

QUAL A FORMA DA LUA? UMA EXPERIÊNCIA DO USO DO ENSINO POR MODELAGEM NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

What is the shape of the Moon? An experience of using modeling teaching in the pre-service teacher training

Paulo Victor Santos Souza [paulo.victor@ifrj.edu.br]

Aline Tiara Mota [aline.mota@ifrj.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus CVOR
Rua Antônio Barreiros 212, Volta Redonda-RJ*

Eduardo Seperuelo Duarte [eduardo.duarte@ifrj.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus CNIL
Rua Lúcio Tavares 1045, Nilópolis-RJ*

José Maria Oliva Martinez [josemaria.oliva@uca.es]

Universidad de Cádiz

*Facultad de Ciencias de la Educación Apartado 34 Avd. República Saharaui s/n 11519
Puerto Real, Cádiz – España*

Recebido em: 05/08/2023

Aceito em: 16/11/2023

Resumo

Neste trabalho relatamos os resultados de uma experiência na formação inicial de professores de física. A atividade foi desenvolvida ao longo de dez aulas de cinquenta minutos na disciplina de Introdução à Astronomia com alunos do 8º período da licenciatura em física de uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) e está centrada no formato dos corpos celestes. A metodologia didática utilizada é o ensino por modelagem. O objetivo principal do roteiro formativo é estimular o desenvolvimento de uma competência de ampla aplicação para professores de ciências – a argumentação. No ínterim do roteiro formativo os alunos analisam os fundamentos em que se embasam teorias antagônicas para a forma dos planetas realizando experimentos de modelagem física das fases da Lua. Os materiais produzidos por eles ao longo e ao final da sequência são analisados a partir da teoria da análise de discurso de Bardin. Eles indicam que atividades desta natureza podem de fato contribuir para a formação inicial docente e estimular a construção de uma visão mais realística acerca do fazer científico, seus potenciais e limites.

Palavras-chave: Astronomia; Ensino por modelagem; Argumentação.

Abstract

In this work we report the results of an experience in the initial training of physics teachers. The activity was developed over nine classes in the subject Introduction to Astronomy with students of the 8th period of the degree in physics from an institution of the Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education (RFEPCT) and is centered on the shape of celestial bodies. The teaching methodology used is teaching by modeling. The main objective of the training guide is to stimulate the development of a competence of wide application for science teachers – argumentation. In the meantime of the training script, students analyze the fundamentals on which antagonistic theories for the shape of planets are based, carrying out experiments of physical modeling of the phases of the Moon. The materials produced by them throughout and at the end of the sequence are analyzed based on Bardin's theory of discourse analysis. They indicate that activities of this nature can actually contribute to initial teacher training and encourage the construction of a more realistic view of scientific work, its potentials and limits.

Keywords: Astronomy; Teaching by modeling; Argumentation.

Introdução

Viver na época da pós-verdade, das fake news e das correlações espúrias tem se mostrado um desafio significativo para o cidadão comum. A disseminação de informações enganosas e a manipulação da realidade têm impactado diretamente a forma como percebemos o mundo e tomamos decisões. Em primeiro lugar, a pós-verdade trouxe consigo uma erosão da confiança nas instituições e nos meios de comunicação tradicionais. Com a facilidade de disseminação de informações na era digital, muitas vezes é difícil discernir entre o que é verdadeiro e o que é falso, gerando desinformação e confusão (SANTOS; LANZARA; VIEIRA, 2022).

As fake news têm o poder de influenciar a opinião pública e moldar as narrativas sociais. Com a propagação rápida e viral dessas notícias falsas através das redes sociais e outras plataformas online, é comum que informações não verificadas sejam compartilhadas e aceitas como verdade. Isso pode levar a uma polarização ainda maior da sociedade e à criação de bolhas informativas, onde as pessoas só têm acesso a informações que confirmam suas crenças pré-existentes (VICARIO et al., 2019). É, portanto, essencial que os cidadãos desenvolvam habilidades de pensamento crítico e sejam capazes de discernir fontes confiáveis de informação, o que é possível mediante uma formação científica de qualidade no ensino básico. A educação científica proporciona as ferramentas necessárias para questionar, investigar e compreender os processos que regem o mundo ao nosso redor (DOS SANTOS ABREU; TELLES; DE CASTRO ARRUDA, 2021).

