes. Entendemos que esta participação ativa na aula de sistematização indica o aprendizado com relação ao modelo das fases da Lua. Novamente, maiores detalhes sobre a modelização astronômica produzida pelos alunos podem ser encontrados em outras publicações (Lago, 2013; Lago, Ortega, & Mattos, 2018).

As duas atividades seguintes foram planejadas para representar o contexto da investigação cultural ao trazerem outras dimensões para o conteúdo das fases da Lua. A atividade 9 tratou de uma exposição em duas partes sobre a **Lua na História e na Arte** (1 aula). Na primeira parte o professor discutiu um caso histórico sobre as diferenças entre as observações astronômicas da Lua feitas por Galileu Galilei e Thomas Harriot à luz de suas concepções prévias (Holton, 1998). Na segunda parte o professor mostrou a influência das duas concepções de Lua tratadas na primeira parte, em telas e afrescos da iconografia religiosa sobre a 'A ascensão da Virgem Maria' e em uma escultura da Virgem sobre uma meia Lua no interior da própria escola.

A atividade 10 considerava as **Luas de outros planetas** (1 aula) e partiu de uma exposição dialogada com base na apresentação ricamente ilustrada por mais de 50 fotografias de outros planetas com seus satélites no Sistema Solar, produzidas pelos diversos observatórios de pesquisa. Planejadas inicialmente como investigação cultural, visto que as atividades tinham como objetivo discutir a investigação astronômica profissional, o conteúdo das fotografias que se tornou o centro do debate. Ao mostrar efeitos de iluminação nos satélites e planetas (e.g. fases no satélite Ganimedes, eclipse solar em Júpiter devido à lua Io, sombra em Saturno devido aos seus anéis) os estudantes passaram a elaborar os eventos em termos dos conceitos trabalhados no caso terrestre. Por exemplo, falavam de fases, eclipses, luz e sombra, posição de observação, revolução e rotação entre outros. Esta evidência indica que para além da investigação cultural, os estudantes se referiram ao contexto da investigação conceitual, pois não só estavam utilizando o conhecimento aprendido nas outras atividades, como estavam o colocando em movimento (entre o abstrato e o concreto), os elementos físicos fundamentais da aparência de objetos iluminados. Na aula seguinte, como fechamento da sequência, o professor aplicou uma avaliação individual e escrita sobre as fases da Lua e eclipse.

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=cMyl8P4vsU8>

⁶ <http://astro.unl.edu/naap/lps/lps.html>

Efeitos da sequência didática para além das aulas de ciências

Nessa seção, apontamos que a intervenção na forma da investigação cultural-científica gerou diversas e inesperadas consequências no ambiente escolar que não haviam sido planejadas. A primeira foi a participação livre e espontânea da professora de Língua Portuguesa, que, ao ver a riqueza dos cartazes sobre a Lua expostos nas paredes das salas, iniciou as aulas do bimestre seguinte pedindo aos estudantes a redação de poemas sobre a Lua. Essa professora pensou na sua proposta ao reconhecer o envolvimento dos alunos e a qualidade dos trabalhos por eles produzidos nas aulas de Ciências.

A atividade também gerou reflexos nas salas dos anos iniciais do ensino fundamental; as professoras dos quintos anos combinaram com o professor de ciências para que os estudantes do nono ano fossem visitar a exposição sobre o sistema solar que os menores estavam organizando. Nessa interação, os estudantes dos quintos anos se sentiram valorizados por receberem visitas dos alunos mais experientes, e estes tiveram a oportunidade de perceber diferentes graus de complexidade nos conceitos de Sistema Solar, materializados nas maquetes exibidas. Outro fato relevante ocorreu nas aulas de Educação Artística, dentro de um projeto em que os alunos escolheram o tema da Astronomia para ser grafitado no muro da escola. Ainda, neste mesmo ano foi a primeira vez que os estudantes participaram da Olimpíada Brasileira de Astronomia, sendo que alguns deles foram contemplados com medalhas, uma de prata e seis de bronze.

Sobre o intercâmbio entre as experiências cotidiana e escolar, cabe destacar que a atividade das entrevistas com os familiares dos estudantes foi relevante por trazer aspectos além daquele da perspectiva científica. Entendemos que a atividade das entrevistas com as pessoas próximas aos estudantes poderia ser ampliada, se coordenada com um projeto orientado com a disciplina de História ou Linguagens, e abrir outros ramos de investigação cultural ainda mais amplos.

