

SATÉLITES E LIXO ESPACIAL COMO TEMAS GERADORES DE CONTEXTO NUMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE MECÂNICA CELESTE

SATELLITES AND SPACE DEBRIS AS CONTEXT-GENERATING TOPICS IN AN INVESTIGATIVE APPROACH TO TEACHING CELESTIAL MECHANICS CONCEPTS

Venerando Santiago de Oliveira¹, Gustavo de Araújo Rojas²

¹ Universidade de São Paulo / Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas IAG / Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia MPEA, venerando.santiago@usp.br

² Núcleo Interativo de Astronomia e Inovação em Educação – NUCLIO São Domingos de Rana/Portugal, gustavo.rojas@nuclio.org

Resumo: O trabalho aqui apresentado traz seis propostas de sequências didáticas em uma abordagem investigativa, tendo o tema dos satélites e do lixo espacial como elementos geradores de contexto para facilitar a aprendizagem de conceitos de Astronomia, em particular de Mecânica Celeste e potencializar o protagonismo e o engajamento dos estudantes do Ensino Médio. Nossa proposta nasceu da constatação da ausência desses assuntos em materiais didáticos e propostas curriculares voltadas às aulas de Física do Ensino Médio regular. Essa é uma questão multifacetada e importante de nosso tempo e é direito de aprendizagem dos estudantes se apropriar desses conceitos e se inserir de forma competente nessa discussão. Apresentamos inicialmente embasamento teórico para as escolhas dos temas, da abordagem investigativa e da arquitetura física do ambiente de aprendizagem. Descrevemos detalhes gerais das sequências didáticas com relação ao seu conteúdo e formas de aplicação no ambiente escolar. São apresentados resultados de uma primeira aplicação com um grupo de estudantes de uma escola privada com tradição em participação e bons resultados em Olimpíadas de Astronomia, mas com pouca experiência com aulas no formato investigativo aqui proposto. Os resultados apontam fragilidades da proposta, mas também sinalizam pontos fortes que se destacam e merecem continuidade em trabalhos futuros. Trata-se de um recorte de dissertação de mestrado ainda em andamento.

Palavras-chave: satélites; lixo espacial; Astronomia; investigação; letramento

Abstract: The work presented here brings six proposals for teaching sequences for teaching sequences in an investigative approach, with the theme of satellites and space debris as context-generating elements to facilitate the learning of Astronomy concepts, particularly Celestial Mechanics, and to enhance the protagonism and engagement of high school students. Our proposal arose from the observation of the absence of these subjects in teaching materials and curricular proposals aimed at regular high school Physics classes. This is a multifaceted and important issue of our time, and it is the right of students to appropriate these concepts and competently insert themselves in this discussion. We initially present a theoretical basis for the choice of topics, the investigative approach, and the physical architecture of the learning environment. We describe general details of the teaching sequences in relation to their content and forms of application in the school environment. We present the results of an initial application with a group of students from a private school with a tradition of participation and good results in Astronomy Olympiads, but with little experience with classes in the investigative format proposed here. The results point to weaknesses in the proposal, but also signal strengths that stand out and deserve continuation in future work. This is an excerpt from a master's dissertation still in progress.

Keywords: satellites; space debris; astronomy; research; literacy

INTRODUÇÃO

Em 04 de novembro de 2019, a empresa estadunidense Starlink realizou o lançamento do primeiro grupo de satélites iniciando a construção de uma constelação ambiciosa que almeja chegar a mais de 42 mil satélites operando em órbita baixa e provendo internet em escala global. Os satélites liberados em conjunto formavam uma fila de pontos brilhantes que podiam ser vistos em diferentes lugares do planeta, atraindo a atenção de muitas pessoas.

Nesse e em outros eventos de lançamento semelhantes posteriores, não foram raros os relatos de pessoas curiosas, associando os satélites a objetos voadores não identificados, e amedrontadas temendo uma possível invasão alienígena. Uma busca rápida na internet associando as palavras “satélites”, “Starlink” e “OVNI”s” recupera diferentes reportagens com relatos semelhantes.