O pensamento crítico é dependente de fatores cognitivos, atitudinais e afetivos, e desempenha um papel fundamental em nossa sociedade e no âmbito educacional, abrangendo competências essenciais para a vida pessoal, social e laboral (MANASSERO e VÁZQUEZ, 2020). Sua promoção é uma tarefa complexa e exige dedicação e tempo; um aspecto para o qual a educação superior muitas vezes oferece escassas oportunidades (ARCHILA, 2022).

A educação científica capacita os cidadãos a avaliar e analisar as fontes de informação, identificando evidências científicas válidas e descartando informações infundadas. Ela oferece um conjunto de metodologias e princípios que podem ser aplicados em diferentes áreas do conhecimento, permitindo uma abordagem crítica e fundamentada. Compreender a natureza da ciência e seus métodos ajuda a distinguir entre opiniões pessoais e fatos cientificamente comprovados, evitando a propagação de informações falsas e crenças infundadas (DIAS et al., 2015; SOUZA FILHO; AGUIAR LAGE, 2021).

Neste trabalho, estreitamos nossa atenção a um elemento mais específico associado à educação científica. A argumentação é uma competência intrinsecamente ligada à educação científica e desempenha um papel fundamental na capacidade do cidadão de avaliar informações em uma época caracterizada pela proliferação de fake news. Através da argumentação, os indivíduos podem analisar criticamente os argumentos apresentados e avaliar sua validade com base em evidências científicas.

A partir do até então discutido, apresentamos neste trabalho os resultados de uma experiência na formação inicial de professores de física cujo objetivo fora fomentar o desenvolvimento da capacidade de argumentar cientificamente. Para tanto, foi preparada uma sequência didática baseada na teoria dos campos conceituais de Vergnaud e que se utiliza do

ensino por modelagem. A sequência foi aplicada ao longo de dez aulas na disciplina de introdução à astronomia com alunos do 8º período da licenciatura em física de uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) e está centrada no formato dos corpos celestes. Durante a atividade formativa os alunos analisaram os fundamentos em que se embasam teorias antagônicas para a forma dos planetas realizando experimentos de modelagem física das fases da Lua. Os materiais produzidos por eles ao longo e ao final da sequência foram analisados por meio da teoria da análise de discurso de Bardin. Eles indicam que atividades desta natureza podem de fato contribuir para a formação inicial docente e estimular o desenvolvimento da argumentação.

Marco teórico

A argumentação

Argumentação é o processo de apresentar e sustentar um ponto de vista por meio de raciocínio lógico, evidências e habilidades de comunicação. Envolve a construção de argumentos coerentes e fundamentados para persuadir, convencer ou refutar posições contrárias. A importância da argumentação na atuação dos professores de ciências da educação básica é significativa e abrangente, perpassando diversos aspectos do processo de ensino-aprendizagem, como o desenvolvimento do pensamento crítico (GUIMARÃES; MASSONI, 2020), o estímulo à participação ativa dos alunos nas aulas (SASSERON; CARVALHO, 2011) e a desconstrução de conceitos pseudocientíficos e desinformação (LAZER et al., 2018). Com efeito, a argumentação na educação científica envolve a habilidade de apresentar raciocínios lógicos e coerentes, embasados em evidências empíricas e teóricas. Dessa forma, os indivíduos são incentivados a formular hipóteses, analisar dados, identificar padrões e propor explicações embasadas na ciência. Essa capacidade argumentativa permite que o cidadão questione informações duvidosas e reconheça as limitações das fontes não confiáveis (CARVALHO; SASSERON, 2013).

Ao construir e avaliar argumentos, frequentemente se utiliza do padrão de Toulmin como paradigma. (TOULMIN, 2006). A estrutura de Toulmin é uma ferramenta valiosa no contexto da argumentação científica. Desenvolvida pelo filósofo britânico Stephen Toulmin, essa estrutura fornece um modelo sólido para construir e avaliar argumentos de forma lógica e convincente. Ela é composta por seis componentes principais: a afirmação, os dados ou evidências, o suporte, a qualificação, a refutação e a ressalva. A afirmação estabelece a proposição principal que se deseja sustentar, enquanto os dados fornecem a evidência empírica que respalda essa afirmação. O suporte inclui as razões ou fundamentos que corroboram os dados, e a qualificação esclarece as condições nas quais a afirmação é válida.

