

# ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

## O Modelo Genético e o Movimento Dinâmico entre Abstrato e Concreto como Instrumentos para o Planejamento de Sequências Didáticas para o Ensino de Ciências

*The Genetic Model and the Dynamic Movement between the Abstract and the Concrete as Instruments for Planning Scientific Teaching and Learning Sequences*

Leonardo Lago<sup>a,b</sup>; José Luís Ortega<sup>b</sup>; Cristiano Mattos<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Faculdade de Educação, Universidade de Cambridge, Cambridge, Reino Unido – lago@usp.br

<sup>b</sup> Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil – ortega@if.usp.br, crmattos@usp.br

### Palavras-chave:

Teoria da atividade.  
Ascensão do abstrato ao concreto. Ensino de astronomia.

**Resumo:** Este trabalho discute as bases teóricas do método da “ascensão do abstrato ao concreto” como processo de formação de conceitos e desenvolve uma proposta didática com base nele. A noção de célula germe é expandida para modelo genético, quando consideramos o sistema de conceitos da disciplina escolar e o uso dele para a modelização de determinado fenômeno. A construção das atividades didáticas tem como ponto de partida a determinação do modelo genético para as fases da Lua, isto é, o conjunto de conceitos e relações que suportam o modelo científico e explicativo do fenômeno. A partir deste modelo, elaboramos e organizamos uma sequência de cinco atividades para o Ensino Fundamental em que cada uma delas reduz e sintetiza uma relação conceitual específica do modelo. O resultado da intervenção didática foi avaliado por meio de registros escritos dos alunos. Concluímos que a atividade proposta ofereceu oportunidades para que os estudantes mobilizassem os conceitos relevantes e construíssem modelos científicos adequados. Além disso, entendemos que o modelo genético como uma ferramenta para a organização da atividade de ensino, auxiliando no planejamento de situações didáticas.

### Keywords:

Activity theory.  
Ascension from the abstract to concrete.  
Astronomy education.

**Abstract:** This paper discusses the theoretical principles of the method of “ascension from the abstract to concrete” as a process of concept formation and develops a learning approach based on it. The notion of a germ cell is expanded to the genetic model when it is considered the conceptual system of the academic discipline and its use for modelling of a phenomenon. The design of the activities started with the determination of the genetic model for the phases of the Moon, that is, the set of concepts and relations that supports the explanatory model of the phenomenon. From this model, we elaborated and organized a sequence of five activities for primary education in which each of them reduced and synthesized a specific conceptual relation of the model. The intervention was evaluated through written records of the students. We conclude that the proposed activity provided opportunities for students to mobilize concepts and construct scientifically adequate models. In addition, we conclude that the genetic model can be viewed as a tool for the organization of teaching activity and can be a tool for planning learning situations.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Introdução

Nas duas últimas décadas, o número de trabalhos de pesquisa em Ensino de Ciências que utilizam como referencial teórico a Teoria Cultural-Histórica ou desdobramentos teórico-metodológicos advindos dela tem crescido exponencialmente (ROTH et al., 2009). Porém, Roth et al. (2009) apontam que há dificuldades na apropriação dessa perspectiva em função da ontologia materialista dialética que impõe relações entre teoria e prática as quais, se forem tomadas na perspectiva da lógica formal, derivam para soluções pragmáticas, de caráter positivista, historicamente dominantes no Brasil (LORENTZ, 2008) e largamente utilizadas no Ensino de Ciências (CACHAPUZ et al., 2005; HOWE, 2008, 2009). Assim, apesar de muitos trabalhos investigarem o Ensino de Ciências com foco nos papéis desempenhados pela linguagem e pelos processos de mediação e significação na sala de aula, mantêm-se, por exemplo, imagens de Ciência baseadas em visões epistemológicas que a supõem independente de uma ontologia de mundo e que acaba por reforçar um caráter operacionalista da Ciência (RODRIGUES et al., 2014).

É dentro deste amplo contexto de pesquisa que enquadrámos este artigo. Propomos uma sequência de ensino-aprendizagem de Ciências fundamentada teórica e metodologicamente no referencial da Teoria da Atividade. Brevemente, a Teoria da Atividade se originou na Rússia, no começo do século XX, como uma perspectiva psicológica que visava superar o subjetivismo e o comportamentalismo por meio do conceito de atividade. A proposição deste conceito surge a partir de duas tradições concorrentes; a primeira, relativa ao sentido de atividade fisiológica dos organismos, está ligada à teoria do reflexo psico-fisiológico de Pavlov e Sechenov; a segunda, e a que se tornou mais consensual, tem raiz na filosofia de Hegel e Marx, e assumiria o sentido de práxis humana (DAFERMOS, 2015; SANNINO et al., 2009).

Essa perspectiva da Teoria da Atividade aplicada no campo educacional deu origem a diferentes propostas, sendo talvez as duas mais conhecidas a formação das operações mentais (GALPERIN, 1989) e o ensino desenvolvimental (DAVYDOV, 1998). Neste artigo, atemo-nos ao ensino desenvolvimental com o objetivo de discutir e construir uma proposta didática de Ensino de Ciências. Assim, para além da apropriação da teoria de Davydov, apresentamos aqui o que talvez possa ser entendido como uma metodologia de ensino e sua consecução empírica para o caso de um conceito específico de Astronomia, as fases da Lua.

Uma proposta para a formação de conceitos: “ascensão do abstrato ao concreto”

Nossa proposta didática parte do método da “ascensão do abstrato ao concreto”, o qual Davydov (1990) diz ser um método genético de formação de conceitos. Nesta perspectiva, o movimento entre o abstrato e concreto refere-se à elaboração de um determinado conceito a

partir da investigação de suas relações essenciais, básicas, que o caracterizam como objeto de estudo (conceito nuclear) para, então, descobrir como essas relações aparecem em problemas particulares. A elaboração do conceito é o resultado de sucessivas generalizações pelas quais seu desenvolvimento passa desde sua gênese. Nesses sucessivos exercícios de abstrações e generalizações, os sujeitos procuram determinar a **célula germe** de um conceito, ou seja, uma unidade que guarda as condições, leis e relações que dão origem a este determinado conceito.

Uma pessoa analisa algum sistema de objetos evoluído para, então, descobri-lo em um princípio que é geralmente anterior, essencial ou universal (uma relação). A identificação e gravação deste princípio são uma generalização substantiva do sistema particular. Usando generalização, a pessoa pode traçar a origem de determinadas e singulares características do sistema em sua mente a partir de sua fundação genética original e universal (DAVYDOV, 1998, p.25, tradução nossa<sup>1</sup>).

Os termos abstrato e concreto são empregados por Davydov dentro da tradição dialética, os quais apresentam sentidos diferentes daqueles cotidianamente utilizados. No uso cotidiano, o concreto implica um particular, um objeto percebido, enquanto abstrato implica um geral, um pensamento teórico baseado em relações essenciais, portanto, pertencendo a um mundo ideal que estaria fora do mundo material. Ou seja, dentro dessa lógica, a formação de um conceito seria como um ato de máxima abstração a partir de elementos do concreto.

Para superar essa limitação, Davydov (1988b) argumenta que o processo de formação conceitual contém um movimento subsequente, um retorno ao concreto. Esse procedimento levaria à formação um tipo de pensamento ou conhecimento que ele chama de teórico, visto que esses conceitos emergiriam da transformação do objeto pelo processo de construção e assimilação de um método generalizado para uma área particular (DAVYDOV; MARKOVA, 1982). Nota-se aqui a ênfase no caráter genético e histórico da investigação do objeto em estudo. Essa forma de pensamento ou conhecimento diferencia-se do que Davydov (1998) chama de empírico, que se constitui de conceitos pelos quais se identificam, comparam e classificam aspectos aparentes dos objetos. Ressaltamos que as nomenclaturas ‘teórico’ e ‘empírico’ podem dificultar a compreensão da dinâmica proposta se tomados em seus sentidos formais e dicotômicos dentro das Ciências da Natureza.

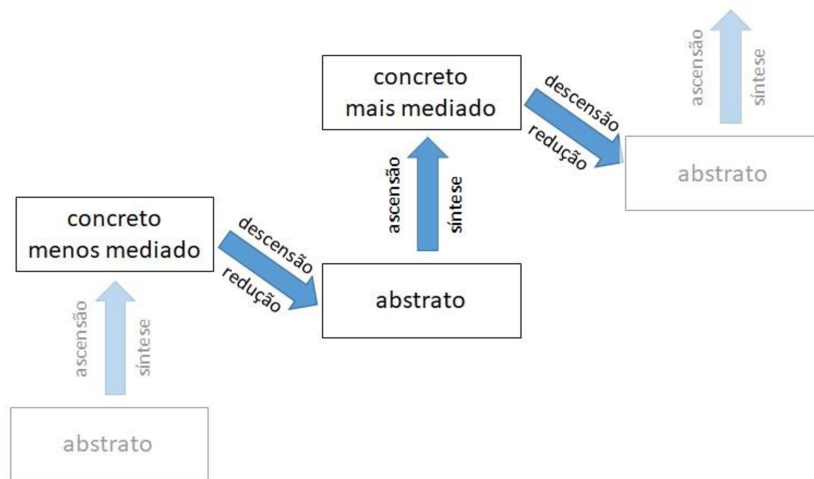
Esse duplo movimento entre concreto e abstrato é também discutido por outros autores, como Kosik (2010), que qualifica e nomeia os dois momentos do concreto como “sensível” (associado aos sentidos) e “pensado”, sendo o concreto, portanto, ponto de partida e ponto de chegada. Para ele, parte-se de um concreto “sensível”, em que os objetos são apreendidos de uma forma fragmentada, empobrecida de determinações e desconectada da

<sup>1</sup> “A person analyzes some evolving system of objects to then discover in it a principle that is generally prior, essential, or universal (a relationship). The identification and recording of this principle are a substantive generalization of the particular system. Using generalization, a person can then trace the origin of particular and singular characteristics of a system in his mind from its genetically original and universal foundation”. (DAVYDOV, 1998, p.25)

totalidade, passa pela mediação do abstrato, que, por sua vez, origina o concreto “pensado”, enriquecido de múltiplas determinações e com mais relações com o todo. Kosik descreve esse movimento como sendo o próprio movimento do pensamento no pensamento, em que abstrato e concreto são, ambos, objetos dele.

Em nossa interpretação, as qualidades dos momentos dos concretos seriam expressas e produzidas pela apropriação ou complexificação de mediações que o sujeito estabelece com o objeto em estudo. De forma similar a Davydov e Kosik, partimos de um objeto ou concreto imediato (i.e., com poucas e fragmentadas mediações), a partir do qual se inicia a abstração, isto é, a identificação de relações gerais e, em seguida, tem-se o processo de retorno às relações gerais para um novo concreto particular, que chamamos de concreto mediado (ou complexificado), enriquecido agora de relações mais gerais e coordenadas com totalidades mais complexas do que o concreto anterior; um movimento que sintetiza o conceito (SANTOS; MATTOS, 2011). Ou seja, para além do primeiro passo da abstração como redução ou descensão do concreto imediato, cujo significado é o de encontrar e separar as propriedades gerais do objeto ou fenômeno em estudo, é necessária a síntese ou ascensão ao concreto, entendido aqui como o **retorno desse resultado intelectual em situações concretas que trazem, de maneira simultânea, o objeto e a sua nova totalidade**. No retorno a este ‘novo’ concreto, mais mediado, o objeto torna-se mais complexo, pois está ressignificado por outras qualidades advindas das novas mediações.