CONCLUSÃO: PERTURBANDO O SISTEMA ESCOLAR

À guisa de conclusão, entendemos que este trabalho desenvolve uma crítica ao ensino investigativo de ciências apontando suas limitações quando este é tomado como um fim nele mesmo, principalmente se visto pela perspectiva do encapsulamento escolar. Como proposta de ampliação dessa abordagem, desenvolvemos a proposta da investigação científica-cultural, segundo a qual o objeto da investigação é expandido para além dos produtos da cultura científica, englobando também os produtos da cultura popular e escolar, nos seus mais diversos níveis e complexidades. Ou seja, se a proposta de ensino de ciências por investigação mais consensual promove predominantemente os contextos da investigação conceitual e da prática científica, a inclusão do contexto da investigação cultural pode ser entendida como uma das principais contribuições deste trabalho.

Do ponto de vista do conhecimento científico, professor e pesquisadores realizaram os propósitos de um trabalho investigativo de ensino de Astronomia e os estudantes, de maneira participativa e envolvente, atingiram os objetivos de aprendizagem, no que se refere à construção de modelos cientificamente adequados para a representação do fenômeno das fases lunares. Esta conclusão está fundamentada na análise mais detalhada dos registros escritos dos alunos nas atividades específicas de investigação conceitual e prática científica. Tal análise está mais detalhada em outros textos já indicados. De maneira geral os estudantes apontaram que a forma da aparência da Lua é resultado da iluminação dela pelo Sol e explicaram a ocorrência das fases - mudança dessa aparência - pela mudança da posição relativa dos astros do sistema TSL. Além disso, os alunos conseguiram associar as quatro principais fases lunares com a posição da Lua em sua órbita ao redor da Terra.

Dentre as limitações que encontramos em nossa proposta, apesar dos estudantes terem conseguido diferenciar a ocorrência da Lua Cheia e do eclipse lunar na atividade de modelização, eles ainda apresentaram dificuldades na representação dessas ocorrências na forma de um esquema bidimensional na avaliação final. No caso da Lua Cheia, a maioria dos estudantes não colocou a Lua exatamente em oposição ao Sol com relação a Terra, preferindo por deslocarem-na ligeiramente do ponto de oposição. No esquema, não souberam como mencionar explicitamente a questão do ângulo formado entre a órbita da Lua e a eclíptica. Esse resultado é similar ao encontrado por Darroz, Pérez, Rosa e Heineck (2012). De fato, parece que a discussão sobre a inclinação da órbita da Lua foi insuficiente em nossa proposta. Ela aparece na atividade de modelização, mas muito ligada à oralidade e à manipulação dos objetos, e na aula de sistematização, em que houve uma rápida apresentação de um telúrio e a projeção de alguns esquemas com perspectiva tridimensional. Em uma futura aplicação da sequência, nossa sugestão é incluir uma atividade em grupo com a manipulação de um modelo didático como apresentado em Martins e Langhi (2012), em que se requeresse dos estudantes o desenho de um esquema em perspectiva tridimensional que represente a

Lua Cheia e a Lua durante um eclipse. Nesse momento seria aconselhável o professor trazer elementos de gravitação e estabilidade orbital.

Além disso, na perspectiva de investigação cultural, entendemos que a temática das fases da Lua foi elaborada considerando a cultura popular, dos estudantes dessa escola e de seus familiares, e a cultura escolar. As entrevistas com os familiares e o olhar para outros produtos culturais (livro didático, pintura, gravura, astrofotografias) de diferentes tradições (Arte, Religião, História, Ciência, Escola) trouxeram uma diversidade de sentidos para a sala de aula. Diversos exemplos mostram como esses estudantes tornaram-se mais sensíveis à apreciação da Lua, convocando seus familiares a fazê-la nos momentos de lazer e produzindo registros fotográficos espontâneos que trouxeram para escola ou postaram nas redes sociais para serem compartilhados.

Argumentamos então que a investigação científica-cultural mobilizou diversos conhecimentos e habilidades que permitiram aos estudantes fazerem a mediação entre os contextos escolar e cotidiano (extraescolar) e a atuar em ambos de maneira significativa. Ou seja, os conhecimentos adquiridos fora da escola sustentaram a aprendizagem dentro da escola, e os conteúdos escolares foram relevantes e serviram de referência para os estudantes em suas atividades cotidianas. Em suma, resultados desta intervenção fornecem elementos para respondermos às duas perguntas colocadas na introdução: apresentamos uma sequência didática com o objetivo da expansão do escopo do ensino investigativo de ciências, e mostramos o aprendizado dos estudantes e os reflexos inesperados da implementação de tal proposta.