A relação entre a estrutura de Toulmin e a argumentação científica reside na sua capacidade de promover o pensamento crítico e a comunicação efetiva no campo científico. Essa estrutura fornece uma orientação clara para organizar e apresentar argumentos de maneira convincente, permitindo que os cientistas fundamentam suas afirmações com evidências sólidas e fundamentos lógicos. Ao identificar e abordar as refutações e ressalvas, os cientistas podem fortalecer seus argumentos ao antecipar e responder às objeções potenciais (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2015). Além disso, a estrutura de Toulmin incentiva a transparência e a clareza ao exigir que os cientistas explicitem os elementos-chave de seu argumento. Em última análise, essa estrutura contribui para a qualidade e robustez da argumentação científica, fornecendo um modelo analítico e estruturado que promove a coerência e a eficácia na comunicação científica (TEIXEIRA et al., 2015).

Tendo em vista sua importância na formação do cidadão, tem-se discutido recentemente o papel da argumentação na formação de professores (ARCHILA, 2012). Professores que possuem a competência argumentativa em sua formação também são capazes de criar um ambiente propício para a prática e o aprimoramento da habilidade. Eles podem promover debates, discussões e atividades de escrita que envolvam a construção de argumentos. Além disso, podem oferecer feedback construtivo aos alunos, ajudando-os a aperfeiçoar suas habilidades de argumentação ao longo do tempo (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; BARRELO JÚNIOR, 2010).

O ensino por modelagem

O ensino por modelagem é uma abordagem didático-pedagógica que busca promover o aprendizado significativo por meio da construção, utilização e revisão crítica de modelos. Fundamentalmente, modelos são representações simplificadas da realidade observada, mediadores entre o mundo e as teorias (MORRISON; MORGAN, 1999). Os modelos são, portanto, imprescindíveis tanto para a ciência como para seu ensino (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; OLIVA, 2019).

Segundo Gilbert (2004), modelos podem exercer diversos papéis na elaboração do conhecimento científico e no seu ensino. Por exemplo, os modelos podem ser mentais, uma representação privada e pessoal formadas por um indivíduo sozinho ou em grupo. Quando um modelo mental se torna público e sua aceitação passa a ser compartilhada por um grupo de indivíduos, este modelo passa a ser qualificado como modelo de consenso. Se este grupo é de cientistas, o modelo de consenso se converte em um modelo científico. Um modelo científico superado pode ser chamado de modelo histórico, como o modelo do átomo de Bohr. Modelos científicos e históricos podem ser adaptados e simplificados para propósitos de ensino. A representação do átomo como um tipo de sistema solar é um exemplo. No âmbito do ensino, é possível inclusive que o professor mescle características de diferentes modelos históricos com objetivos puramente didáticos. Estes modelos, chamados híbridos, embora possam constituir-se em uma ferramenta de ensino poderosa, em geral, representa uma agressão contra a história da ciência justamente porque nunca existiram (JUSTI; GILBERT, 1999).

No ensino de ciências, física e astronomia, o ensino por modelagem pode ser uma abordagem didática eficaz para envolver os alunos ativamente na construção do conhecimento científico. No ensino de ciências, a modelagem pode ser aplicada para explorar diferentes conceitos científicos, tais como a estrutura da matéria, o ciclo da água, a cadeia alimentar, entre outros. Os alunos podem ser desafiados a construir modelos que representem esses fenômenos, levando em consideração as interações entre os elementos envolvidos. Por exemplo, na compreensão do ciclo da água, os alunos podem construir um modelo que represente as diferentes fases (evaporação, condensação, precipitação) e as relações entre elas (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2006). Atividades de modelagem podem igualmente ser úteis no ensino de física, uma vez que envolve fenômenos e conceitos abstratos. Os alunos podem construir modelos físicos, diagramas ou representações gráficas para entender e prever o comportamento de sistemas físicos.

De modo resumido, podemos afirmar que o ensino por modelagem promove a participação ativa dos alunos, estimulando o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas. Os alunos são incentivados a formular hipóteses, testar ideias, coletar dados e analisar resultados, de forma a construir seu próprio entendimento dos fenômenos estudados. Além disso, a modelagem ajuda a desenvolver habilidades científicas, como observação,

análise de dados, comunicação e pensamento sistêmico (BRANDÃO; ARAUJO; VEIT, 2011; HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2017).