Se a ascensão ao concreto, segundo movimento do processo, significa enriquecer e transformar a célula abstrata em um sistema concreto, entendemos que a formação de conceitos passa a ser descrita, então, como um contínuo e dialético movimento entre abstrato e concreto. Contudo, não argumentamos aqui sobre uma pretensa prevalência da ascensão ao concreto em detrimento da descensão ao abstrato, entendemos que o final da ascensão do abstrato ao concreto é um novo concreto que, agora, passa a ser patamar para um novo encadeamento e estabelecimento de uma rede complexa de conceitos e pensamentos, um novo concreto menos mediado que sofrerá nova descensão, a um novo abstrato e posterior ascensão a um concreto mais mediado (Figura 1). Em nosso modelo, a formação de conceitos é mais bem descrita como um processo dinâmico entre abstrato e concreto que resulta em uma complexificação conceitual que nunca termina, em que ascensão ao concreto e descensão ao abstrato são momentos do movimento do conceito.



**Figura 1** – Múltiplos movimentos de descensões e ascensões no processo de formação/conceitualização conceitual.

**Fonte:** autores

É importante destacar que toda a descrição apresentada até este momento tem por objetivo enquadrar e discutir como os sujeitos formam e desenvolvem os conceitos em situações sem ou com pouca supervisão e/ou orientação explícita<sup>2</sup>. Contudo, nosso problema de pesquisa é o ensino-aprendizagem escolar, isto é, a formação de conceitual dentro de um ambiente de ensino formal, um contexto para o qual se encontra poucas publicações que consideram, empiricamente, as noções de célula germe ou a ascensão do abstrato ao concreto.

Alguns trabalhos discutem tal abordagem, por exemplo, Hedegaard (2007) entende a célula germe como uma ferramenta intelectual que os sujeitos deveriam desenvolver para a formação de conceitos teóricos e que o professor poderia usar para planejar o ensino. Em outros dois trabalhos, Hedegaard (1996, 1999) discute intervenções tanto para o ensino de História quanto de Ciências, propondo que a elaboração de uma célula germe auxilia os alunos na organização e construção do conhecimento, e que poderia ser, portanto, uma ferramenta para o aprendizado. Para ela, um ensino com base em uma célula germe seria promotor do pensamento teórico, sendo o pensamento empírico subordinado a ele. Ainda nessa perspectiva, Engeström (1990) constrói uma célula germe para ajudar estudantes da escola básica a analisarem os modos de organização e produção de sociedades antigas.

A partir dessas bases teóricas que suportam nossa concepção de ensino-aprendizagem com vista à formação de conceitos, desenvolvemos a seguir a discussão do nosso problema de pesquisa específico relacionado ao Ensino de Ciências.

<sup>2</sup> O que Engeström (2012) chama de “concept formation in the wild” ao emprestar o termo de Hutchins (1995), “cognition in the wild”.

O nosso problema de pesquisa específico: o caso das fases da Lua

O tópico das fases da Lua tem uma presença relativamente marcante como objeto de pesquisa dentro da área de Ensino de Astronomia (LELLIOTT; ROLLNICK, 2010). Numa ampla revisão da literatura sobre o tema, Lelliott e Rollnick mostram como ele é desafiador para o ensino-aprendizagem de ciências, pois usualmente os estudantes são capazes de apenas descrever adequadamente o fenômeno, mas raramente conseguem explicá-lo de maneira correta. Esse resultado é apoiado por outros estudos que tentam explicar as razões para a incompreensão do fenômeno. Por exemplo, há trabalhos que colocam a dificuldade focando aspectos do objeto, que pressuporia elevada abstração espacial (KRINER, 2004; PARKER; HEYWOOD, 1998), outros discutem aspectos situados no sujeito, como a falta de habilidades espaciais ou de raciocínio tridimensional (CALLISON; WRIGHT, 1993; LEITE, 2006; PLUMMER; ZAHM, 2010), dúvidas sobre a maturidade cognitiva deles ou mesmo a existência de crenças que atrapalham a modelização (BISCH, 1998; STARAKIS; HALKIA, 2010) e a falta de conhecimento prévio ou confusão com outros conceitos (KRINER, 2004; PARKER; HEYWOOD, 1998; SADLER, 1992; STAHLY et al., 1999). Nota-se que poucos trabalhos tocam em pontos relacionados à mediação, como a necessidade de elevada elaboração linguística e semântica (PARKER; HEYWOOD, 1998) ou à inadequação de artefatos culturais como diagramas, livro didático ou a própria prática escolar (ENGESTRÖM, 1991; STAHLY et al., 1999).

Partindo de nosso compromisso teórico-metodológico, impusemos à nossa pesquisa o desafio de elaborar e aplicar uma proposta de ensino-aprendizagem sobre as fases da Lua a partir da noção da célula germe, que foi tomada posteriormente como “modelo genético”. Isto é, uma sequência didática que requeresse dos alunos a execução processos mentais nos quais manifestassem os conceitos essenciais e as relações entre eles, para uma adequada construção de um modelo científico. Mais especificamente, pretendemos responder a três perguntas:

1. Quais as características de uma célula germe para o modelo das fases da Lua?
2. Como essa célula germe pode ser usada para planejar o ensino?
3. Quais as aprendizagens desenvolvidas a partir deste ensino?

Enquanto a primeira pergunta requer uma reflexão teórica para a elaboração de uma pretensa célula germe para o modelo das fases da Lua, a segunda e terceira são de ordem empírica, e envolvem a elaboração e implementação de uma proposta didática em ambiente escolar e sua avaliação. As próximas seções abordam encaminhamentos para essas questões.

### **Conceito-atividade**

Iniciamos a reflexão desta seção partindo de uma construção teórica descrita em outros trabalhos, para a qual demos o nome de conceito-atividade (LAGO, 2013; LAGO; MATTOS, 2012). Nesses trabalhos, propomos uma síntese dialética entre as noções de conceito de Vygotsky (1987, 1998) e atividade de Leontiev (2009a, 2009b), em que conceito e atividade são enquadrados como uma unidade dialética, não como uma unidade de opostos ou como identidade, mas como uma unidade indissolúvel (DAVYDOV, 1988A; ROTH, 2012).

No caso dos conceitos, Vygotsky diferencia os conceitos cotidianos e científicos pelos diferentes níveis de consciência na apropriação e uso de cada forma deles (VYGOTSKY, 1987, 1996). Segundo sua teoria, a formação dos conceitos cotidianos é não-volitiva e não-consciente, ao passo que os conceitos científicos são apreendidos de maneira volitiva e consciente. Por outro lado, Leontiev (2009a; 2009b) admite que uma atividade é estruturada a partir de dois níveis hierárquicos; a ação, um processo coordenado com outras ações e subordinado à atividade, com a qual se pretende alcançar um resultado, uma finalidade específica; e a operação, na qual são dadas as condições para a realização das ações. Nesse arcabouço teórico, volição e consciência são os elementos que distinguem ação e operação, a primeira volitiva e consciente e a última não-volitiva e não-consciente (SANNINO, 2015).

A inspiração para essa síntese parte da tese da estrutura comum da atividade humana e da consciência do sujeito particular (LEONTIEV, 2009a). Assim, para uma primeira aproximação do sistema de conceito com a estrutura da atividade, relacionamos ações e operações com os conceitos científicos e cotidianos, segundo os níveis de consciência e volição. Em outras palavras, os conceitos-ação, estariam em um nível maior de consciência e volição, enquanto os conceitos-operações, por sua vez, comporiam uma outra unidade, com aspectos de menor consciência e volição. Nesse sentido, a diferenciação que Vygotsky (1987) faz entre conceitos cotidianos e científicos, é aqui explicado por meio de suas diferentes gêneses, isto é, esses tipos de conceitos apresentam qualidades diferentes porque são formados em diferentes atividades. Uma implicação disso é que conceitos formados por diferentes atividades compõem diferentes cadeias conceituais e ocupam diferentes hierarquias dentro de um único sistema.

Segundo nossa interpretação, um sujeito em atividade manifesta um determinado sistema conceitual que por sua vez apresenta cadeias de conceitos com diferentes níveis de consciência e volição. Esses níveis refletem uma hierarquia do sistema e os modos de uso dos conceitos nas diferentes atividades. Ao maior ou menor nível de consciência e volição do sujeito em relação ao sistema conceitual, nos referimos ao sistema hierárquico que Vygotsky (1987) arquiteta para os conceitos cotidianos e científicos. Neste sistema conceitual, por

exemplo, o conceito de ‘irmão’ tem lugar diferente em relação ao conceito de ‘revolução’; enquanto o primeiro encontra-se em uma região menos sistematizada, o segundo tem uma forma mais sistematizada. Para Vygotsky (1987), falta de sistematicidade e espontaneidade de conceitos (consciência) são sinônimos<sup>3</sup>.

Essa argumentação de imbricar conceito e atividade é, em certa medida, uma forma de compreender a afirmação: “pensamento é uma atividade humana, e não algo adicionado ou separado dela” (LEONTIEV, 2005b, p.46, tradução nossa<sup>4</sup>), uma emergência da coordenação de ações e operações. Ao construto “pensamento-emergente-em-atividade” demos o nome de conceito-atividade, uma proposição que almeja representar a relação essencial entre duas categorias costumeiramente tidas como separadas, conceito e atividade.

Na próxima seção associamos os princípios da célula germe e do conceito-atividade, discutidos anteriormente, para construir a noção de modelo genético e explicitar sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem.

#### O conceito-atividade fases da Lua e seu modelo genético

A reflexão teórica para responder à primeira pergunta deve passar necessariamente pela construção de uma célula germe para o modelo científico das fases da Lua. Contudo, como dissemos anteriormente, poucos trabalhos, de fato, trazem exemplos de tal célula. Além disso, Engeström, Nummijoki e Sannino (2012) afirmam que uma célula germe deve expressar uma contradição na forma dois polos dialéticos. Por exemplo, esses autores mostram que a célula germe do conceito de mobilidade física de idosos, formado por um grupo de cuidadores, é expressa pela tensão entre autonomia e segurança. No caso particular das disciplinas acadêmicas, Davydov (1988b) fala em termos de ‘kernel’ do material ou da disciplina sob estudo. Entendemos e concordamos com essa última perspectiva, visto que um modelo científico de determinado fenômeno, construído segundo os termos canônicos de uma disciplina, não contém contradições internas e, em muitos casos, não seria possível reduzi-lo a uma relação entre somente dois polos.