Por fim, estamos enquadrando nossa intervenção como uma atividade perturbadora, no sentido dela ter interferido e alterado outras atividades em diferentes espaços da escola. Entendemos que a perturbação num sistema de atividades complexo como é a escola não tem causa única. Porém, também entendemos que a atividade científico-cultural, permitiu novas mediações com outras atividades do sistema escolar, que, por sua vez, foram concretizadas com a emergência de efeitos extracurriculares. Nossa pesquisa mostra que mesmo uma intervenção pontual, que ocorre em algumas aulas de uma disciplina, pode movimentar outras partes do sistema de atividades escolares e ressoar em pontos que não haviam sido considerados. A relação entre partes do sistema de atividades da escola, por exemplo, a articulação entre as disciplinas, foi concretizada tanto na ação dos estudantes e professores nas outras disciplinas, como nas suas ações fora das aulas de ciências, ao exporem seus trabalhos e discutirem suas novas compreensões sobre o mundo.

Entendemos que nessa intervenção, especificamente nessa instituição escolar, houve coordenações de diversos níveis constitutivos da atividade escolar. Por exemplo, houve coordenação das atividades de direção da escola ao autorizar a pesquisa e o currículo temático, da coordenação pedagógica com a disciplina de Ciências apoiando a organização da Olimpíada de Astronomia e, em particular, apoiando a reestruturação da própria atividade disciplinar de Ciências. Houve também uma coordenação planejada com a atividades das famílias dos alunos, que tiveram de se organizar para permitir que a atividade de observação da Lua pudesse ser feita com rigor ou quando se disponibilizaram para responder as questões das entrevistas feitas por seus filhos. Não obstante, chamamos ainda de coordenação autônoma aquela com as atividades das disciplinas de Português e Artes, que foram perturbadas por diferentes mediações, sejam os cartazes no corredor da escola, sejam os alunos comentando entusiasmadamente suas atividades nessas outras disciplinas, seja na conversa dos professores nos intervalos de aula. Essa dinâmica perturbativa deixou a atividade escolar mais rica e complexa na medida em que os instrumentos de mediação dos objetos foram complexificados. Dessa forma, a atividade de investigação científica-cultural, tal como propomos nesse trabalho, para além de uma abordagem didática, talvez possa ser considerada uma **atividade potencialmente transformadora** do sistema escolar. Sugerimos que futuras pesquisas e intervenções segundo os parâmetros aqui destacados possam avaliar de maneira mais sistemática os efeitos e possibilidades desta abordagem.

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A... , Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. <http://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Alves, F. S., Budel, A. C., Rossini, S. M., & Peixoto, D. E. (2017). Concepções das pessoas com deficiência visual sobre a Lua para produção de um material paradidático adaptado. In *Atas do XI Encontro Nacional de Ensino de Ciência (ENPEC)* (p. 11). Florianópolis, SC. Recuperado de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0010-1.pdf>