Muitas pessoas não estão familiarizadas com as tecnologias de satélites artificiais e os efeitos que essas redes de comunicação tem em suas vidas diárias, como a telefonia celular, o funcionamento dos aplicativos de mobilidade urbana que substituem com vantagens os antigos guias de papel, a utilização da internet como meio de comunicação em escala global, e a maior segurança à navegação marítima e aérea entre tantos outros benefícios.

É um contrassenso absoluto que as pessoas se utilizem cotidianamente das tecnologias de informação e comunicação em escala global, habitem um planeta envolto por satélites artificiais e sequer tenham consciência da existência desses artefatos e de como se dá a ocupação do espaço no estabelecimento de novas fronteiras para a humanidade, além das preocupações ambientais envolvidas. Esse desconhecimento exclui automaticamente as pessoas dos debates sobre o assunto e lhes tira qualquer possibilidade de influenciar em menor ou maior escala, direta ou indiretamente os rumos que a ocupação e exploração espacial vão tomando.

O letramento científico se inicia na escola

O conhecimento científico é, por excelência, construído de forma estruturada e robusta nas universidades e centros de pesquisa. Publicações oficiais permitem que boa parte desse conhecimento alcance a sociedade como divulgação científica de qualidade, como exemplo temos as publicações da SBPC (revista Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças) e FAPESP (Revista Fapesp), a Revista Física na Escola (SBF) entre outros bons títulos.

A escola tem um importante papel no estabelecimento de pontes de acesso dos estudantes ao conhecimento científico. A BNCC traz em seu capítulo dedicado à aprendizagem de Ciências da Natureza no Ensino Médio, argumentos fortes a favor da aprendizagem da Ciência por toda e qualquer pessoa:

“Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos submicroscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais. [...] Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.). Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em

especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população.” (BRASIL, 2017)

A escolaridade básica é uma etapa fértil na qual crianças e jovens são intrinsecamente ávidos por conhecer, experimentar, construir coisas e são bastante receptivos ao erro, às correções de rota, aos debates e discussões e à reformulação de suas ideias e conceitos acerca dos diferentes temas do conhecimento e da cultura.

É na formação escolar básica que crianças e jovens tomam os primeiros contatos com o saber (e o fazer) científico estruturado e constroem as bases do seu letramento científico¹.

Nesse contexto, a Astronomia, por suas características próprias transponde as barreiras entre as diferentes disciplinas e apresentando e discutindo fenômenos do céu e do espaço, tem um grande potencial para atrair a atenção dos estudantes, envolvendo-os e motivando-os a construir conhecimento e promover a alfabetização científica (RODRIGUES; BRICCI, 2019).

A Astronomia é dotada de incrível potencial de promoção de uma iniciação científica na educação básica como defendida por Bisch, Barros e Silva:

A Astronomia aborda um tema grandioso e desafiador - o Universo em grande escala - que costuma despertar fascínio e interesse nos estudantes, e cujo estudo envolve a aplicação de conhecimentos de diversas áreas da ciência, tanto das ciências exatas e naturais, como também das ciências humanas, o que faz que tenha forte caráter interdisciplinar. A Astronomia ainda ilustra, de maneira exemplar, como ocorre o avanço da ciência. Por essas diversas razões, trata-se de uma área de conhecimento especialmente talhada para promover uma iniciação à ciência na educação básica. (BISCH, BARROS e SILVA, 2014).