A relação entre a modelagem e a argumentação

A modelagem e a argumentação desempenham papéis complementares e interconectados no aprendizado de ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; PUIG, 2010). Ambas as abordagens são cruciais para promover o pensamento crítico, a compreensão conceitual e o desenvolvimento das habilidades científicas dos alunos (MENDONÇA; JUSTI, 2013). A relação entre modelagem e argumentação pode ser examinada de diferentes perspectivas. Por exemplo, a construção de modelos e argumentação. A construção de modelos científicos envolve a representação simplificada e abstrata de fenômenos ou sistemas. Durante esse processo, os alunos fazem escolhas e tomam decisões sobre como estruturar e organizar suas representações. A argumentação desempenha um papel importante nessa fase, à medida que os alunos justificam suas escolhas, apresentam evidências para apoiar suas afirmações e explicam as relações entre os componentes do modelo. A argumentação auxilia na clarificação das ideias e na comunicação efetiva dos modelos construídos (PASSMORE; SVOBODA, 2012).

Além disso, esta relação pode ser visualizada na validação e refinamento de modelos: Após a construção inicial dos modelos, é essencial validar e refinar as representações científicas. Nesse processo, os alunos confrontam seus modelos com evidências, realizam experimentos, coletam dados e analisam resultados. A argumentação desempenha um papel central na discussão e interpretação dos dados, na avaliação da consistência dos modelos em relação às evidências e na identificação de eventuais limitações ou inconsistências. Através da argumentação, os alunos podem revisar e aprimorar seus modelos para torná-los mais consistentes e precisos (BOETTCHER; MEISERT, 2011). Finalmente, o uso de modelos e a argumentação se entrelaçam no processo de explicação e previsão. Através da argumentação, os alunos são incentivados a pensar criticamente, considerar diferentes perspectivas e defender suas ideias com base em evidências científicas (SCHWARZ et al., 2009).

Metodologia de análise dos resultados

As atividades foram aplicadas em uma turma da disciplina Introdução à Astronomia, do oitavo período de um curso de Licenciatura em Física. Os estudantes vivenciavam o período de ensino remoto, em decorrência da pandemia do Covid-19 e a turma era composta por 6 alunos que já haviam cursado disciplinas de física geral e já haviam cumprido mais de 50% do curso de Licenciatura em Física. Uma descrição mais detalhada da sequência de atividades realizada pelos estudantes pode ser acessada pelo link https://docs.google.com/document/d/1ppJupSYksOygf8tC38R_bJSmkJ7GMqj7Dd5V6LbSpq8/edit?usp=sharing. Utilizou-se a análise de conteúdo de Bardin (BARDIN, 1977), para verificar as falas e produções dos investigados com objetivo de perceber padrões argumentativos e como estes evoluem ao longo do tempo em uma sequência de atividades. As etapas realizadas no processo de análise foram: (1) exploração do material; (2) leitura flutuante dos dados; (3) constituição do corpus; (4) codificação e (5) categorização.

Na exploração do material foi identificado e organizado o conjunto de dados disponíveis. Os dados analisados foram obtidos através das gravações das aulas e atividades escritas realizadas pelos estudantes na plataforma Google Classroom, pelas anotações do diário de bordo da professora, pelos comentários feitos nas páginas do Padlet criados para postagem das fotos. Nesta etapa são levantados os dados relevantes ao que se propõe analisar.

A leitura flutuante proporcionou a compreensão da natureza das falas, funcionando como uma primeira interpretação da mensagem que os investigados tentaram transmitir. Ela foi realizada na sequência em que foi aplicada, com poucas digressões. Nessa etapa já foi possível identificar que os alunos defendem as teorias científicas e desprezam as pseudocientíficas não porque as científicas apresentam melhores evidências, mas sim porque aprenderam que essa explicação era a correta, ou seja, por imposição. As hipóteses a serem analisadas foram organizadas da seguinte forma:

Hipótese 1: os estudantes compreendem as teorias científicas e as descrevem corretamente, afirmando que considerar que a Terra é plana é um grave erro, mas parecem fazer isso sem um julgamento mais crítico sobre os resultados.

Hipótese 2: por estarem em um curso de licenciatura em física, influenciados pelo contexto social ao qual pertencem, os estudantes aprenderam que correto é considerar um modelo de Terra esférica, mas não sabem quais evidências sustentam essa afirmação.

Na próxima etapa da análise, a constituição de corpus, foi possível perceber como as respostas foram se modificando ao longo da aplicação da proposta. O que se procurou identificar nesse momento foi se os alunos apresentaram as evidências por imposição ou por argumentos. Essa etapa foi feita com base na exaustividade, homogeneidade, pertinência e representatividade dos dados.