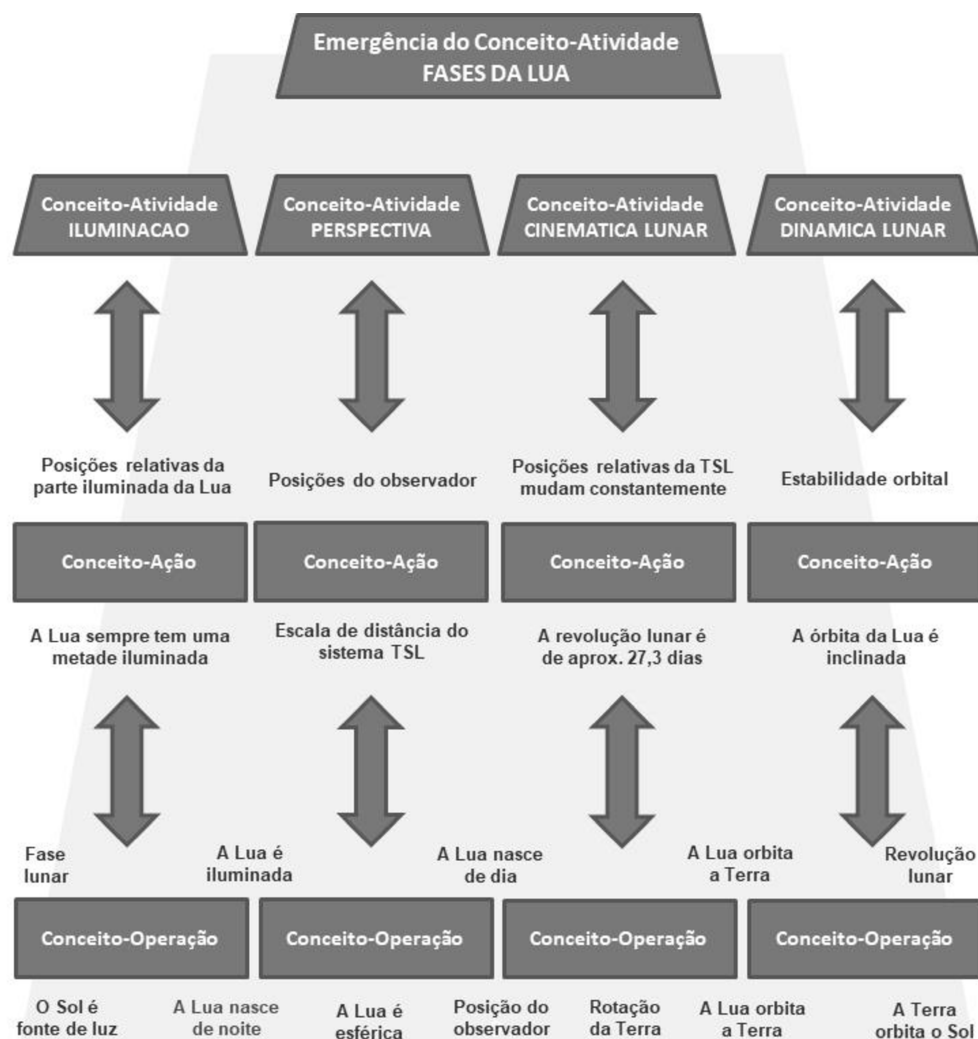
Alternativamente, propomos um **modelo genético**, um sistema de sistemas de conceitos que ao serem articulados e coordenados permitem a compreensão do fenômeno em estudo. Em tese, o modelo genético deve ser o mais simples possível, para, assim, fazer referência à ‘célula’, e é dito genético porque a partir dele é possível ‘originar’ a compreensão do fenômeno em estudo. Em nosso caso particular (Figura 2), elencamos e articulamos nesse modelo os conceitos necessários para a descrição das fases da Lua segundo a Astronomia e

<sup>3</sup> “Thus, spontaneity and a lack of conscious awareness of concepts, spontaneity and the extra-systemic nature of concepts, are synonymous. Correspondingly, nonspontaneous scientific concepts, because of what makes them nonspontaneous, will be characterized from the outset by conscious awareness” (VYGOTSKY, 1987, p.236).

<sup>4</sup> “thinking is a human activity, and not something added to activity or its separate side”. (LEONTIEV, 2005b, p.46)



indicamos quais deveriam estar no plano consciente do sujeito – o nível dos conceitos-ação. No nível hierárquico inferior estão os conceitos que geralmente estão no plano não-consciente – os conceitos-operação.



**Figura 2** – Articulação dos níveis hierárquicos do modelo genético para o conceito-atividade de fases da Lua. Os conceitos são referentes principalmente ao sistema Terra-Sol-Lua (TSL).

**Fonte:** autores

O modelo genético das fases da Lua que construímos, apresentado no esquema da Figura 2, é ilustrativo e foi elaborado numa perspectiva exclusiva do ensino, isto é, elencando quais conceitos precisam ser articulados para explicação astronômica adequada do fenômeno em questão. Além disso, o modelo genético não deve ser entendido apenas como um mapa conceitual, visto que ele traz consigo uma hierarquia relativa ao nível de consciência e volição do uso dos conceitos na explicação do fenômeno. Como as dimensões da consciência e volição estão ligadas essencialmente às demandas das atividades dos sujeitos, o modelo genético pode ser visto como uma representação do pensamento-emergente-na-atividade potencial, que serve como base propositiva de atividades para se explicar o fenômeno das fases da Lua.

Nota-se, por exemplo, que o modelo genético para explicar as fases da Lua é um sistema de cadeias de conceitos-atividade complexo, isto é, composto por vários elementos extremamente conectados entre si. O conceito-atividade fases da Lua requer articulações de cadeias de conceitos-atividades hierarquicamente inferiores que dividimos didaticamente segundo quatro ramos: *iluminação*, *perspectiva de observação*, *cinemática e dinâmica lunares*. Essa divisão expressa na figura é, porém, ilustrativa, pois conceitos que se fazem presentes em mais de um ramo, ou seja, que sustentam mais de um desses ramos de forma articulada não estão indicados. Além disso, nosso esquema ainda pode ser considerado limitado, sendo apenas um fragmento da estrutura conceitual astronômica. Seria impraticável representar em uma só figura todos os conceitos e suas relações envolvidos na explicação das fases da Lua.

Apesar de indicarmos na figura somente dois conceitos-ação para cada conceito-atividade, sabemos que muitos outros conceitos precisam ser mobilizados nesse nível, mas sua representação em uma figura bidimensional poderia se tornar muito hermética. Raciocínio similar vale para os conceitos-operações que compõem a base do modelo, indicando que precisam ser articulados em mais de uma cadeia. Por fim, notemos, ainda, que a hierarquia ilustra que os conceitos em níveis hierárquicos mais inferiores são pré-requisitos para a compreensão do conceito em nível hierárquico superior, isto é, conceitos-operações seriam condições para os conceitos-ações.

Os exemplos colocados ao longo do sistema não se referem a conceitos abstraídos e isolados, como ‘órbita’, ‘rotação’ ou ‘iluminada’, mas sinalizam uma finalidade específica dentro de determinada cadeia de atividade conceitual. Em outras palavras, o conceito-ação ‘A Lua é iluminada’ indica que toda essa relação Lua-iluminação é elaborada a partir de condições prévias, conceitos-operações e orientada a um objetivo, o conceito-atividade ‘Ao longo de sua órbita, a Lua tem sempre uma metade iluminada’.

Nossa proposta destaca que conceitos somente são mobilizados em atividade e aponta a necessidade de que as atividades didáticas sejam construídas específica e detalhadamente para tal mobilização. Nesse sentido, a construção de um modelo genético para qualquer conceito ou modelo científico serve como baliza para o professor a planejar o ensino, explicitando hierarquias conceituais que podem definir, dependendo da atividade, quais conceitos são fundamentais e secundários. Além disso, permite planejar um encadeando de atividades didáticas com vista a uma aprendizagem voltada à complexificação conceitual. Assim, em uma dada sequência didática, cada atividade poderia tomar como unidade uma cadeia do conceito-atividade e trabalhar especificamente os conceitos essenciais desta cadeia. Isto é, cada atividade demandaria operações mentais características - conceitos-ação - que,

após serem articuladas com outras, dariam a emergência do conceito-atividade descrito no modelo genético.

Esse modelo abre uma perspectiva para discutir o ensino-aprendizagem de conceitos segundo o modelo davydoviano, que busca apresentar os conceitos de modo interconectado, dentro de um sistema integrado (HOBOLD; ROSA, 2017). Aqui, aprofundamos a exploração desse sistema conceitual a partir da dimensão da consciência dos conceitos. Dizer que os conceitos-operação não estão no plano consciente, significa dizer que não pensamos explicitamente neles quando nos propomos explicar o evento astronômico. A princípio, isto não seria um problema no que se refere a um conceito-operação que não tem papel relevante para explicar as fases da Lua, tal como ‘a Terra é esférica’. Esse conceito-operação está no modelo genético, mas seu papel serve mais como um grande pano de fundo no processo de modelização das fases da Lua do que como um conceito-ação relevante.

O fato dos conceitos-operação servirem de condição para a consciência dos conceitos-ação e do conceito-atividade, revela consequências para o processo de ensino-aprendizagem, raramente tratados. Por exemplo, se conceitos essenciais para fundamentar o conceito-atividade fases da Lua são conceitos-operação, o fato de estarem no plano não-consciente do sistema impede identificar se estão sendo utilizados de outra natureza que não científica, e, portanto, podendo ser fonte para uma elaboração cientificamente imprópria do fenômeno. Voltando ao conceito-operação sobre o formato da Terra, caso os estudantes estejam operando com o conceito-operação ‘a Terra é plana’, eles poderão formar e explicar o conceito de fases da Lua, mas não poderão compreender porque pessoas em posições diferentes na Terra (hemisférios, no caso da Terra esférica) poderão observar a Lua, na mesma fase, invertida uma em relação a outra. Nesse último caso, para o aprendizado científico, esse conceito-operação relativo ao formato da Terra precisa ascender no sistema para conceito-ação, o que significa o sujeito tomar consciência dele, resignificando-o na relação com os outros conceitos-ação. Dessa forma, o conceito-ação de formato da Terra pode ser relacionado de forma consciente com outros conceitos-ação científicos que estão coordenados, compondo o conceito-atividade. É por meio desta contínua e situada articulação conceitual complexa que a conceito-atividade fases da Lua emerge.

Nosso argumento, neste artigo, é que nosso modelo genético das fases da Lua pode ser útil para o planejamento de situações de ensino, ou, mais especificamente, para elaborar e encadear atividades de ensino que mobilizem determinadas cadeias de conceitos-atividade. Por exemplo, situações didáticas que enfatizem em um primeiro momento atividades que articulem as cadeias de conceitos-atividade de iluminação e perspectiva, e que em outro momento explicitem as cadeias de conceitos-atividade de iluminação e dinâmica (Figura 2).

Aqui nos alinhamos com Hedegaard (1996), quando ela aponta a célula germe como uma ferramenta para professores planejarem e organizarem o ensino.

Esse tópico é o foco de nossa segunda e terceira perguntas de pesquisa, em que o ensino das fases da Lua é apresentado na forma de uma sequência didática elaborada à luz do modelo genético descrito anteriormente e da descensão do concreto imediato ao abstrato e a ascensão do abstrato ao concreto complexificado. Expressando essa abordagem em termos do conceito-atividade, temos como objetivo o encadeamento de atividades que oportunizem momentos de formação de conceitos que transitem entre os níveis da operação e atividade, isto é, desde situações fechadas, para domínio das definições e manipulações algébricas, até situações abertas em que estes elementos passam a ser instrumentos de resolução de novos problemas.