A escolha da abordagem didática de ensino baseado em investigação (IBL)

No ensino das Ciências da Natureza, destacamos a abordagem metodológica da *Aprendizagem Baseada em Investigação* (IBL, na sigla em inglês). Essa abordagem didática potencializa a aprendizagem tanto do saber científico como do fazer científico, favorecendo o protagonismo dos estudantes, o exercício intelectual na construção de hipóteses e na pesquisa e investigação, o trabalho articulado em equipe, a experimentação, a construção de artefatos e modelos explicativos autênticos e autorais, as habilidades de comunicação e expressão como também o aprimoramento de competências socioemocionais em geral, atendendo prontamente ao proposto nos documentos oficiais da BNCC:

“[...] a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BRASIL, 2017)

Uma sequência didática baseada em investigação se estrutura em momentos específicos que contemplam os diferentes aspectos de uma postura investigativa. Em

¹ Usaremos aqui o termo na forma em que é citado explicitamente na BNCC: “letramento científico”. Tal termo aparece associado a dois outros, como “alfabetização científica” e “enculturação científica”. A delimitação e o estabelecimento do escopo desses conceitos é debatido por diferentes autores (SASSERON e CARVALHO; BORGES e DA MATA; BRANCO et al). Essa discussão será mais aprofundada na fundamentação teórica da dissertação.

geral, encontramos como pontos comuns o contato inicial com um problema, o levantamento de hipóteses, a pesquisa e investigação em si, que pode lançar mão da experimentação, a sistematização das informações encontradas na fase de pesquisa, a estruturação do conhecimento construído, a publicação dos resultados encontrados e sua divulgação para seus pares na comunidade escolar e no entorno escolar, envolvendo a família de forma a tornar a sua própria aprendizagem visível.

Encontramos sustentação e ressonância dessa nossa proposta com que o afirmam Scarpa, Sasseron e Silva (2017) sobre os efeitos significativos e produtivos do trabalho com ensino baseado e investigação em situações devidamente contextualizadas rumo ao letramento científico:

“Ao investigar uma situação contextualizada, o estudante tem a possibilidade de elaborar uma pergunta científica, planejar um desenho para responder à pergunta, coletar dados, organizá-los e interpretá-los. Nesse processo, produz argumentos científicos ao relacionar variáveis e construir explicações baseadas em evidências. (SCARPA, SASSERON, SILVA, 2017).”

AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS

Foram construídas seis sequências didáticas investigativas contemplando os principais tópicos comumente trabalhados nos cursos de Gravitação no Ensino Médio. O quadro a seguir apresenta uma visão sintética das atividades, destacando os conceitos-chave de cada uma delas.

Quadro 01: As sequências didáticas investigativas (SDI) e seus conteúdos

SDI	título	Conceitos-chave
#01	Descobrindo o lixo espacial	Satélites artificiais
#02	Gravidade, quedas e órbitas	Força gravitacional
#03	Velocidade orbital e tipos de órbitas	Velocidade orbital e órbitas
#04	Estudando o campo gravitacional	Campo gravitacional terrestre
#05	Satélites e observações astronômicas	Espaço como ambiente; lixo espacial
#06	Explorando as Leis de Kepler	Órbitas fechadas no Sistema Solar

METODOLOGIA

A proposta de nossa pesquisa foi aplicada com um grupo de estudantes dos três anos do ensino médio de um colégio privado da zona sul da cidade de São Paulo, com predomínio dos alunos do 2º ano. Os encontros foram semanais, com duração de 100 minutos, sempre no contraturno (período da tarde) em uma espécie de disciplina eletiva. Como a disciplina não era parte integrante da grade curricular, a participação sempre foi voluntária e sem a incidência de obrigatoriedade da frequência e tampouco a realização de avaliações formais com atribuição de notas ou conceitos avaliativos oficiais. Os estudantes responderam a dois questionários eletrônicos sendo um no início do projeto e outro ao final com 16 perguntas sobre conceitos básicos em Astronomia.