Já na etapa de codificação, optou-se por fazer um recorte do conjunto de dados a partir da definição de unidades de registro, no que se refere a identificar os objetos ou referentes. Portanto, o que se buscou no conteúdo produzido pelos estudantes foram as informações contidas nas seguintes unidades de registro: lidar com evidências, elaborar argumentos, elaborar teorias alternativas, contra – argumentar e refutar.

A última etapa da análise de conteúdo consistiu na categorização dos dados a partir do processo semântico, ou seja, a partir das unidades de registro definidas a priori, buscou-se identificar nas falas (gravações das aulas), diário de bordo da professora e nas atividades escritas no Classroom, palavras, expressões ou termos que reportaram sentido argumentativo ao que se queria expressar.

Resultados e discussão

A partir do processo descrito na seção anterior, foi possível identificar *a posteriori* três estágios do processo argumentativo dos 6 estudantes participantes da pesquisa, os quais iremos chamar de E1 a E6. Essas etapas foram nomeadas como argumentação inicial, argumentação em processo e argumentação final e correspondem às categorias de análise dos dados a partir do critério semântico.

A argumentação inicial

Nessa categoria os estudantes apresentaram argumentações muito simples ou fundamentadas em textos encontrados em livros ou em páginas da internet que discutem o assunto. Quando confrontados com questionamentos sobre o que a maioria das pessoas entendem ou conseguem ver ao seu redor, eles não conseguiram sustentar suas afirmações ou não conseguiram estabelecer uma explicação convincente. Para exemplificar, na sequência expõe-se um trecho da resposta de E6 no Mural sobre a seguinte pergunta: no que consistem as teorias da Terra plana e da Terra esférica? Quais são as evidências usadas para sustentar cada uma das teorias?

Na teoria da Terra Plana, dizem que a Terra é um círculo, uma circunferência, mas ela não é uma esfera; por isso ela tem uma borda. Além disso, nessa teoria, a Terra não é um planeta, assim como não existe o sistema solar. Na teoria da Terra esférica, há evidências que a Terra é um planeta e não é o único planeta no sistema solar, além dela ser esférica; comprovadas através de estudos feitos há séculos. A teoria da Terra Plana é baseada no criacionismo, para eles a Terra é um reino, além do senso empírico, pois não há nada que consiga refutar que a Terra é Plana. Já na teoria da Terra Esférica, o primeiro a estimar que a Terra é esférica foi Aristóteles, em aproximadamente 350 a.C, através da observação das constelações em diferentes latitudes, depois Eratóstenes mediu a curvatura da terra e por fim, em 2017 os alunos da Universidade de Leicester amarraram algumas câmeras em um balão meteorológico e conseguiram registrar a forma esférica da Terra (E6).

Ainda no fórum, E5 e E6 são confrontados com a seguinte pergunta da professora (P):

E6 e E5, vocês escreveram em suas respostas que não há comprovação científica e nem experimentos que comprovem a exatidão da "Terra plana". Mas para uma pessoa que olha para o céu e olha também ao seu redor, o que é mais fácil aceitar? Como os "estudos feitos há séculos" poderiam ajudar a elucidar essa dúvida? (P)

A resposta a esse questionamento foi discutida no encontro síncrono após a participação da atividade no Mural. Os estudantes, de uma forma geral, defenderam que vários experimentos foram realizados para comprovar que a Terra é esférica. O experimento mais citado foi o de Eratóstenes que estimou o raio da Terra a partir da sombra produzida ao meio-dia em cidades localizadas em latitudes diferentes. Pode-se dizer que nesta etapa, os estudantes não estão lidando com evidências, mas sim reproduzindo o conhecimento contido em livros, sem de fato ter que lidar com as evidências, mas apenas compreendê-las. Eles não estão elaborando argumentos ou teorias, mas descrevendo aqueles já existentes. De fato, esse conhecimento é importante, mas pouco contribui para o desenvolvimento da habilidade argumentativa científica na formação inicial do professor de física.

A argumentação em processo

A argumentação em processo é uma categoria que descreve como os estudantes estão construindo uma nova ideia, já que foram confrontados com situações inesperadas, as quais não estavam preparados para lidar. A partir do problema proposto, isto é, a construção do modelo, novas situações se apresentaram e eles tiveram que elaborar novos argumentos a fim de explicar o que estavam visualizando.