### **Uma didática de ensino de ciências: a situação didática**

A discussão que apresentamos neste artigo é um recorte analítico de uma intervenção mais abrangente que tinha como objetivo o ensino investigativo dos conceitos de Lua e suas fases no âmbito da Ciência e, ao mesmo tempo, reconhecendo e incluindo o papel relevante que esses conceitos tomam em outras esferas culturais e sociais. Essa sequência didática foi chamada de investigação científico-cultural, pois algumas atividades foram elaboradas com a finalidade de discutir as representações da Lua na cultura popular. Convidamos o leitor a procurar por mais detalhes da escola, intervenção e da sequência das dez atividades em outros textos (LAGO, 2013; LAGO et al., 2019). Neste artigo, focalizamos somente o aspecto científico da proposta didática e, portanto, a narrativa aqui descrita é ligeiramente diferente da apresentada nos trabalhos supracitados.

Sobre o contexto empírico da investigação, enfatizamos que a escola é uma instituição privada, católica, localizada na zona sul da cidade de São Paulo, cujo público constitui-se predominantemente de famílias de classe econômica média e alta. O professor que aplicou a sequência tem licenciatura em Física e mestrado em Ensino de Ciências e é reconhecido por suas propostas de aulas contextualizadas e dialógicas. A intervenção ocorreu em quatro turmas do nono ano do ensino fundamental, cada uma com 25 alunos e com média etária de 14 anos. As aulas eram da disciplina de ciências, com duração de 50 minutos e os estudantes se organizavam em grupos de quatro integrantes.

Do ponto de vista da metodologia científica, este estudo pode ser enquadrado como um estudo de caso, em que fornecemos uma descrição das atividades didáticas, dos acontecimentos em sala de aula e do aprendizado dos estudantes. Os dados discutidos aqui são compostos das produções escritas dos estudantes, sobre os quais se procedeu uma análise de conteúdo temático a fim de explicitar os seus elementos mais relevantes.

A descrição das atividades e a análise dos dados

Na literatura, há diversos trabalhos que sugerem propostas para o ensino dos conceitos de Lua e suas fases por meio de atividades investigativas, isto é, atividades que consideram observação, coleta e análise de dados e modelagem (BENACCHIO, 1999; KAVANAGH, et al., 2005; TRUNDLE et al., 2010). Partindo dessa literatura e de materiais autorais próprios, professor e pesquisador selecionaram, adaptaram, elaboraram e organizaram as atividades de maneira que compusessem uma sequência investigativa. A sequência das atividades é indicada no Quadro 1.

**Quadro 1** - Descrição das atividades didáticas

<b>Atividade Didática</b>	<b>#Aulas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Cadeia do Conceito-Atividade</b>
1. Observação da Lua	3	Registro das fases da Lua ao longo de ciclo lunar.	Todas
2. Escala de tamanho e distância	4	Reflexão em grupo com manipulação de bolas esportivas.	Propriedade Física e Dinâmica
3. Simulação	1	Reflexão em grupo com manipulação da caixa com as fases da Lua.	Iluminação e Perspectiva
4. Modelização	1	Reflexão em grupo com manipulação de objetos para modelar a luação.	Iluminação e Dinâmica
5. Sistematização	1	Apresentação e discussão coletiva.	Todas

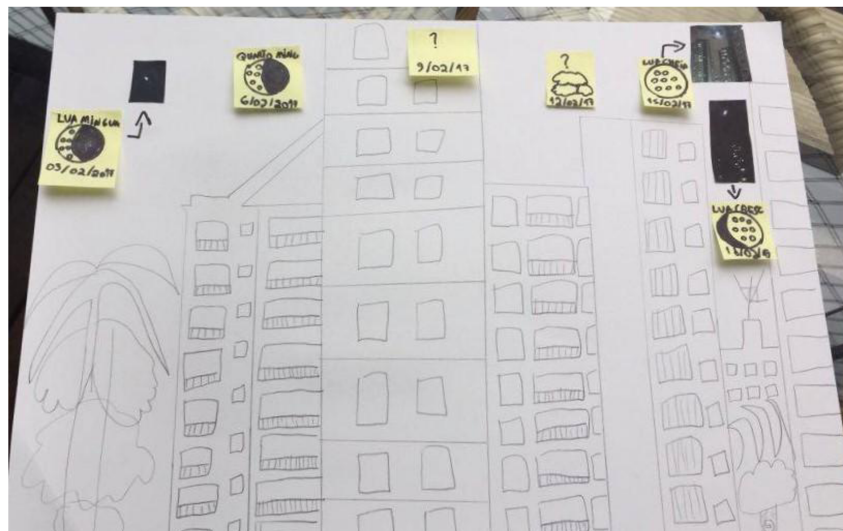
**Fonte:** autores

#### Atividade 1: Observação da Lua

A atividade sobre a observação da Lua (3 aulas) foi realizada como um trabalho individual para casa, cujo resultado foi apresentado em sala. Forneceu-se um formulário com orientações para observar sistematicamente a Lua, ao pôr do Sol, por quinze dias seguidos. A cada observação deveriam ser registrados, em um mesmo desenho, a posição e aparência (fase) da Lua no céu em relação ao horizonte. O objetivo era estabelecer a relação entre a fase da Lua e sua posição relativa ao Sol, o que dificilmente se obtém a partir de observações espontâneas e sem direcionamento (LAGO et al., 2018). Como nesta atividade se discute o movimento da Lua, a sequências das fases e a perspectiva do observador, entendemos que ela contempla as quatro cadeias do conceito-atividade das fases da Lua. A introdução, o compartilhamento das observações, as discussões e a apresentação dos resultados por meio de cartazes contabilizaram três aulas.

Os estudantes, em geral, não realizaram a observação considerando sempre a mesma posição de observação, o mesmo horário e o mesmo esquema. Fica claro que a confecção do registro tal como orientado requer atenção e cuidado, sendo um procedimento de elevada complexidade. Por exemplo, é necessário relacionar a altura vertical da Lua com o ângulo de visualização, e transpor essa relação para o papel. A maior parte dos estudantes desenhou

várias aparências da Lua e relacionou-as a um calendário mensal ou apresentou fotografias do céu com a Lua. Apenas três alunos fizeram um registro satisfatório, como mostrado na Figura 3, em que se representou o cenário observado juntamente com a fase e posição da Lua a cada dia, indicando as posições relativas de maneira correta.



**Figura 3** – Exemplo do registro dos estudantes para a atividade de observação. No primeiro e segundo registros (03/02/2017 e 06/02/2017) a Lua está em período crescente, no quinto registro (15/02/2017) a Lua encontra-se na fase Cheia, e segue para o período minguante no registro seguinte (18/02/2017). O terceiro e quarto registros (09/02/2017 e 12/02/2017) indicam que a Lua se encontrava escondida pelo prédio ou pelas nuvens.

**Fonte:** autores

#### Atividade 2: Escalas de tamanho e distância

A atividade que chamamos de escala de tamanho e distância é composta por duas partes, uma para cada grandeza física. Na parte relativa à escala de tamanho (volume dos astros), o professor levou para sala de aula bolas com diâmetros diferentes. As bolas ficaram disponíveis para manipulação enquanto os estudantes discutiam em grupo aquelas que representariam, em escala, a Terra e a Lua. Além disso, os estudantes mediram o diâmetro das bolas que escolheram. Ao final, um integrante de cada grupo mostrou as bolas escolhidas para representar os dois astros, e as justificativas apresentadas para a escolha das bolas com lastro em seus conhecimentos prévios e factuais. Na parte sobre a escala de distância os estudantes estimaram a distância entre os dois astros a partir das bolas escolhidas. Novamente, um integrante de cada grupo apresentou a distância estimada, a qual foi medida pelo professor com uma fita métrica. As dimensões astronômicas em questão são enormes se comparadas às cotidianas, e as proporções entre elas são importantes para a compreensão adequada das posições relativas dos astros no sistema Terra-Lua (TL) e para explicar as fases da Lua. Em ambas as atividades, a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, se exigia uma primeira reflexão científica sobre o sistema Terra-Lua. Assim, essas atividades promovem reflexões sobre propriedades do sistema que não são imediatas à experiência direta dos estudantes.

Como resultado, em geral os grupos escolheram uma bola maior para representar a Terra e uma menor para a Lua, e as separavam por dezenas de centímetros. Porém, um grupo em cada sala escolheu uma bola maior para representar a Lua e uma menor para representar a Terra. Alguns argumentos para justificar que a Lua seria maior que a Terra, consideravam que: ela é mais brilhante que as estrelas, a Lua tem o mesmo tamanho que o Sol quando vista no céu, a Lua exerce influência sobre a Terra (marés), ou ainda que a Lua Cheia é grande, referindo-se a sua observação no horizonte, vários deles encontrados na literatura. Os argumentos apresentados pelos estudantes não foram discutidos nesse momento, pois nas duas aulas seguintes o professor discorreu sobre razão entre os dois números, introduzindo os conceitos de escala e proporção, e montou uma maquete dos astros na escala correta. Além disso, o professor pediu aos estudantes para retomarem os valores dos tamanhos e distâncias estimados nas duas aulas anteriores e corrigirem seus modelos.

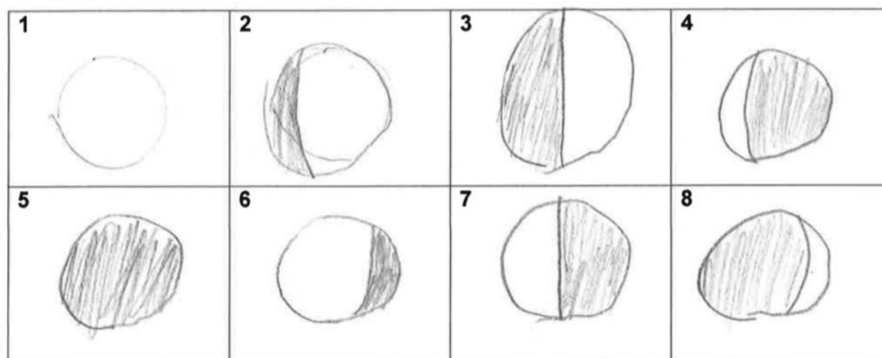
### Atividade 3: Simulação

A terceira atividade consistiu na simulação das fases da Lua (1 aula) por meio de uma caixa de papelão (SARAIVA et al., 2007). Numa caixa retangular, totalmente fechada, exceto por oito aberturas laterais, pelas quais, iluminada com uma lanterna, os alunos podem observar uma bola branca, suspensa por uma haste, no seu centro. Essa atividade foi projetada para mobilizar conscientemente os conceitos-ações sobre iluminação e perspectiva de observação, isto é, a posição relativa de observação considerando a fonte de iluminação.