- Amaral, P., & Oliveira, C. E. Q. V. (2011). Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNLD 2008. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (12), 31–55. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/162/208>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. <http://doi.org/10.1023/A:1015171124982>
- Azevedo, M. N., Abib, M. L. V., & Testoni, L. (2018). Atividades investigativas de ensino: mediação entre ensino, aprendizagem e formação docente em Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(2), 319–335. <http://doi.org/10.1590/1516-731320180020005>
- Baxter, J. (1989). Children's understandings of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502–513. <http://doi.org/10.1080/0950069890110503>
- Benacchio, L. (1999). The importance of the moon in teaching astronomy at the primary school. *Earth, Moon, and Planets*, 85(0), 51–60. <http://doi.org/10.1023/A:1017026807435>
- Bisch, S. (1998). *Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores* (Tese de doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <http://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/astronomia-no-ensino-fundamental-natureza-e-conteudo-do-conhecimento-de-estudantes-e-professores>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em Educação*. Porto, Portugal: Porto.
- Boylan, M. (2010). Ecologies of participation in school classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 26(1), 61–70. <http://doi.org/10.1016/j.tate.2009.08.005>
- Callison, P., & Wright, E. (1993). The Effect of Teaching Strategies Using Models on Preservice Elementary. Presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Atlanta (GA), US. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED360171.pdf>
- Camillo, J., & Mattos, C. (2014). Educação em ciências e a teoria da atividade cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(1), 211–230. <http://doi.org/10.1590/1983-21172014160113>
- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de Las Ciencias*, 13(1), 81–96. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21396/93355>
- Canalle, J. B. G., Trevisan, R. H., & Lattari, C. J. B. (1997). Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(3), 254–263. <http://doi.org/10.5007/%25x>
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <http://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Dafermos, M. (2015). Activity theory: theory and practice. In I. Parker (Ed.), *Handbook of critical psychology* (pp. 261–270). London, England: Routledge.
- Darroz, L. M., Pérez, C. A. S., Rosa, C. T. W., & Heineck, R. (2012). Propiciando aprendizagem significativa para alunos do sexto ano do ensino fundamental: um estudo sobre as fases da lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (13), 31-40. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/35/28>
- Darroz, L. M., Rosa, C. T. W., Vizzotto, P. A., & Rosa, A. B. (2013). As fases da lua e os acontecimentos terrestres: a crença de diferentes níveis de instrução. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (16), 73–85. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/184/250>
- Davydov, V. V. (1988). Learning Activity in the Younger School-age Period. *Soviet Education*, 30(9), 3–47. <http://doi.org/10.2753/RES1060-939330093>
- Davydov, V. V. (1990). *Soviet Studies in Mathematics Education* Volume 2. National Council of Teachers of Mathematics. Recuperado de <https://www.marxists.org/archive/davydov/generalization/generalization.pdf>
- Davydov, V. V. (1998). The Concept of Developmental Teaching. *Journal of Russian and East European Psychology*, 36(4), 11–36. <http://doi.org/10.2753/RPO1061-0405360411>
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601. [http://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582:AID-TEA5>3.0.CO;2-L](http://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582:AID-TEA5>3.0.CO;2-L)

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy. <http://doi.org/10.1017/CBO9781139814744>
- Engeström, Y. (1990a). Students' conceptions and textbook presentations of the movement of the moon: A study in the manufacture of misconceptions. In Y. Engeström (Ed.), *Learning, working and imagining : twelve studies in activity theory* (pp. 1–24). Helsinki, Finland: Orienta-Konsultit Oy.
- Engeström, Y. (1990b). The development of theoretical generalization in instruction: a case study of history teaching. In Y. Engeström (Ed.), *Learning, working and imagining: twelve studies in activity theory* (pp. 25–47). Helsinki, Finland: Orienta-Konsultit Oy.
- Engeström, Y. (1991). Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. *Learning and Instruction*, 1(3), 243–259. [http://doi.org/10.1016/0959-4752\(91\)90006-T](http://doi.org/10.1016/0959-4752(91)90006-T)
- Engeström, Y. (2011). From design experiments to formative interventions. *Theory & Psychology*, 21(5), 598–628. <http://doi.org/10.1177/0959354311419252>
- Engeström, Y. (2017). Expanding the Scope of Science Education: An Activity-Theoretical Perspective. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (Vol. 3, pp. 357–370). Cham: Springer International Publishing. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4>
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5(1), 1–24. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>
- Franco, G., Almeida, R. A. F., & Cappelle, V. (2016). Práticas investigativas em documentos curriculares para os anos iniciais do ensino fundamental: uma análise da primeira proposta de uma base nacional comum curricular. *Revista de Ensino de Biologia*, (9), 1193-1203. Recuperado de https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/edicoes/revista_sbenbio_n9.pdf
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889–901. <http://doi.org/10.1080/0950069960180802>
- Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16(2), 141–166. <http://doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <http://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Holton, G. (1998). *A cultura científica e seus inimigos*. Lisboa, Portugal: Gradiva.
- Jafelice, L. C. (Ed.). (2010). *Astronomia, educação e cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino*. Natal, RN: Edufrn.
- Kalkan, H., & Kiroglu, K. (2007). Science and nonscience students' ideas about basic astronomy concepts in preservice training for elementary school teachers. *Astronomy Education Review*, 6(1), 15–24. <http://doi.org/10.3847/AER2007002>
- Kavanagh, C., Agan, L., & Sneider, C. (2005). Learning about phases of the moon and eclipses: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 4(1) 19-52. <http://doi.org/10.3847/AER2005002>
- Kelly, G. J. (2014). Discourse Practices in Science Learning and Teaching. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Volume II (pp. 321–336). London, England: Routledge. http://doi.org/10.1007/978-3-319-02243-7_29
- Kikas, E. (1998). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8(5), 439–454. [http://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00004-8](http://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00004-8)
- Kriner, A. (2004). Las fases de la Luna? Como y cuando enseñarlas? *Ciência & Educação (Bauru)*, 10(1), 111–120. <http://doi.org/10.1590/S1516-73132004000100008>
- Lago, L. (2013) *Lua: fases e facetas de um conceito*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-28042014-205431/pt-br.php>