Por fim, foi solicitado aos estudantes que respondessem ao questionário eletrônico de verificação de sua percepção com relação à experiência de participação

nas atividades. Esse questionário é composto de 19 perguntas cuja finalidade foi colher as impressões dos estudantes com relação ao material que lhes foi oferecido, à dinâmica das atividades, à experiência investigativa, à forma não convencional (para eles) de organização do espaço de aprendizagem e às interações diferentes que puderem travar com os colegas, bem como à autoavaliação de cada estudante no decorrer do processo. Apresentamos, a seguir, alguns dos principais resultados encontrados que nos levaram a discussões e conclusões importantes sobre a nossa proposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas ao questionário inicial revelaram que o grupo de estudantes já possuía uma boa base de conhecimentos prévios. De um total de 29 pontos possíveis, a média do conjunto de respostas dos estudantes ficou em **24,2** pontos. O gráfico a seguir mostra a pontuação total de cada estudante ao responder esse questionário inicial. Em complemento, a avaliação final apresentou média **28,1**.

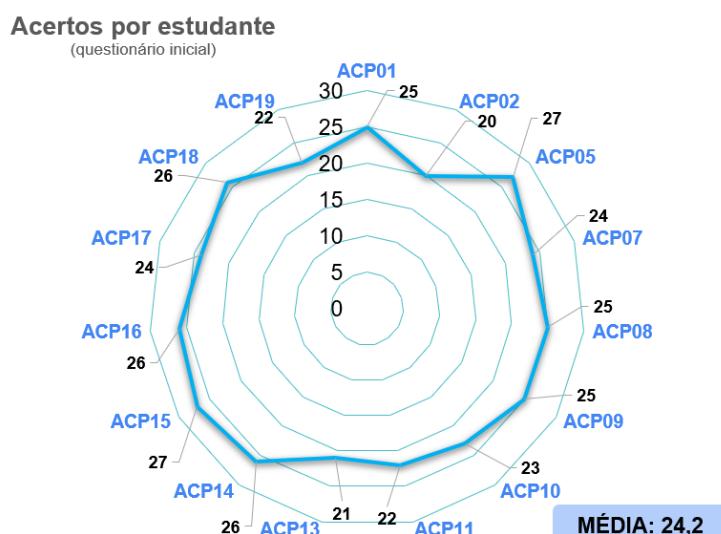


Figura 02: Mapa do total de acertos por estudante no questionário inicial.

Apresentamos também algumas perguntas que se destacaram nessa análise, como por exemplo a pergunta 05 sobre o movimento aparente retrógrado de Marte, visto a partir da Terra. Do grupo inicial, 4 estudantes responderam que Marte realmente voltaria atrás em seu movimento orbital. Ao final, apenas 1 estudante assinalou essa resposta.

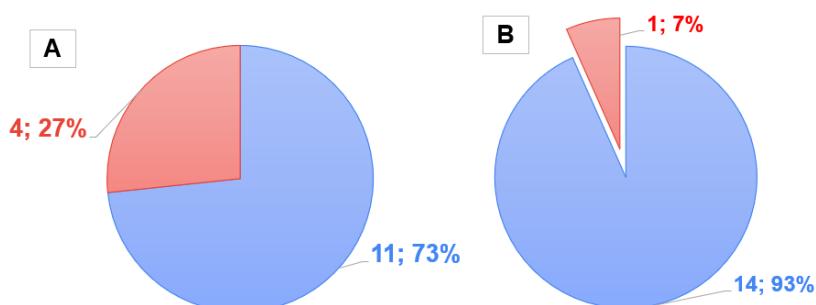


Figura 03: Respostas dos estudantes: A – questionário inicial; B – questionário final

Uma mudança sensível que demonstrou uma boa atualização de conhecimento foi a percepção, por parte dos estudantes, da quantidade de satélites artificiais em órbita da Terra na atualidade. Os resultados mostram uma evolução de 11 acertos para 15 acertos entre 15 estudantes.

