



Ensino de Física: possibilidades e perspectivas associadas aos campos da Astronomia e de temáticas emergentes

Physics Teaching: possibilities and perspectives associated with the fields of Astronomy and emerging themes

MARCELLO FERREIRA¹, OLAVO LEOPOLDINO DA SILVA FILHO¹, MICHEL CORCI BATISTA², ANTONIO MARQUES DOS SANTOS³, MARIA DE FÁTIMA DA SILVA VERDEAUX¹, ROBERTO VINÍCIOS LESSA DO COUTO¹

¹ Instituto de Física, Universidade de Brasília (UnB).

² Departamento de Física, Universidade federal Tecnológica do Paraná (UTFPR).

³ Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

Resumo

Este Editorial aborda possibilidades e perspectivas para o ensino de Física, com ênfase na Astronomia e em temas emergentes. Explora-se o conceito de inovação na educação, com base em pesquisa biográfica, ressaltando a importância do aprendizado significativo por meio de MOOCs (Massive Open Online Courses). Além disso, discute-se a relação entre literatura e conhecimento astronômico, investigando as representações sociais em disciplinas de estágio docente na pós-graduação. Também são analisados impactos da formação continuada em Astronomia para professores do Ensino Fundamental. Propostas didáticas experimentais são apresentadas, incluindo o uso de um levitador sônico para o ensino de ondulatória e a análise de oscilações amortecidas em cilindros de papelão. Também são discutidos experimentos pedagógicos em cinemática, com o uso de simuladores PhET e lançamentos de foguetes de garrafa PET. Por fim, são apresentadas as contribuições teóricas de um experimento pedagógico realizado no âmbito do MNPEF-UFERSA.

Palavras-chave: *Astronomia. Ensino de Física. Inovação Educacional. Temáticas Emergentes. Tecnologias Digitais.*

Abstract

This Editorial discusses possibilities and perspectives for the teaching of Physics, especially in the context of Astronomy and emerging themes. It explores the concept of innovation in education, based on biographical research, highlighting the importance of meaningful learning through MOOCs (Massive Open Online Courses). In addition, it addresses the relationship between literature and astronomical knowledge, investigating social representations in teacher training disciplines in postgraduate studies. Impacts of continuing education in Astronomy for elementary school teachers are also analyzed. Experimental didactic proposals are presented, such as the use of a sonic levitator for teaching wave theory and the analysis of damped oscillations in cardboard cylinders. Pedagogical experiments in kinematics are also discussed using PhET simulators and bottle rocket launches. Finally, the theoretical contributions of a pedagogical experiment carried out within the scope of MNPEF-UFERSA are presented.

Keywords: Astronomy. Teaching Physics. Educational Innovation. Emerging Themes. Digital Technologies.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, conforme Ferreira *et al.* (2023d, 2022a; 2021b), a área de pesquisa em Ensino de Física tem incrementado relevância e se desenvolvido epistemológica, teórica e metodologicamente desde a década de 1970, tendo como marco o surgimento do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), influência dos desdobramentos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP), a constituição de grupos de pesquisa e a formalização de de revistas científicas especializadas. No seu signo, tem a busca pela qualificação do ensino dessa disciplina no Ensino Superior e na Educação Básica. Os autores ainda ressaltam que o campo tem se dedicado a analisar, desenvolver, aplicar e avaliar translacionalmente o campo a partir de um quadro epistemológico e teórico-metodológico próprio e coerente com uma visão interdisciplinar, ativa, imersiva, significativa e com referenciamento social e inclusivo.