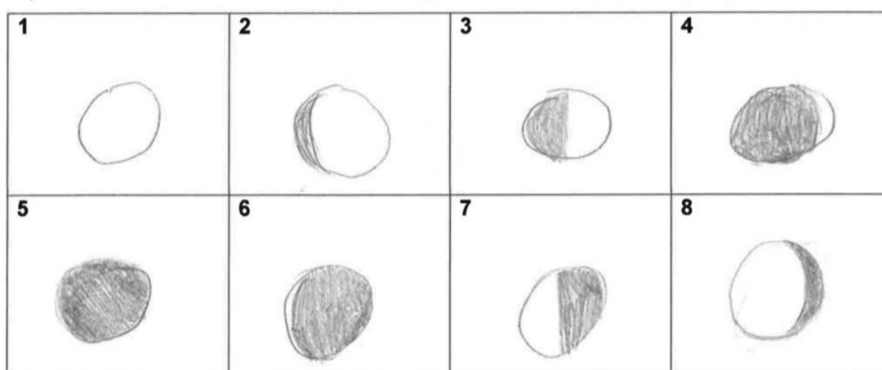
Os estudantes deveriam registrar as observações feitas através das diferentes aberturas, quando a bola branca no interior da caixa estivesse sendo iluminada por outra abertura. Isto pretende simular a observação das fases da Lua, a partir da Terra, em diferentes momentos. Inicialmente, os estudantes propunham como seria a forma da bola iluminada nas diferentes posições de observação e, em seguida, deveriam fazer a observação e desenhar o observado. Os resultados foram bastante satisfatórios, pois a maioria representou corretamente a aparência da bola antes da observação ou, numa segunda tentativa, conseguiu corrigir suas hipóteses (Figura 4). Geralmente corrigiam inversões entre os lados iluminados e não-iluminados e os tamanhos das porções iluminada e não-iluminada da bola.

Ao final dessa atividade os estudantes responderam uma questão sobre a mudança da aparência da bola. Dada a posição fixa da lanterna e da bola, a intenção era que os alunos relatassem que a mudança de posição de observação provocava a alteração da aparência da bola. No Quadro 2 apresentamos extratos das respostas para a pergunta "Como você explica a mudança na aparência da bola?", dadas pelos grupos de alunos somente de uma das turmas, dada a limitação de espaço no presente texto.

2) Dentro da caixa há uma bola iluminada por uma lanterna. Como você acha que observará a bola a partir destes pontos?



3) Observe o interior da caixa. Como é a aparência da bola em cada posição?



**Figura 4** – Exemplo do registro dos estudantes para a atividade de simulação.

**Fonte:** autores

**Quadro 2** - Extratos das respostas dos grupos para a atividade de simulação.

<b>Pergunta:</b> Como você explica a mudança na aparência da bola?	
G1	A parte escura é sombra. Nós só enxergamos as partes iluminadas, logo, dependendo do ângulo que observamos a lua, identificamos uma nova fase da mesma.
G2	Com a posição das lunetas, a posição da luz da lua não será a mesma na bola [...] lua, que está girando em torno da Terra, conforme ela gira a lua não é a mesma refletida para Terra.
G3	Conforme o lugar que observamos a bola vemos ela sendo iluminada de uma maneira, pois a luz da lanterna não se move, só a posição que nós observamos.
G4	Por causa da posição da bola em relação a luz.
G5	Tudo depende da posição em que estamos observando. A fonte de luz não mudou de lugar, tudo depende do nosso olhar em relação à lua.
G6	[...] dependendo da posição que observamos a lua, a luz chega de uma maneira diferente em que uma parte pode ou não estar iluminada.

**Fonte:** autores

Uma resposta foi considerada bastante completa (G3), duas foram confusas (G2 e G6), e três foram classificadas como satisfatórias, pois mencionaram a mudança da posição relativa do observador (G1, G4 e G5). Destaca-se na atividade a necessidade de criar uma hipótese para o registro antes da observação e do registro 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.

#### Atividade 4: Modelização

A atividade seguinte visou à modelização das fases da Lua (1 aula), na qual os alunos foram orientados a manipular três objetos – duas bolas e uma 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 de que dispunham. Eles receberam uma folha de atividade que deveria ser preenchida com desenhos que descrevessem e explicassem as fases do satélite.

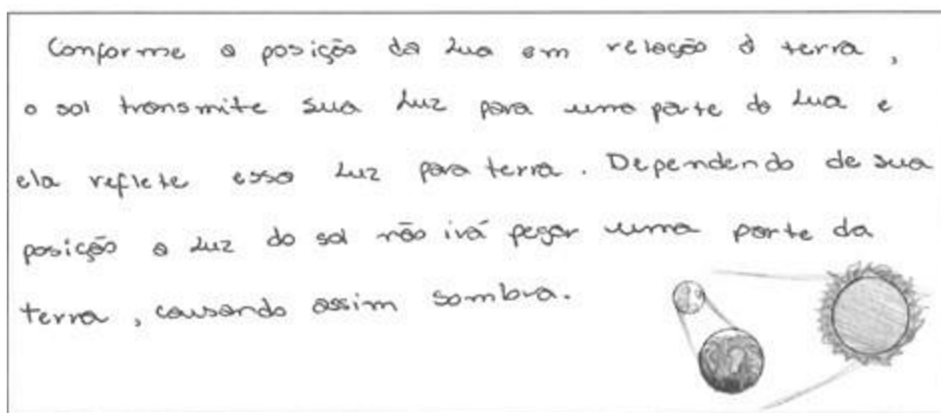
Durante manipulação dos objetos pelos estudantes, o professor passava nos grupos para avaliar as explicações construídas, questionar a posição do observador na superfície terrestre e os planos orbitais. Esta atividade é uma complementação da anterior, pois trabalha com as mesmas cadeias de conceitos-atividade (iluminação e dinâmica) para a explicação do fenômeno lunar. A manipulação dos objetos permitiu a elaboração ativa de modelos e as intervenções do professor promoveram tanto a percepção de inconsistências científicas contidas nesses modelos como a operação com novas informações. Por exemplo, pela manipulação dos objetos feita pelos estudantes e pela mediação da intervenção do professor, os estudantes deveriam compreender que se a órbita da Lua estivesse no mesmo plano que o da órbita da Terra haveria a ocorrência mensal de um eclipse lunar. Nesse momento, fez-se a introdução da discussão sobre a inclinação da órbita lunar.

As respostas e desenhos dos grupos que requeriam uma explicação para as fases da Lua são apresentadas no Quadro 3 e nas Figuras 5 e 6. Definimos a categoria ‘sombra da Lua’ para nomear a explicação correta sobre a causa do fenômeno das fases, pois indica que a parte escura da Lua, vista da Terra, é a parte da Lua voltada para a Terra que não recebe luz do Sol devido ao próprio corpo lunar se apresentar como obstáculo. Esse resultado é particularmente relevante, pois o modelo explicativo mais comum, encontrado pela pesquisa em concepções espontâneas, é aquele que considera a sombra da Terra para explicar as fases da Lua (LELLIOTT; ROLLNICK, 2010). Nota-se que dois grupos relacionaram a parte escura da Lua com o ciclo do dia e da noite no satélite (G1 e G5).

**Quadro 3** - Extratos das respostas dos grupos para a atividade de modelização.

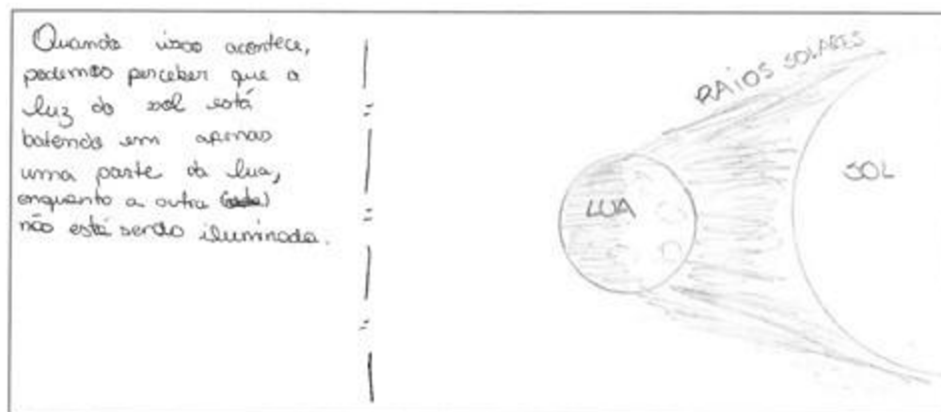
<b>Pergunta:</b> Quando olhamos para a Lua, algumas vezes não a vemos totalmente porque parte dela está escura. Como você <b>explica</b> a causa dessa parte escura?	
G1	O lado escuro da lua é o lado não iluminado pelo sol, seria como a noite na Terra.
G2	[...] o sol transmite sua luz para uma parte da Lua e ela reflete essa luz para a Terra. Dependendo de sua posição a luz do sol não irá pegar uma parte da Terra, causando assim a sombra.
G3	A lua fica escura de um lado e clara do outro pois de um lado é onde pega sol e o outro fica totalmente sem luz [...]
G4	[...] a luz do sol está batendo em apenas uma parte da lua, enquanto a outra não está iluminada.
G5	[...] o sol não ilumina uma das metades da lua, é como se fosse o ciclo do dia e da noite que ocorre na Terra, apenas um dos lados é iluminado pelo sol. A posição da lua em relação à Terra influencia na nossa visão.
G6	A parte escura na lua é onde a luz do sol não está refletindo. Por que dependendo de onde a lua está posicionada a luz do sol não chega, deixando uma parte escura.

**Fonte:** autores



**Figura 5** – Exemplo de registro para a explicação da aparência da Lua (G2).

**Fonte:** autores



**Figura 6** – Exemplo do registro para a explicação da aparência da Lua (G4).

**Fonte:** autores

Para a questão sobre a descrição das fases lunares, apresentamos uma descrição verbal dos desenhos dos estudantes seguida de uma avaliação no Quadro 4. Incluímos ainda dois exemplos destes desenhos nas Figuras 7 e 8. Os esquemas produzidos pelos alunos foram classificados em quatro grupos: os *corretos* são claros, precisos e apontam as porções iluminadas corretamente; os *parcialmente corretos* pecam na representação da porção iluminada ou da posição da Lua; os *imprecisos* são desenhos que não permitem analisar a

compreensão dos alunos e os tidos como *incorretos* explicam as fases por um modelo equivocado. Apesar de quase todos os desenhos, em relação às categorias, estarem corretos ou parcialmente corretos, eles mostram que a elaboração de um esquema preciso é um procedimento complexo para os estudantes.

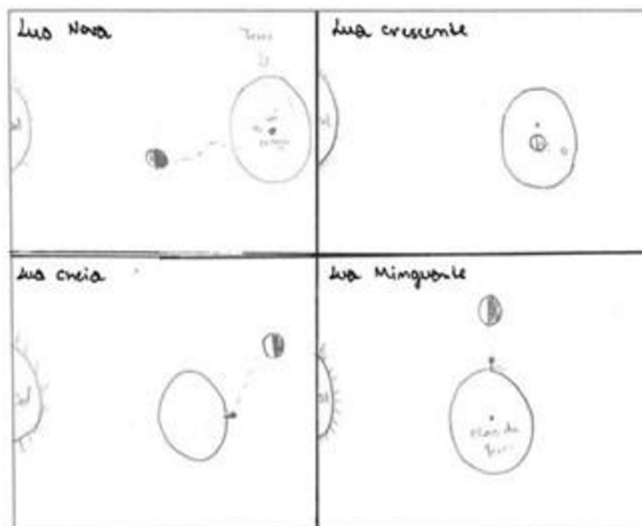
**Quadro 4** - Descrição e análise dos desenhos dos grupos para a atividade de modelização.