Após a proposição da atividade de modelagem, na qual deveriam encontrar uma maneira de simular o sistema Terra-Lua-Sol, os estudantes encontraram algumas dificuldades. Quatro dos seis alunos tentaram desenvolver um sistema do tipo heliocêntrico, colocando a lanterna (Sol) no centro e movendo a Lua (isopor) e a Terra (celular). A dificuldade era encontrar uma posição adequada do sistema para obter a melhor imagem do terminador. Os outros dois estudantes também começaram a atividade tentando produzir as imagens com um sistema heliocêntrico, porém perceberam que mantendo fixos o celular (Terra) e a Lua (isopor), seria mais fácil obter as imagens, ou seja, montaram o experimento a partir de um sistema do tipo geocêntrico.

O ponto alto da discussão no encontro síncrono seguinte foi se essa mudança de referencial seria válida. Nota-se aqui a necessidade de elaborar argumentos e contra-argumentar. Em princípio os alunos que utilizaram o modelo heliocêntrico usaram o argumento que o modelo construído deveria ser uma reprodução fiel do sistema cientificamente correto. Os estudantes que optaram pelo sistema geocêntrico concordaram e precisaram se questionar se o método usado por eles estava ou não correto. A professora também colocou um questionamento que direcionou o debate: os modelos são representações fiéis da realidade ou eles possuem limitações? O que seria importante considerar no caso estudado para que o método geocêntrico para a obtenção da linha terminadora fosse aceito?

Os estudantes então perceberam que as duas representações podem ser consideradas, pois tudo dependerá do ponto de vista do observador. O importante é tentar reproduzir o que se vê da Terra e simular como seriam as imagens caso o formato do objeto não fosse esférico, mas sim, plano.

Outro ponto de destaque foi a tentativa do estudante E4 de forjar o resultado para comprovar sua hipótese inicial. Ele tentou de todas as formas reproduzir uma linha terminadora na superfície plana. Para isso, resolveu pintar a metade da superfície plana de isopor e assim produzir um resultado. Além disso, outra tática utilizada por E4 foi afastar a lanterna do disco, pois assim os feixes luminosos produziram uma curvatura (advinda da própria lanterna) na superfície plana.

Esse dado é muito interessante, pois possibilitou a discussão no encontro síncrono seguinte sobre o objetivo de um experimento científico, as dimensões e limitações dos equipamentos utilizados no modelo e a produção de evidências forjadas. Sobre o fato de pintar a superfície e afastar a lanterna, os outros estudantes concordaram que representa uma tentativa de produzir um resultado já esperado, o que contraria a ideia de experimento científico para testar a hipótese. Quanto à limitação do equipamento, a professora explicou aos estudantes que a Lua é cerca de 400 vezes menor que o Sol, então o diâmetro da lanterna comparada ao diâmetro da esfera e da superfície plana poderia influenciar nos resultados e os estudantes teriam que garantir que os feixes da lanterna (raios solares) chegassem praticamente paralelos às superfícies e as iluminasse totalmente.

A argumentação final

A categoria argumentação final apresenta o resultado obtido na atividade, mas que é de certa forma provisório dentro de todo processo de aquisição de competências argumentativas que um futuro professor de física deve ter. Ela mostra como uma atividade elaborada a partir da metodologia de modelagem pode contribuir para o desenvolvimento do processo de argumentação pelos estudantes.

Ao final da atividade os estudantes produziram uma síntese dos resultados obtidos com o experimento de modelagem. Eles responderam 4 perguntas: (1) Após os experimentos realizados, em qual dos dois objetos (esfera ou disco) conseguiu-se reproduzir as fases da Lua com suas respectivas linhas terminadoras? Explique com o máximo de detalhes; (2) Quais as limitações do modelo criado? (3) É possível extrapolar essas inferências para outros corpos celestes? (4) As evidências encontradas reforçam a Teoria da Terra plana ou esférica?

Sobre a questão (1), os alunos E1, E3 e E4 produziram as seguintes respostas:

No objeto esférico consegui reproduzir as fases da lua com suas linhas terminadoras, embora eu tenha sentido a pouco de dificuldade em

escurecer o ambiente. Mas ao deixar o observador parado e mover o sol (que seria a lanterna) consegui chegar ao resultado de que as fases da lua com suas linhas terminadoras eram reproduzidas na esfera de isopor. No disco de isopor a linha terminadora é plana, não formando as fases da lua com clareza (E1).

Na esfera, pois conforme observamos a incidência da luz que o Sol projeta e é refletido pela Lua, conseguimos ver suas fases conforme orbita em torno da Terra, ou seja, posição relativa entre a Lua, Terra e Sol. Com isso ao analisar o objeto esférico e conforme mudamos o ângulo de visão ou incidência da luz conseguimos obter as fases da Lua e o terminador de maneira mais visível, além de semelhante. Diferente de quando vemos no disco que nós demonstramos quantidades de fases limitadas, além da questão da rotação do disco em relação a Terra e o Sol (E3).