De acordo com Ferreira *et al.* (2024, 2023f, 2022d) e Silva Filho e Ferreira (2022), a área apresenta reflexões e formulações teóricas, bem como produções educacionais inovadoras e diversificadas. No campo de suas formulações reflexivas, pode-se citar, sobretudo, trabalhos com foco em metodologias de ensino. Em relação aos referenciais teóricos, Ferreira *et al.* (2023b) e Silva Filho e Ferreira (2018, 2021, 2022) são referências importantes e que têm auxiliado a assentar perspectivas e refutar estigmas próprios de um campo disciplinar em constituição. Já no âmbito das produções educacionais, Ferreira *et al.* (2023c, 2021c, 2020, 2019) têm se destacado, juntamente com Gulis *et al.* (2021), Santos *et al.* (2022b), Silva Filho e Ferreira (2023) e Soares *et al.* (2019), indicando produções educacionais concebidas, desenvolvidas, aplicadas e avaliadas por instrumentos e indicadores que guardam íntima relação com as bases epistemológicas e teóricas que subjazem o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas e das relações de interface translacional com a Educação Básica.

Nesse sentido, o Ensino de Física está em constante transformação em suas diversas áreas, o que inclui as possibilidades oferecidas pela Astronomia e por temas emergentes - subárea, a propósito, que assumem relevância e até mesmo certo protagonismo a partir das versões mais atuais das matrizes curriculares de referência adotadas nos sistemas federal, estaduais e municipais de ensino. Com o avanço das tecnologias digitais da informação e da comunicação e a valorização da experimentação associada às práticas de mediação em Física, novas abordagens pedagógicas têm sido desenvolvidas para tornar o ensino e a aprendizagem mais dinâmicos, críticos, significativos e contextualizados - idealmente, interdisciplinares.

Segundo Santos *et al.* (2022a) e Ferreira *et al.* (2021c, 2022c), as tecnologias digitais têm se mostrado ferramentas eficazes para tornar o ensino de Física mais atrativo e acessível aos estudantes. O uso de simulações computacionais, *softwares* interativos, mundos imersivos, *games*, *applets* e aplicativos móveis possibilita a visualização e a interação (representacional, tátil, auditiva ou manipulativa) de fenômenos físicos complexos que muitas vezes não podem ser observados diretamente em sala de aula. Além disso, permitem a realização de experimentos virtuais, auxiliando a compreensão dos conceitos físicos de maneira concreta e intuitiva. Indiretamente, amplia relações cognitivas de hierarquização, conceitualização, desenvolvimento de campos conceituais, representação e mesmo dispositivos próprios das perspectivas humanistas.

Dessa forma, na linha do que fazem Ferreira *et al.* (2022b, 2022e), é importante destacar a experimentação nos processos de ensino e aprendizagem da Física e ressaltar que a essencialidade de que se constitua como prática constante e integrada ao currículo escolar. Isso não se restringe à realização de experimentos clássicos em laboratório, pautados em roteirização, instrumentação, coleta e análise de dados, mas ao uso consciente, crítico e contextualizado de recursos educacionais diversificados e integrados, tais como vídeos, simulações e jogos educacionais, que permitam explorar e investigar os fenômenos físicos de forma ativa e participativa, ampliando a dimensão mais relevante de uma imersão genuinamente empírica, que a relação ativa com a modelagem do problema, a construção de hipóteses e a análise crítica de dados em torno da solução de questões de relevância.

Além das tecnologias digitais como mediadoras para temáticas emergentes, com a assunção e/ou atualização de matrizes curriculares nacionais, estaduais e municipais de referência, a Astronomia e a Cosmologia têm despertado grande interesse na área de ensino de Física. Isso ocorre porque permitem abordar temas como o movimento dos corpos celestes, as leis da gravitação universal, a relatividade geral e a origem do universo, tanto da perspectiva da ciência em seu paradigma clássico (a dita ciência normal), quanto aquela proveniente de matrizes culturais diversas e, no caso brasileiro, dos povos originários e suas relações mitológicas. Por isso, o estudo desses temas tem potencial de contribuir para a compreensão dos princípios fundamentais da Física, ao tempo em que desperta a curiosidade e o interesse pela ciência, conforme Ferreira *et al.* (2021a; 2023a), Santos *et al.* (2023), Pimentel e Veit (2019) e Borboletto e Signore (2007).