A aplicação do questionário final de percepção aos estudantes sobre as atividades e a experiência vivenciada por eles trouxe-nos ricas informações complementares permitindo compreender melhor a visão dos estudantes sobre o processo do qual eles foram sujeitos. A pergunta 15, por exemplo, mostra como o foco de interesse e expectativa dos estudantes estava em locais muito distintos. Enquanto boa parte deles gostou de aprender sobre satélites artificiais e o lixo espacial, outros afirmaram ter aprendido sobre a queda dos corpos ou sobre o processo de medição de massa dos astronautas em órbita. Alguns exemplos de respostas dos estudantes estão no quadro a seguir.

Quadro 02: Exemplos de respostas à pergunta 15

Estudante	Resposta
ACP02	<i>“Nunca havia pesquisado muito sobre satélites, seus tamanhos e quantidades. Isso foi novo para mim e algo positivo para conhecer. Adorei as aulas sobre gravidade e órbitas e achei elas muito interessantes e bem formuladas, mas, por bem ou por mal, já conhecia bastante sobre esse tópico.”</i>
ACP03	<i>“Achei curioso o modo como os astronautas medem suas massas no espaço, onde não há gravidade para se achar o “peso”. Nunca parei para pensar que isso seria possível através de uma mola e uma cadeira.”</i>
ACP04	<i>“...sobre a questão do lixo espacial, simplesmente por não saber sobre quase nada sobre o assunto, que deveria receber mais atenção pelo seu perigo ambiental...”</i>
ACP12	<i>“Gostei muito de entender como uma órbita funcionava e gostei mt da forma em que se chega em tal resposta. Creio que o maior conhecido trazido por tais atividades foi o desenvolvimento de um raciocíio lógico e crítico, que mesmo q seja importante não é muito abordado no ensino escolar.”</i>

Com relação ao formato das aulas investigativas as respostas são curiosas e destoantes entre si. Para alguns significou uma maior liberdade de aprendizagem. Já para outros, houve uma perda de referência, gerando provavelmente uma certa insegurança e alguma frustração. A pergunta 17 procurou avaliar essa percepção. Algumas respostas são mostradas no quadro a seguir.

17. *Fale um pouco da sua experiência nas atividades investigativas que você realizou, comparando-as com as aulas regulares expositivas (em sala de aula).*

Quadro 03: Exemplos de respostas à pergunta 17

Estudante	Resposta
ACP01	<i>“Acho que a maneira que as atividades foram propostas foram mais interessantes do que apenas assistir uma aula, porém também acho que essa proposta de aula não funcionaria com alguém pouco interessado”</i>

ACP05	<i>"Euachei as atividades investigativas mais interessantes do que as aulas regulares."</i>
ACP07	<i>"As atividades eram bem mais dinâmicas do que as aulas regulares, onde tínhamos liberdade para nos expressar, perguntar e conversar sobre com os colegas"</i>
ACP10	<i>"foi bom as pesquisas mas no geral prefiro aula normal"</i>

Notamos também um baixo engajamento dos estudantes na finalização das tarefas de cada atividade. Como sistematização e apresentação dos resultados, eles deveriam produzir algum artefato cuja forma e conteúdo de apresentação eram bastante livres e poderiam envolver conhecimentos de outras disciplinas. A escolha do conteúdo a ser apresentado, bem como os materiais e meios de apresentação eram totalmente livres.

Pouquíssimos trabalhos foram realizados e entregues. A principal justificativa dos estudantes foi o pouco tempo fora do espaço da eletiva para a realização dessa produção devido à grande carga de atividades extras como aulas especiais, itinerários formativos e provas. No entanto, as produções que recebemos foram bastante interessantes, permitindo conhecer um pouco sobre a aprendizagem dos estudantes ao final de determinada atividade.

Por fim, os estudantes também foram convidados a avaliar o curso como um todo, atribuindo uma nota de zero a dez. Os resultados mostram uma percepção de grande valorização do trabalho apresentado ao grupo e do qual eles foram sujeitos atuantes com a atribuição de uma nota média **9,0**.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados e das respostas dos estudantes às atividades e aos questionários propostos nos permitem chegar a algumas conclusões com relação ao material didático apresentado, à escolha dos conteúdos propostos como também à abordagem didática investigativa.