Foi realizado duas versões do experimento, em que uma somente a lanterna se movia em torno do observador e da lua, numa segunda versão o observador era quem se movia em torno da lanterna e da lua. Em ambas as versões, somente com a lua esférica foi possível enxergar as fases da lua que observamos aqui na Terra. Isto mostra, que o modelo esférico é o que mais se aproxima da realidade. O que acontece no modelo plano, é que quando o observador está passando pela sua frente, não há mudança de fase em ambas as versões do experimento. A lua plana assim, só teria duas fases, cheia, quando o observador ou o sol/lanterna está de frente ou lua nova, quando o observador ou sol/lanterna está atrás da lua. A lua esférica não, ao andar tanto com o observador quando com a lanterna podemos ver claramente a linha terminadora, que não estava presente na lua plana, e ela muda sua posição fazendo as fases da lua, tanto para o observador parado quando para ele em movimento. Isto também mostra que tanto heliocentrismo quanto geocentrismo pode ser de certa forma usados para explicar os movimentos de astros (E4).

Os trechos sublinhados nos mostram como os estudantes construíram argumentos mais sólidos para explicar por que as evidências sobre o formato esférico da Terra são mais convincentes. E não se trata de um convencimento falso, mas sim um dado obtido por comparações reais, tomadas as suas limitações, sempre relativizando e não afirmando com toda certeza sobre os resultados. Ou seja, a atividade contribuiu para que os estudantes percebessem a necessidade de construir uma crítica fundamentada no que se observa. Além disso, o que se observa pode estar sendo influenciado pelas condições de observação e pelos instrumentos utilizados.

Na questão (2), sobre as limitações do modelo criado, os estudantes E1, E3 e E5 comentaram o seguinte:

Neste experimento não consegui escurecer muito o local ao ponto da luz da lanterna não refletir, outra limitação é a intensidade da luz aplicada no experimento, que não pode ser mais intensa (ou a lanterna não pode ser muito grande) para não interferir no experimento (E1).

A primeira limitação do modelo é com relação com as dimensões como o da Lua e o Sol, além disso a luminosidade da lanterna que tem um certo limite e não podemos definir a intensidade dela, mas também o ambiente que o modelo está (E3)

A principal limitação do modelo é a escala de todos os envolvidos, tanto o sol, quanto o observador quanto a lua. Sabemos que os astros têm tamanhos muito grandes em comparação uns com os outros, e o nosso modelo não leva em conta essa proporção. A lanterna usada, deveria ser muito maior e estar a uma distância muito maior também do observador e da lua (E5).

Um aspecto relevante observado nas discussões ocorridas nos encontros síncronos e nos registros escritos dos estudantes foi a percepção de uma evolução na compreensão do trabalho científico. É nítida a ideia de que os alunos entenderam que o cientista, frente a um problema ou questão científica, formula hipóteses e tenta construir um modelo (que deve ser mais próximo possível das condições reais) para testar suas hipóteses (ele quer testar e não comprovar que está sempre certo como os pseudocientistas!).

O estudante E2 teve maior dificuldade em entender o que foi proposto e se mostrou desconfortável em não ter uma “resposta pronta”, tendo que construir um modelo. O relato dele ao final das atividades demonstrou que o fato de trabalhar com incertezas e resultados inesperados em sala de aula poderia dificultar o processo de ensino e aprendizagem, pois levaria a uma situação de dúvida generalizada e insegurança dos alunos em relação ao preparo do professor.

De fato, realizar atividades desta natureza em sala de aula requer um domínio do conteúdo e do processo. Ao invés de conceder respostas aos alunos, essas atividades têm como objetivo gerar questionamentos. E a imprevisibilidade do que vai acontecer nas aulas requer do professor um domínio muito maior do que apenas dominar todo conteúdo.

Conclusões

A análise do conteúdo dos registros escritos, das falas dos estudantes nos encontros síncronos e as anotações no diário de bordo da professora forneceu indícios de um estímulo do desenvolvimento de competências argumentativas como lidar com evidências, elaborar argumentos, elaborar teorias alternativas, contra-argumentar e refutar.