Diante desse contexto, é fundamental que os professores disponham crescentemente de acesso a reflexões teóricas e de abordagens metodológicas que auxiliem a mediar aprendizagens via tecnologias digitais e abordar temas como a Astronomia e outros conhecimentos contemporâneos, emergentes e de fronteira, de maneira interdisciplinar e contextualizada.

Para isso, é necessário investir na revisão de perspectivas epistemológicas, teóricas e metodológicas, na formação continuada dos docentes e na elaboração de projetos, programas e materiais didáticos que explorem tais possibilidades com criatividade e inovação.

Em síntese, segundo os autores analisados, o ensino de Física possui um vasto campo de possibilidades e perspectivas associadas à Astronomia e a temas emergentes, especialmente quando aliado ao uso de tecnologias digitais e à experimentação. Cabe a pesquisadores e professores, de maneira translacional, analisar, desenvolver, explorar criticamente e avaliar essas abordagens pedagógicas, visando proporcionar aprendizagens tanto mais estimulantes e significativas.

II. MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA EM FÍSICA: POSSIBILIDADES E PERSPECTIVAS ASSOCIADAS AOS CAMPOS DA ASTRONOMIA E DE TEMÁTICAS EMERGENTES

Segundo Ferreira *et al.* (2022a), o Ensino de Física tem centralidade na formação educacional, haja vista que promove o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, raciocínio lógico e compreensão do mundo natural e social na interface com as tecnologias de dada época. A integração da Física com a Astronomia e outras áreas emergentes mostra-se uma abordagem enriquecedora, capaz de ampliar os horizontes dos envolvidos e despertar seu interesse pela ciência como racionalidade e parte da cultura.

Segundo Ferreira *et al.* (2023a), a Astronomia, como um ramo da Física, permite explorar conceitos fundamentais, como movimento, gravidade, luz e energia, de maneira concreta e fascinante. Ao estudar o sistema solar, as estrelas e as galáxias, os estudantes não apenas adquirem conhecimento acerca dos fenômenos físicos, mas desenvolvem uma visão mais ampla do universo e do lugar da Terra no cosmos. Além disso, a Astronomia estimula a curiosidade e a imaginação, incentivando a busca por respostas para questões fundamentais acerca da origem e da natureza do universo.

Conforme Ferreira *et al.* (2023b), áreas emergentes, como a Física Quântica, a Astrofísica e a Física de Partículas, para citar alguns exemplos, subsumem perspectivas e desafios para o Ensino de Física. Esses campos abordam fenômenos complexos e que suscitam interesses, como a superposição quântica, a relatividade e a estrutura íntima da matéria. Ao introduzi-los, os professores atualizam o conteúdo curricular e instigam os estudantes a questionarem e a explorarem limites do conhecimento científico - tocando, portanto, na dimensão epistemológica, tão precária e ainda tão distante do contexto escolar básico.

Já para Ferreira *et al.* (2023c), a integração da Astronomia e das áreas emergentes no Ensino de Física amplia as possibilidades de aprendizagem, tornando o estudo significativo e motivador. Ao relacionar os conceitos físicos com fenômenos observáveis no universo e com questões contemporâneas, os professores tornam a ciência mais acessível e relevante para os estudantes, estimulando o desenvolvimento de uma cultura científica mais ampla e crítica.

Em conformidade com Ferreira *et al.* (2023d), o Ensino de Física desempenha um papel fundamental na formação dos estudantes, proporcionando-lhes uma compreensão mais profunda e abrangente do mundo natural como conhecimento de valor científico, humanístico, sociohistórico, político e cultural. A integração da Física com a Astronomia e áreas emergentes enriquece essas experiências, ampliando possibilidades de aprendizagem e

incentivando a curiosidade e o pensamento crítico. Dessa maneira, ao promover tal integração, os professores igualmente contribuem para a formação de cidadãos mais informados, reflexivos e engajados com a ciência e a tecnologia e suas imbricações sociais e culturais.