- Lago, L., Ortega, J. L., & Mattos, C. (2018) Lua na mão: mediação e conceitos complexos no Ensino de Astronomia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(n. e10388), 2018. <http://doi.org/10.1590/1983-211720182001020>
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 7(2), 173–182. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51253/92997>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2007). Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais com uns presentes em livros didáticos de ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87–111. <http://doi.org/10.5007/%25x>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge, United States of America: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Leite, C. (2006). *Formação do professor de ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade* (Tese de doutorado). Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05062007-110016/en.php>
- Lelliott, A., & Rollnick, M. (2010). Big Ideas: A review of astronomy education research 1974–2008. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1771–1799. <http://doi.org/10.1080/09500690903214546>
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: language, learning, and values*. Norwood, United States of America: Ablex Publishing.
- Martins, B. A., & Langhi, R. (2012). Uma proposta de atividade para a aprendizagem significativa sobre as fases da Lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (14), 27–36. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/13/9>
- Mattos, C. (2016). Livro didático na atividade educacional: a parte ou o todo? In N. M. D. Garcia, M. A. Auth, & E. K. Takashi (Eds.), *Enfrentamentos do ensino de física na sociedade contemporânea* (pp. 103–120). São Paulo, SP: LF Editorial.
- Mazzon, J. A., & Kamakura, W. A. (2016). *Estratificação econômica e consumo no Brasil*. São Paulo, SP: Blucher.
- Mendes, F. (2010). *Física: uma língua(gem)* (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05082010-105658/publico/FRANCISCO_AMANCIO_CARDOSO_MENDES.pdf
- Meyer, X., & Crawford, B. A. (2011). Teaching science as a cultural way of knowing: merging authentic inquiry, nature of science, and multicultural strategies. *Cultural Studies of Science Education*, 6(3), 525–547. <http://doi.org/10.1007/s11422-011-9318-6>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <http://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte, MG: Ufmg.
- Mulholland, J., & Ginns, I. (2008). College MOON Project Australia: Preservice Teachers Learning about the Moon's Phases. *Research in Science Education*, 38(3), 385–399. <http://doi.org/10.1007/s11165-007-9055-8>
- Munford, D., & Lima, M. E. C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 89–111. <http://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>
- Nardi, R., & Gatti, S. R. (2004). Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(2), 115–144. <http://doi.org/10.1590/1983-21172004060205>
- Oers, B. van, Wardekker, W., Elbers, E., & van der Veer, R. (Eds.). (2008). *The Transformation of Learning: Advances in Cultural-Historical Activity Theory*. Cambridge, United States of America: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511499937>
- Ortega, J. L. (2012). *Lacuna e enunciação no ensino de Física: quando a Física é mágica*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13092012-153916/pt-br.php>