<b>Pergunta:</b> Faça um desenho esquemático que mostra o sistema Sol-Terra-Lua e que explique o fenômeno das fases da Lua. O desenho deve mostrar a posição da Lua quando ela estiver nas fases: Nova, Crescente, Cheia e Minguante.	
G1	Quatro esquemas, uma para cada fase da Lua, em que se mostra a inclinação da órbita, colocando a Lua Nova e Cheia, abaixo e acima do plano orbital da Terra, a Quarto Crescente cruzando o plano e a Quarto Minguante, fazendo ângulo reto com a Terra e o Sol. Parece mudarem de perspectivas. Correto.
G2	Esquema único com a Lua em quatro posições de sua órbita. A Lua sempre apresenta metade iluminada. Parece haver uma intenção de representar a inclinação da órbita lunar. Correto.
G3	Quatro esquemas, um para cada fase, muito confusos, em que a Terra e a Lua são representadas sempre nas mesmas posições e sem indicações da posição do Sol. As Luas apresentam aparências diferentes indicando cada fase. No mesmo espaço há outro esquema com as luas nas quatro posições corretas. Este esquema parece ser iniciado pelo professor. Confuso e impreciso.
G4	Inicialmente havia quatro esquemas, um para cada fase, muito confuso, com os três astros alinhados nas mesmas posições e a Lua com quatro aparências diferentes. Este esquema foi riscado e outros esquemas elaborados. Nestes, a Lua aparece girando em torno da Terra em quatro posições diferentes, a Lua Cheia encontra-se acima do plano orbital da Terra. Correto.
G5	Esquema simples representando a Lua girando em torno da Terra e o nome das fases da Lua. Não há indicação sobre a parte iluminada da Lua ou de sua face voltada para a Terra. Impreciso.
G6	Quatro esquemas, uma para cada fase da Lua, em que a Lua se encontra em quatro posições diferentes em relação à Terra e ao Sol. A Lua Cheia encontra-se bem atrás da Terra e as Luas Quarto Crescente e Minguante aparecem muito próximas à Lua Nova. Parcialmente correto.

**Fonte:** autores

Aventamos a hipótese de que a dificuldade em elaborar os esquemas advém do fato de ser necessário explicitar em forma gráfica ao menos quatro características do sistema: i) a posição relativa dos três astros em quatro momentos diferentes; ii) a perspectiva de visualização; iii) a tridimensionalidade para indicar a inclinação da órbita lunar; e iv) indicar a iluminação da Lua. De fato, esses quatro pontos ressoam com cada uma das atividades e com as cadeias de conceito-atividade proposto na Figura 1. A finalidade das atividades didáticas era de trabalhar isoladamente cada um desses ramos conceituais e suas relações.

Sobre a iluminação, nota-se que existe uma confusão entre a representação da aparência da superfície lunar quando vista a partir do solo e a partir do modelo. Por exemplo, no caso da Lua em Quarto Crescente, quando vista da Terra, vê-se somente um quarto da Lua, apesar de ela sempre ter metade iluminada, exceto no caso do eclipse lunar. Nos desenhos identificados como parcialmente corretos, os estudantes não consideraram a posição do Sol no modelo para representar a face iluminada da Lua, mas como eles a observam no céu. Assim, mesmo que os alunos soubessem que em determinada posição a Lua está na fase Quarto Crescente, e que indicassem isso no desenho, o desenho da face iluminada é incoerente.



**Figura 7** – Exemplo do registro para a descrição e explicação da ocorrência das fases da Lua (G1).

**Fonte:** autores



**Figura 8** – Exemplo do registro para a descrição e explicação da ocorrência das fases da Lua (G6).

**Fonte:** autores

Em resumo, os dados apontam para dois aspectos: o desenho é uma produção complexa para alunos, tanto pela organização dos astros, como pelo uso adequado da perspectiva; há a necessidade de muitas interações entre estudante-modelo-professor para o estabelecimento de uma explicação cientificamente adequada. Sobre esse último aspecto, ressaltamos que o simples engajamento na atividade não garante o aprendizado, pois alguns aspectos, como a percepção de que a órbita lunar precisa ser inclinada em relação ao plano orbital terrestre e o fato da Lua ter sempre uma metade iluminada, não são auto evidentes.

#### Atividade 5: Sistematização

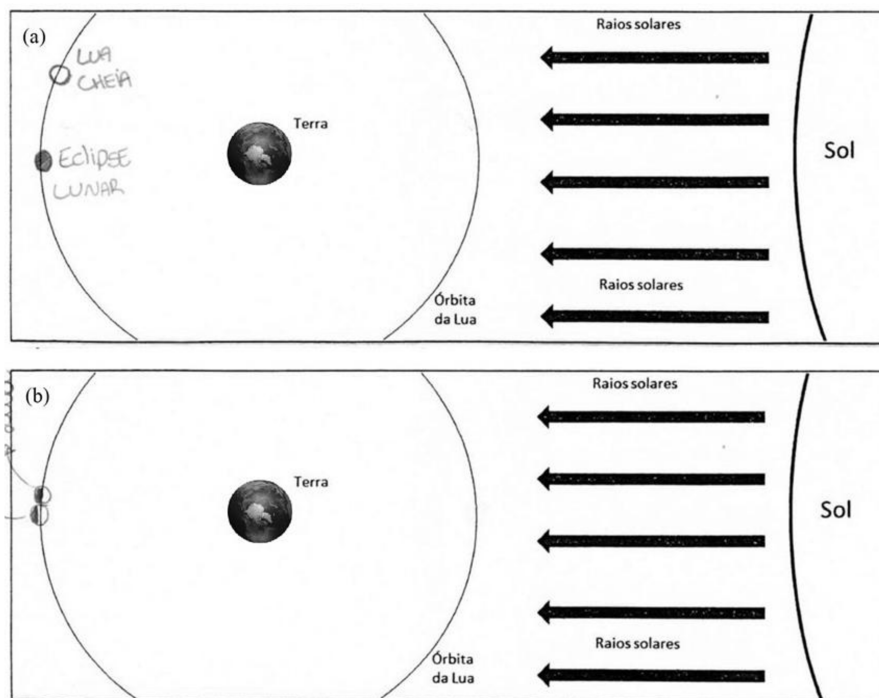
A atividade da sistematização teve como objetivo sistematizar as fases da Lua (1 aula). A aula foi mais uma exposição dialogada do professor, cujo propósito era organizar todo o conhecimento desenvolvido até o momento por meio do uso de diferentes recursos como

apresentação de slides, vídeo, simulador digital e maquete física (telúrio). A apresentação foi fartamente ilustrada com fotografias da Lua em diferentes fases e esquemas em diversas perspectivas. A exposição dialogada favoreceu a que os estudantes enunciassem suas concepções de forma que o professor pudesse avaliar as suas concepções e modelizações. Um vídeo 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 simulador 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 para o observador. Por fim, para discutir a ocorrência dos eclipses utilizou-se uma maquete do sistema TSL (telúrio) para mostrar a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica.

Pelos comentários e participação ativa dos alunos durante a aula, entendemos que os recursos apresentados, juntamente com a mediação discursiva do professor, organizaram e sistematizaram os conceitos para a construção de um modelo explicativo para as fases da Lua. Para cada problematização iniciada pelo professor, os alunos contribuía com respostas articuladas e coerentes. Por exemplo, ao visualizarem imagens astronômicas que mostravam os efeitos de iluminação do Sol em outros satélites e planetas do Sistema Solar (e.g. fases no planeta Terra quando observado da Lua, fases no satélite Ganímedes, eclipse solar em Júpiter devido à lua Io, sombra em Saturno devido aos seus anéis), os estudantes elaboraram discursivamente os eventos em termos dos conceitos trabalhados no caso terrestre. Isto é, enunciavam sobre fases e eclipses relacionando os conceitos de luz, sombra e posição de observação. Em outro momento, quando o professor retomou a atividade de observação da Lua em sala de aula, os estudantes não só se expressaram por enunciados verbais ao explicarem seus registros como também por meio de gestos. Por exemplo, ao explicar como fez a atividade em sua casa uma estudante disse “Olha! A Lua passou por toda essa parte da janela” enquanto apontava o dedo para o percurso da Lua na foto que obteve a partir de seu quarto de sua casa. Algumas vezes os alunos apontavam e moviam os braços e mãos para indicar o movimento da Lua seu plano orbital ao redor da Terra. Em suma, entendemos que esta participação ativa na aula de sistematização indica aprendizado com relação ao modelo das fases da Lua.

Por fim, apontamos que o conteúdo relativo à ocorrência dos eclipses foi pouco abordado na sequência, fato que ficou evidente pela dificuldade que os estudantes mostraram em desenhar os três astros na ocasião de um eclipse lunar e de Lua Cheia no contexto de uma avaliação realizada seis meses depois. Para representar o eclipse lunar, a maioria dos alunos desenhou a Lua em posição diametralmente oposta ao Sol em relação à Terra, como aparece nos dois esquemas da Figura 9.

Contudo, quando requeremos que o estudante desenhasse, no mesmo esquema, a posição da Lua em sua fase Cheia, a maioria dos estudantes optou por deslocar o astro para uma posição em que fosse possível a incidência dos raios solares (Figura 9a), ao passo que somente quatro alunos desenharam a Lua na mesma posição, mas indicando que ela estaria acima do plano da órbita terrestre (Figura 9b). Esse resultado indica que em uma próxima aplicação da sequência a questão da órbita da Lua deve ser mais bem trabalhada.



**Figura 9** – Exemplos de respostas na avaliação final.

**Fonte:** autores

A sequência didática e a elaboração dos estudantes sob a perspectiva da ascensão do abstrato ao concreto

Nesta seção propomos um retorno à teoria apresentada no início deste texto, mas agora tendo como base a sequência das atividades e as elaborações dos estudantes orientados por elas. Ou seja, destacamos os movimentos entre o abstrato e o concreto em cada atividade ao longo da sequência e as coordenações das quatro cadeias de conceitos-atividades. Em tese, as atividades que privilegiavam determinadas cadeias de conceitos-atividade reduziam esses conceitos ao abstrato para posteriormente emergirem no concreto mais mediado.

A primeira atividade partiu da observação direta, sensível, do fenômeno – a Lua em seu esplendor no céu. Esse concreto sensível (menos mediado) da Lua foi confrontado com regras de observação que exigiram dos estudantes a redução do fenômeno visual à descrição de sua posição no céu com relação a alguns parâmetros posicionais. Essa primeira redução (descensão do concreto sensível ao abstrato) foi registrada na forma de cartazes com desenhos que mostravam as posições relativas da Lua frente aos marcos terrestres (horizonte, prédios,

etc.) e a iluminação lunar naqueles momentos. Desse momento abstrato se ascende ao concreto, agora ampliado, pois no céu particular de cada estudante, a Lua não era mais apenas esplendor ou descaso, mas também um objeto com trajetória e iluminação específicas e regulares.