O processo de modelagem foi um fator que agregou valor na formação inicial dos estudantes de um curso de formação de professores de física, pois a maneira como eles evoluíram em seu repertório de esquemas foi notório. O ato de construir modelos científicos envolve a representação simplificada e abstrata de fenômenos ou sistemas. Ao tentar reproduzir essa prática em sala de aula, os alunos também fazem escolhas e tomam decisões sobre como estruturar e organizar suas representações.

No que tange o processo de formação de professores, as atividades trouxeram uma experiência riquíssima aos licenciandos. As consequências certamente terão implicações para a educação básica, pois muitas das práticas que os professores têm em sua tarefa cotidiana de ensinar é reflexo da forma como aprenderam em sua formação inicial. Ao mesmo tempo, os resultados desta aplicação forneceram novas pistas de como ela pode ser redesenhada no futuro. Novos elementos foram incorporados e possíveis caminhos foram estabelecidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a MCIN/AEI/10.13039/501100011033 pelo financiamento do projeto PID2022-136353NB-I00 e a Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal do Rio de Janeiro pelo apoio.

Referências

Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(3), 361-375.

Archila, P. A., Molina, J., Danies, G., Truscott de Mejía, A. M., & Restrepo, S. (2022). Using the Controversy over Human Race to Introduce Students to the Identification and the Evaluation of Arguments. *Science & Education*, 1-32.

BARDIN, L. (1977). BARDIN, L.. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.

Barrelo Junior, N. (2010). *Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Boettcher, F., & Meisert, A. (2011). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & education*, 20, 103-140.

Brandão, R. V., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2011). A modelagem científica vista como um campo conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), 507-545.

Helena, L. (2013). Ações e indicadores da construção do argumento em aula de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(2), 169-189.

Dias, R. I. D. S. C., Barreto, J. O. M., Vanni, T., Candido, A. M. S. C., Moraes, L. H., & Gomes, M. A. R. (2015). Estratégias para estimular o uso de evidências científicas na tomada de decisão. *Cadernos Saúde Coletiva*, 23, 316-322.

dos Santos Abreu, R. D. A., Telles, E. F., & de Castro Arruda, Y. (2021). A importância dos periódicos científicos em tempos de fake news. *Revista Fitos*, 15(1).

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.

Duarte, E. S., Mota, A. T., de Carvalho, J. R., Xavier, R. C., & Souza, P. V. S. (2021). The Moon, a disk or a sphere?. *Physics Education*, 56(6), 065006.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education*, 88(6), 915-933.

Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.

- Guimarães, R. R., & Massoni, N. T. (2020). Argumentação e pensamento crítico na educação científica: análise de estudos de casos e problematizações conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa. Vol. 13, n. 2 (maio/ago. 2020) p. 320-344.*
- Jiménez-Alexandre, M. P. & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique, 63*, 11-18.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (1999). History and philosophy of science through models: The case of chemical kinetics. *Science & Education, 8*, 287-307.
- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), 17*, 31-48..
- Lazer, D. M., Baum, M. A., Benkler, Y., Berinsky, A. J., Greenhill, K. M., Menczer, F., ... & Zittrain, J. L. (2018). The science of fake news. *Science, 359*(6380), 1094-1096.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, Á. (2020). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. *Indagatio Didactica, 2020, vol. 12, num. 4, p. 401-419.*
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education, 90*(2), 202-226.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education, 35*(14), 2407-2434.
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. *Ideas in context, 52*, 10-37.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias didácticas, 37*(2), 5-24.
- Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education, 34*(10), 1535-1554.
- Santos, I. M. D. G. F., Lanzara, A. P., & Vieira, S. M. (2022). DEMOCRACIA DO BOATO: a era da pós-verdade e os desafios para a cidadania. *Revista de Políticas Públicas, 26*(1), 115-132.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. D. (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*, 97-114.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654.
- Souza Filho, L. A. D., & Aguiar Lage, D. D. (2021). Entre ‘fake news’ e pós-verdade: as controvérsias sobre vacinas na literatura científica. *Journal of Science Communication, América Latina, 4*(2), V01.

Teixeira, E. S., Freire Junior, O., & Greca Dufranc, I. M. (2015). La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias*. 2015, V. 33, n. 1, p. 205-223.

Toulmin, S. E. (2006). Os usos do argumento. Tradução de Reinaldo Guarany.

Vicario, M. D., Quattrociocchi, W., Scala, A., & Zollo, F. (2019). Polarization and fake news: Early warning of potential misinformation targets. *ACM Transactions on the Web (TWEB)*, 13(2), 1-22.