Embora tenha sido apresentado para os estudantes todo o escopo da proposta, alguns deles tinham como expectativa um curso conteudista de preparação específica para as provas da OBA. Isso reforça a necessidade de uma melhor comunicação prévia de alinhamento de expectativas com o grupo de estudantes.

Algumas atividades não foram capazes de atingir o objetivo de promover mudanças conceituais importantes com relação, por exemplo, à queda dos corpos e à imponderabilidade experimentada pelos astronautas apresentando semelhanças à queda livre. Um exame melhor dessas atividades levará a uma reformulação necessária para aplicações futuras. Em uma outra aplicação da proposta, posterior e a esta, uma primeira reformulação já foi aplicada. Os resultados estão em análise.

Com relação à proposta de abordagem investigativa, coletiva e cooperativa entre os estudantes, podemos perceber que a proposta por si só não é capaz de provocar motivação e engajamento, uma vez que alguns estudantes se sentem mais seguros com a abordagem tradicional de aulas expositivas. Oferecer uma diversidade de atividades e formas diferentes de abordagem pode contemplar diferentes perfis e diferentes expectativas dos estudantes.

De forma geral, concluímos que a experiência foi bastante satisfatória para parte do grupo de estudantes que puderam experimentar conteúdos novos, ampliando seu repertório de conhecimento com a atualização sobre os satélites e lixo espacial.

Pudemos perceber também certa evolução no domínio de certos conceitos importantes, em um ambiente de aprendizagem com arquitetura totalmente diferenciada do que estão acostumados, com acesso a ferramentas digitais novas e numa abordagem didática diferenciada onde puderam protagonizar o processo de aprendizagem mostrando-se sensivelmente motivados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BISCH S.M, BARROS M.F, SILVA T.P da. **O Ensino de Astronomia na Escola**. Campinas SP: Editora Átomo; 2014. Capítulo 10, Ensino de Astronomia além da sala de aula; p. 197-215.
- BORGES, M. T. LANGHI, R. **Ensino de Astronomia por investigação: a Terra plana**. VI SNEA, Bauru São Paulo, 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. BNCC Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em: 21 de dezembro de 2023.
- CARVALHO, A. M. P. [et al]. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2020. 150 p.
- CLEMENT, L. CUSTÓDIO, J. F. ALVES FILHO, J. P. **Potencialidades do Ensino por Investigação para promoção da motivação autônoma na Educação Científica**. Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, vol. 8, no.1, p. 101-129, maio/2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122808/324661.pdf?sequence=1>. Acesso e 18 maio 2025.
- CORBACHO, V. S. SANTOS, J. P. **Lixo espacial e os possíveis riscos à exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica**. Dissertação de mestrado. UEFS, Feira de Santana, Bahia. 2023. Disponível em: <http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/1571/2/Dissertacao%20-%20Valeria%20Santos%20Corbacho.pdf>. Acesso em 18 maio 2025.
- LANGUI, R. **Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para a astronomia observacional**. 2^a ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- RODRIGUES, F. M. BRICCIÀ, V. MORAES, C. B. **O ensino por investigação como abordagem didática em temas de Astronomia: possibilidades de uma aprendizagem significativa**. IV SNEA, Goiânia, 2016. Disponível em: <https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/CadernoResumos-IVSNEA.pdf>. Acesso em 18 maio 2025.
- SASSERON, L. H. **Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. I.], v. 18, n. 3, p. 1061–1085, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec20181831061. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- SCARPA, D. L. SASSERON, L. H. SILVA, M. B. **O ensino por Investigação e a Argumentação em aulas de Ciências Naturais**. Tópicos Educacionais, Recife, v. 23, no. 1, pp 7-27, jan/jun 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/view/230486/24551>. Acesso em 29 jul. 2025.