A segunda atividade, ao mobilizar novas cadeias de conceito-atividade, propõe outra abstração. Nela, introduzimos a questão da escala de tamanho e da distância relativa dos astros. Reduzimos os astros a esferas de isopor e desenhos para que os estudantes modelassem o volume relativo da Terra e da Lua, comparando duas esferas e suas distâncias relativas na nova proporção escolhida. Os desenhos e outros exercícios de escala foram reproduzidos no caderno. A redução do sistema TL a duas esferas permitiu que alguns estudantes manifestassem conceitos-operação (ou concepções) não revelados anteriormente, como a concepção de que a Lua é maior que a Terra. Nesse momento, esses conceitos transformam-se em conceitos-ação ao serem confrontados com situações em que emergiam as contradições atreladas às concepções inadequadas. Ao compreender as distâncias astronômicas em jogo e o volume relativo Terra-Lua, os estudantes retornaram aos seus céus concretos, agora com outras mediações. Por exemplo, os estudantes agora poderiam entender o fato de a Lua ter o diâmetro aparente igual ao do Sol, mesmo sendo muito menor que ele. Nesse ato explicativo, a abstração caracterizada pela escala de distância e diâmetro é vista como um conceito-ação.

A terceira atividade utilizou uma bola de isopor, representando a Lua, estática, no centro de uma caixa de papelão fechada e exigiu dos estudantes que observassem a aparência dessa bola iluminada em diferentes posições. Assim, eles passam a identificar a aparência da bola (fases da Lua), em relação às posições relativas deles e da lanterna que ilumina a bola (Terra e Sol, respectivamente). Esse modelo reduz as múltiplas relações complexas às cadeias de conceitos-atividade da iluminação e perspectiva, o que exige uma reflexão sobre a posição relativa dos três diferentes astros. A ascensão do abstrato ao novo concreto mediado inclui agora uma síntese que leva consigo os conceitos-ação de escala, distância relativa, posição relativa, tendo como conceitos-operação a esfericidade dos astros, o Sol como fonte de iluminação. Por exemplo, os alunos passam a estimar a posição do Sol apenas olhando para a posição da Lua e sua fase.

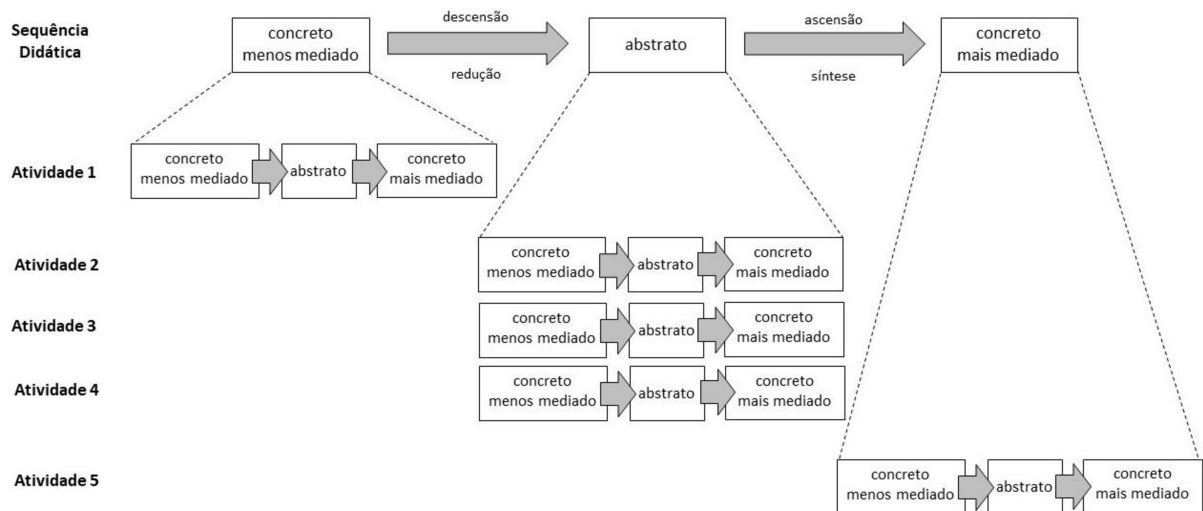
A quarta atividade, fez nova descensão, próxima, porém mais ampla que a anterior, já que utiliza o modelo de três corpos. Tendo uma lanterna e uma bola de isopor em posições fixas, outra bola representando a Lua foi colocada em movimento do redor da Terra pelos estudantes, de modo que sempre iluminada pelo Sol estático permitiu visualizar, não só a iluminação da Lua pelo Sol em diferentes posições em relação à Terra, como também permitiu identificar as posições da Lua para cada fase e configurações para a ocorrência dos eclipses. Aqui entram em jogo, principalmente, os conceitos-ação relativos à órbita lunar. Por

exemplo, a mediação das ações do professor foi necessária para que os alunos encontrassem uma órbita para a Lua, que permitisse a ocorrência da fase da Lua Cheia e do eclipse lunar. Mesmo assim, alguns grupos apresentaram modelos de lunação que classificamos como inadequados e que podem ser entendidos como o uso de conceitos-ação pertencentes a outras cadeias conceituais distintas das relacionadas com a atividade. Na ascensão desse abstrato ao novo concreto mediado, a Lua e suas fases já não são as mesmas do começo da intervenção. A Lua agora é uma esfera circundando outra esfera iluminada por outra esfera, cada uma com diferentes características, cujas posições relativas determinam suas iluminações, as quais dependem do ponto de observação.

Por fim, a quinta atividade pretendeu estabelecer uma sistematização sintética que articulasse cadeias de conceitos-atividade trabalhadas, antes, de maneira isolada. O uso de fotografias, esquemas, vídeos e simuladores digitais foram recursos importantes para trazer todas as reflexões das atividades conjuntamente. Em particular, a discussão sobre as imagens dos satélites dos outros planetas do Sistema Solar, permitiu identificar a apropriação do conceito-atividade, pois foram muitos os estudantes que identificaram fases das luas dos outros planetas, relacionando-as com suas posições relativas em relação ao Sol. Nesse momento, o conceito-atividade de fases da Lua se torna um conceito-ação do recém emerso conceito-atividade ‘fases de satélites naturais’, cujas condições de existência são a de ter um corpo celeste do qual orbita e uma fonte de iluminação (p.e. uma estrela). Assim, dependendo da posição relativa da fonte de iluminação mais próxima e do ponto de observação, o satélite natural poderá apresentar fases tais como as que a nossa Lua apresenta.

Ainda, não só cada atividade pode ser vista como desencadeadora do duplo movimento entre abstrato e concreto, como a própria sequência completa pode também ser entendida dessa maneira. Nesse caso, parte-se de um concreto menos mediado (atividade de observação), passa-se por três reduções (atividades que objetivam trabalhar ‘isoladamente’ as cadeias conceituais específicas), e retornar-se a um concreto mais mediado (atividade de sistematização). Estas etapas estão representadas no esquema da Figura 10. Argumentamos que a coordenação de diferentes cadeias de conceitos-atividades faz com que um determinado conceito ora seja usado como operação e ora como ação, ora no plano não-consciente e ora no plano consciente. Consideramos ainda que essa dinâmica é refletida e refratada na consciência dos sujeitos como sucessivas operações de concretizações e abstrações, o que levaria a uma formação e apropriação de conceitos mais complexa e significativa.





**Figura 10** – Movimentos de descensões ao abstrato e ascensões ao concreto ao longo da sequência didática.

**Fonte:** autores

## Conclusão

A proposta deste artigo foi elaborar e analisar os efeitos de uma sequência didática sobre as fases da Lua a partir das ideias de Davydov. A primeira pergunta que encaminhamos versa sobre uma possível construção teórica próxima à noção de célula germe para o modelo das fases. Esta resposta considerou um sistema de conceitos integrados aos elementos da atividade – o conceito-atividade – que na perspectiva do ensino-aprendizagem escolar demos o nome de modelo genético. Em nosso caso, entendemos que tal modelo permitiu ao professor e ao pesquisador elaborarem atividades didáticas que trabalhassem cadeias específicas de conceitos-atividades para emergência do conceito-atividade fases da Lua.

Preferimos o termo modelo genético em detrimento ao de célula germe porque nos parece que a última traz consigo uma ideia de achar o ‘germe’ como ‘princípio’, como se fosse uma ‘realidade primeira’, e não como movimento. Quando atrelamos o conceito à atividade, colocamos o conceito dentro do movimento da atividade, e daí mostramos que o modelo genético também tem sua dinâmica. Aqui, sugerimos um caminho que pode ser trilhado por qualquer professor, a investigação conceitual como um movimento contínuo de descensão do concreto imediato ao abstrato e a posterior ascensão do abstrato ao concreto complexificado.

Queremos ainda destacar que o modelo genético pode ser ampliado para além da perspectiva científica trazida neste artigo e incluir outras dimensões como as sociais, culturais e históricas. Neste caso, não haveria um conjunto único de normas para a construção do modelo genético, mas, seguindo o materialismo histórico-dialético, tal conjunto de normas é determinado pela história dos sujeitos e das atividades nas quais estão imbricados e deve ser buscado em contradições nas atividades escolar e social dos estudantes.

Com relação ao ensino-aprendizagem escolar, segunda pergunta de pesquisa, o modelo genético se mostra como uma ferramenta de planejamento do ensino ao permitir explicitar os

conceitos mais importantes, as relações entre eles, e indicar caminhos pelos quais atividades isoladas podem ser relacionadas para a emergência de um conceito complexo. Além disso, entendemos que as atividades planejadas e a condução dialógica do professor ofereceram oportunidades aos estudantes para a elaboração dos conceitos astronômicos em diversos níveis de conscientização e ação.

Em resposta à terceira pergunta que colocamos no início do texto, entendemos que a análise dos dados mostrou que os estudantes, em boa parte, construíram modelos cientificamente adequados para o fenômeno lunar. Um aspecto relevante das situações de aprendizagens desenvolvidas no contexto dessa pesquisa, mas que ficou pouco explorado no recorte deste artigo, é que as atividades em grupo e sistematização coletiva compuseram eventos de grande interação discursiva nas quais os estudantes puderam enunciar modelos, defrontar-se com contradições e construir soluções conjuntamente. Como perspectiva futura, entendemos ser necessário a inclusão de uma cadeia de conceito-atividade para os eclipses e consideramos apresentar e discutir explicitamente o esquema do modelo genético com os estudantes.

A proposição de que o modelo genético é uma ferramenta de planejamento do ensino não se restringe ao conceito-atividade utilizado nessa investigação. Em nosso grupo de pesquisa temos desenvolvido estudos com outros casos, por exemplo, o conceito-atividade de 'ângulo entre duas retas', que expressa o movimento de partida e de chegada no problema concreto de se medir o ângulo de uma ladeira muito inclinada na região da escola (MATTOS; ORTEGA; LAGO; RODRIGUES, 2018). Ainda, assim como escrevemos ao final da introdução deste artigo, existem estudos que se apoiam na noção da célula germe para o ensino de conceitos escolares em outras áreas do conhecimento (Matemática, História e Ciências/Biologia) e que relatam sucesso neste tipo de abordagem. Não vemos motivos para que o modelo genético não se aplique para outros tópicos da Física.