- Ortega, J. L., Rodrigues, A. M., & Mattos, C. (2017). Revisitando projetos de ensino de Física numa perspectiva bakhtiniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(3), 16. <http://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n3p16>
- Ortega, J. L., & Mattos, C. (2018) A hipertrofia de um gênero no ensino de física: aspectos da sintaxe e da semântica na produção de conceitos científicos. In M. Campos & G. Souza (Ed.), *Mídia, discurso e ensino* (pp. 67-86). São Paulo, SP: Ffch/Usf. <http://doi.org/10.11606/9788575063255>
- Osborne, J. (2014). Scientific Practices and Inquiry in the Science Classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Volume II (pp. 579–599). London, England: Routledge.
- Osborne, J., & Simon, S. (1996). Primary Science: Past and Future Directions. *Studies in Science Education*, 27(1), 99–147. <http://doi.org/10.1080/03057269608560079>
- Parker, J., & Heywood, D. (1998). The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503–520. <http://doi.org/10.1080/0950069980200501>
- Pena, B. M., & Quilez, M. J. (2001). The importance of images in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1125–1135. <http://doi.org/10.1080/09500690110038611>
- Plummer, J. D., & Zahm, V. M. (2010). Covering the Standards: Astronomy Teachers' Preparation and Beliefs. *Astronomy Education Review*, 9(1), 010110. <http://doi.org/10.3847/AER2008037>
- Resnick, L. B. (1987). The 1987 presidential address learning in school and out. *Educational Researcher*, 16(9), 13–54. <http://doi.org/10.2307/1175725>
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). Inquiry-Based Science Education. In K. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science Education - An International Course* (pp. 247–262). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers. http://doi.org/10.1002/sce.2014610.1007/978-94-6300-749-8_19
- Roth, W.-M. (2005). *Talking Science: Language and Learning in Science Classrooms*. Lanham: Rowman & Littlefield. <http://doi.org/10.1002/sce.20146>
- Roth, W.-M. (2015). Socio-Cultural Perspectives on Learning Science. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 985–996). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Roth, W.-M., Lee, Y., & Hsu, P. (2009). A tool for changing the world: possibilities of cultural-historical activity theory to reinvigorate science education. *Studies in Science Education*, 45(2), 131–167. <http://doi.org/10.1080/03057260903142269>
- Roth, W.-M., & Lee, Y.-J. (2007). 'Vygotsky's Neglected Legacy': Cultural-Historical Activity Theory. *Review of Educational Research*, 77(2), 186–232. <http://doi.org/10.3102/0034654306298273>
- Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1997). Deinstitutionalising school science: Implications of a strong view of situated cognition. *Research in Science Education*, 27(4), 497–513. <http://doi.org/10.1007/BF02461477>
- Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1998). Knowing, Researching, and Reporting Science Education: Lessons from Science and Technology Studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 213. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199802\)35:2<213::AID-TEA9>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199802)35:2<213::AID-TEA9>3.0.CO;2-V)
- Sadler, P. (1992). *The Initial knowledge state of high school Astronomy students* (PhD thesis). Faculty of the Graduate School of Education of Harvard University, Cambridge, United States of America. Recuperado de <https://www.cfa.harvard.edu/sed/staff/Sadler/articles/Sadler%20Dissertation.pdf>
- Sannino, A., Daniels, H., & Gutiérrez, K. D. (Eds.). (2009). *Learning and Expanding with Activity Theory*. New York, United States of America: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511809989>
- Santana, R., & Franzolin, F. (2016). As pesquisas em ensino de ciências por investigação nos anos iniciais: o estado da arte. *Ensino em Re-Vista*, 23(2), 504–521. <http://doi.org/10.14393/ER-v23n2a2016-9>
- Santos, F. P. P., & Mattos, C. (2011). Rumo à construção de um modelo dialético-complexo para o ensino-aprendizagem humano. In *Resumos do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Campinas, SP. Recuperado de: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienepec/resumos/R1166-1.pdf>
- Saraiva, M. de F., Amador, C. B., Kemper, É., Goulart, P., & Muller, A. (2007). As fases da Lua numa caixa de papelão. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (4), 9–26. Recuperado de <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/97>.

- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(n.esp.), 49–67. <http://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(1), 97–114. <http://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>
- Stahly, L. L., Krockover, G. H., & Shepardson, D. P. (1999). Third grade students' ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159–177. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199902\)36:2<159::AID-TEA4>3.0.CO;2-Y](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199902)36:2<159::AID-TEA4>3.0.CO;2-Y)
- Starakis, J., & Halkia, K. (2010). Primary School Students' Ideas Concerning the Apparent Movement of the Moon. *Astronomy Education Review*, 9(1), 010109–1. <http://doi.org/10.3847/AER2010007>
- Trevisan, R. H., & Puzzo, D. (2006). Fases da Lua e eclipses: concepções alternativas presentes em professores de ciências de 5ª série do ensino fundamental. In *Anais do X Encontro de Pesquisa Em Ensino de Física*. Londrina, PR. Recuperado de <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/fasesdaluaeeclipsesconce.trabalho.pdf>
- Trundle, K., Atwood, R. K., Christopher, J. E., & Sackes, M. (2010). The Effect of Guided Inquiry-Based Instruction on Middle School Students' Understanding of Lunar Concepts. *Research in Science Education*, 40(3), 451–478. <http://doi.org/10.1007/s11165-009-9129-x>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585. [http://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](http://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123–183. http://doi.org/10.1207/s15516709cog1801_4
- Zômpero, A., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 13(3), 67–80. <http://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>

Recebido em: 07.09.2018

Aceito em: 01.04.2019