Com relação ao contexto do desenvolvimento da proposta, sabemos que é bastante particular: envolve uma escola privada com recursos que atende majoritariamente a classe média/alta e parte da colaboração ativa e intensa de uma equipe de pesquisadores (o professor é doutorando em Ensino de Ciências). Se por um lado a aplicação da proposta não requer o uso de muitos recursos, a construção do modelo genético e a elaboração das atividades didáticas exigem uma formação mais ampla e sólida do professor, seja dos conteúdos específicos, seja das fundamentações pedagógicas e psicológicas que sustentam o manejo da proposta de ensino. Esta complexidade de elementos impõe algumas demandas para a formação de professores, e pesquisas futuras podem explorar os obstáculos colocados pelas concretudes da realidade escolar e da carreira do professor para implementação da proposta.

**Agradecimento:** Cristiano Mattos agradece o apoio do CNPq por meio da Bolsa de Produtividade Id.

### Referências

BENACCHIO, L. The importance of the moon in teaching astronomy at the primary school. *Earth, Moon, and Planets*, v. 85, p. 51–60, 1999.

BISCH, S. *Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores*. Tese de doutorado em Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CALLISON, P.; WRIGHT, E. The Effect of Teaching Strategies Using Models on Preservice Elementary. In: THE ANNUAL MEETING OF THE NATIONAL ASSOCIATION FOR RESEARCH IN SCIENCE TEACHING, 1993, Atlanta. *Anais...* Atlanta, 1993. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED360171.pdf>>. Último acesso em 16 ago. 2019.

DAFERMOS, M. Activity theory: theory and practice. In: PARKER, I. (Ed.). *Handbook of critical psychology*. London: Routledge, 2015. p. 261–270.

DAVYDOV, V. V. Activity, the Mind, and Consciousness. *Russian Education & Society*, v. 30, n. 8, p. 24–43, 1988a.

DAVYDOV, V. V. Learning Activity in the Younger School-age Period. *Soviet Education*, v. 30, n. 9, p. 3–47, 1988b.

DAVYDOV, V. V. *Soviet Studies in Mathematics Education* Volume 2. Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

DAVYDOV, V. V. The Concept of Developmental Teaching. *Journal of Russian and East European Psychology*, v. 36, n. 4, p. 11–36, 1998.

DAVYDOV, V. V.; MARKOVA, A. K. A Concept of Educational Activity for Schoolchildren. *Journal of Russian and East European Psychology*, v. 21, n. 2, p. 50–76, 1982.

ENGESTRÖM, Y. The development of theoretical generalization in instruction: a case study of history teaching. In: ENGESTRÖM, Y. (Ed.). *Learning, working and imagining twelve studies in activity theory*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy, 1990. p. 25–47.

ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. *Learning and instruction*, v. 1, n. 3, p. 243–259, 1991.

ENGESTRÖM, Y.; NUMMIJOKI, J.; SANNINO, A. Embodied Germ Cell at Work: Building an Expansive Concept of Physical Mobility in Home Care. *Mind, Culture, and Activity*, v. 19, n. 3, p. 287–309, 2012.

GALPERIN, P. Y. Mental Actions as a Basis for the Formation of Thoughts and Images. *Soviet Psychology*, v. 27, n. 3, p. 45–64, 1989.

HEDEGAARD, M. How Instruction Influences Children's Concepts of Evolution. *Mind, Culture, and Activity*, v. 3, n. 1, p. 11–24, 1996.

HEDEGAARD, M. Activity theory and history teaching. In: ENGESTROM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMAKI, R.-L. (Eds.). *Perspectives on activity theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 282–297.

HEDEGAARD, M. The development of children's conceptual relation to the world, with a focus on concept formation in pre-school children's activity. In: DANIELS, H.; COLE, M.; WERTSCH, J. V. (Eds.). *The Cambridge Companion to Vygotsky*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 246–275.

HOBOLD; E. S. F.; ROSA; J. E. O ensino da tabuada no contexto das ações de estudo propostas por Davydov e colaboradores. *Revista Brasileira de Educação*, v. 22, n. 71, e227158, 2017.

HOWE, K. R. Isolating Science from the Humanities: The Third Dogma of Educational Research. *Qualitative Inquiry*, v. 15, n. 4, p. 766–784, 2008.

HOWE, K. R. Positivist Dogmas, Rhetoric, and the Education Science Question. *Educational Researcher*, v. 38, n. 6, p. 428–440, 2009.

KAVANAGH, C.; AGAN, L.; SNEIDER, C. Learning about phases of the moon and eclipses: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, v. 4, n. 1, p. 19-52, 2005.

KOSIK, K. *Dialética do concreto*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.

KRINER, A. Las Fases De La Luna? Cómo Y Cuando Enseñarlas? Phases of the moon: how and when teach them? *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 111–120, 2004.

LAGO, L. G. *Lua: fases e facetas de um conceito*. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LAGO, L.; MATTOS, C.R. Fases da Lua: uma aproximação do sistema de conceitos (Vygotsky) com o sistema de atividade (Leontiev). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA (SNEA), 2, 2012, São Paulo. *Atas...* São Paulo, 2012. Disponível em: <[https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012\\_TCO12.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2012_TCO12.pdf)>. Último acesso em 16 ago. 2019.

LAGO, L.; ORTEGA, J. L.; MATTOS, C.R. Lua na mão: mediação e conceitos complexos no Ensino de Astronomia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 20 (e10388), 2018.

LAGO, L.; ORTEGA, J. L.; MATTOS, C.R. 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. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 1, p. 239-260, 2019.

LEITE, C. *Formação do professor de ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade*. Tese de doutorado em educação - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

LELLIOTT, A.; ROLLNICK, M. Big Ideas: A review of astronomy education research 1974–2008. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 13, p. 1771–1799, 2010.

LEONTIEV, A. Lecture 36. Thinking and Activity. *Journal of Russian & East European Psychology*, v. 43, n. 5, p. 41–52, 2005.

LEONTIEV, A. *Activity and consciousness*. Pacifica: Marxists Internet Archive, 2009a.

LEONTIEV, A. *The development of mind*. Pacifica: Marxists Internet Archive, 2009b.

LORENZ, K. M. O Positivismo no ensino de ciências naturais na escola secundária brasileira: 1890-1900. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 7, 2008, Porto. *Anais...* Porto, 2008. CD-ROM.

MATTOS, C.; ORTEGA, J. L.; LAGO, L. G.; RODRIGUES, A. Scientific-cultural inquiry in school scientific activity. In: GIREP CONFERENCE, 2018, San Sebastian. *Anais...* San Sebastian, 2018. Disponível em: <[https://www.girep2018.com/contenidos/files/abstracts/resumen/autor/111\\_abs\\_con\\_v1.pdf](https://www.girep2018.com/contenidos/files/abstracts/resumen/autor/111_abs_con_v1.pdf)>. Último acesso em 16 ago. 2019.

PARKER, J.; HEYWOOD, D. The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 5, p. 503–520, 1998.

PLUMMER, J. D.; ZAHM, V. M. Covering the Standards: Astronomy Teachers' Preparation and Beliefs. *Astronomy Education Review*, v. 9, n. 1, p. 010110, 2010.

RODRIGUES, A.; CAMILLO, J.; MATTOS, C. Quasi-appropriation of dialectical materialism: a critical reading of Marxism in Vygotskian approaches to cultural studies in science education. *Cultural Studies of Science Education*, v. 9, n. 3, p. 583–589, 2014.

ROTH, W.-M. Cultural-historical activity theory: Vygotsky's forgotten and suppressed legacy and its implication for mathematics education. *Mathematics Education Research Journal*, v. 24, n. 1, p. 87–104, 2012.

ROTH, W.-M.; LEE, Y.; HSU, P. A tool for changing the world: possibilities of cultural-historical activity theory to reinvigorate science education. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 2, p. 131–167, 2009.

SADLER, P. *The Initial Knowledge State of High School Astronomy Students*. Tese (Doutorado em Educação) - School of Education, University of Harvard, Cambridge, 1992.

SANNINO, A. The principle of double stimulation: A path to volitional action. *Learning, Culture and Social Interaction*, v. 6, p. 1–15, 2015.

SANNINO, A.; DANIELS, H.; GUTIERREZ, K. D. Activity Theory between Historical Engagement and Future-Making Practice. In: SANNINO, A.; DANIELS, H.; GUTIÉRREZ, K. D. (Eds.). *Learning and Expanding with Activity Theory*. New York: Cambridge University Press, 2009. p. 1–15.

SANTOS, F. P. P.; MATTOS, C. Rumo à Construção de um modelo dialético-complexo para o ensino-aprendizagem humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. *Atas...* Campinas, 2011. Disponível em: <[http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/viii/enpec/resumos/R1166-1.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R1166-1.pdf)>. Último acesso em 16 ago. 2019.

SARAIVA, M. F.; AMADOR, C. B.; KEMPER E.; GOULART, P.; MULLER, A. As fases da Lua numa caixa de papelão. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 4, p. 9–26, 2007.

STAHLY, L. L.; KROCKOVER, G. H.; SHEPARDSON, D. P. Third grade students' ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 2, p. 159–177, 1999.

STARAKIS, J.; HALKIA, K. Primary School Students' Ideas Concerning the Apparent Movement of the Moon. *Astronomy Education Review*, v. 9, n. 1, p. 010109–1, 2010.

TRUNDLE, K.; ATWOOD, R. K.; CHRISTOPHER, J. E.; SACKES, M. The Effect of Guided Inquiry-Based Instruction on Middle School Students' Understanding of Lunar Concepts. *Research in Science Education*, v. 40, n. 3, p. 451–478, 2010.

VYGOTSKY, L. *The Collected Works of L. S. Vygotsky*. Volume 1: Problems of general psychology. New York: Plenum Press, 1987.

VYGOTSKY, L. Развитие житейских и научных понятий в школьном возрасте [Development of everyday and scientific concepts in school age children]. *Психологическая наука и образование* [Psychological Science and Education], v. 1, p. 5–19, 1996.

VYGOTSKY, L. *The Collected Works of L. S. Vygotsky*. Volume 5: Child psychology. New York: Plenum Press, 1998.

## **SOBRE OS AUTORES**

**LEONARDO LAGO.** Doutorando em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de Cambridge. Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências (PIEC) e mestre em Astrofísica pelos Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Bacharel e licenciado em Física pelo Instituto de Física (IF) da Universidade de São Paulo (USP).

**JOSÉ LUÍS ORTEGA.** Doutorando em Ensino de Ciências e mestre em Ensino de Ciências pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências (PIEC) da Universidade de São Paulo (USP). Licenciado em Física pelo Instituto de Física (IF) e bacharel em Ciências Sociais pela

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP).

**CRISTIANO MATTOS.** Doutor em Física pelo Instituto de Física (IF) e Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências (PIEC) da Universidade de São Paulo (USP). Professor Doutor II, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo e bolsista CNPq de produtividade 1d. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade ([dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1186580527907090](http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1186580527907090))

Recebido: 12 de novembro de 2018.

Revisado: 28 de junho de 2019.

Aceito: 25 de julho de 2019.