III. REVISTA DO PROFESSOR DE FÍSICA: v. 8, n. 1, 2024

Neste número da Revista do Professor de Física, agregamos produções variadas, oriundas de múltiplos grupos e pesquisadores, de instituições distintas e com diferentes referenciais teóricos. Para esta edição, além dos textos havidos do fluxo contínuo, foram incorporados artigos derivados dos trabalhos submetidos ao VII Simpósio Paranaense de Ensino de Física e Astronomia (SPEFA), ocorrido em Campo Mourão entre os dias de 19 e 21 de outubro de 2023.

O evento contou com cinco palestrantes, de três estados diferentes, o Prof. Dr. Gustavo Iachel (UEL PR), Profa. Dra. Rita dos Anjos (UFPR PR), Profa. Dra. Tina Andreolla (UTFPR PR), Profa. Dra. Milene Martins (UFS SE) e Profa. Dra. Sônia Elisa Marchi Gonzatti (UNIVATES - RS). Essa edição do evento contou com 90 inscritos e 53 trabalhos apresentados, dos quais 13 compõem essa edição da Revista do Professor de Física.

Esses 13 artigos selecionados contaram com 49 autores de 12 instituições de Ensino Superior diferentes do país, dos quais 6 são trabalhos que perpassam a área de Educação em Astronomia, e 7 são trabalhos que apresentam temáticas emergentes no Ensino de Física.

Os trabalhos publicados na Revista do Professor de Física oriundos dos SPEFA priorizam o Ensino de Astronomia, evidenciando principalmente a formação de professores de Ciências que ensinam Astronomia, e a possibilidade de práticas pedagógicas para o ensino da Astronomia; e, as temáticas emergentes no Ensino de Física, que discutem principalmente a realidade virtual e a Gameficação como estratégias para se ensinar Física.

O texto "Literatura e conhecimento astronômico: um estudo de Representações Sociais em disciplina de estágio docente na pós-graduação", de autoria de Michel Corci Batista, Camila Muniz de Oliveira, Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior, Marcello Ferreira, Olavo Leopoldino da Silva Filho, Thérèse Hofmann Gatti Rodrigues da Costa, Marcos Rogério Martins Costa e Maria de Fátima da Silva Verdeaux, aborda as Representações Sociais que os participantes de um curso ofertado na disciplina de estágio e docência de um doutorado em Educação para a Ciência compartilham a respeito da relação entre Literatura e Astronomia.

O texto "Astronomia no Ensino Fundamental: investigando a contribuição de formação continuada para os saberes docentes", de autoria de Michel Corci Batista, Telma Augusta Diniz, Taisy Fernandes Vieira, Marcello Ferreira, Olavo Leopoldino da Silva Filho, Maria de Fátima da Silva Verdeaux e Antônio Marques dos Santos, aborda o impacto de um curso de formação continuada, no desenvolvimento dos saberes docentes curriculares em Astronomia, de professoras dos anos finais do Ensino Fundamental.

O texto "Pluralismo metodológico no ensino de astronomia: tendências inferidas a partir da análise de publicações nacionais", de Bruno Paquier Pieroni, Marcus Vinicius Martinez Piratelo e Gustavo Iachel, aborda as diferentes tendências relacionadas às metodologias de ensino empregadas na educação da Astronomia nos variados níveis de ensino do país, inferidas a partir da análise de publicações nacionais.

O texto "Construção e aplicações de uma esfera armilar de baixo custo para o ensino de Astronomia", de autoria de Anderson Giovani Trogello, Marcos Cesar Danhoni Neves e Rodolfo Langhi, aborda a proposição de construção de uma esfera armilar de baixo custo visando contribuir com educadores na abordagem de diferentes conceitos de Astronomia em sala de aula.

O texto "Planetário Circus Stellarium no centennial of planetarium: seu uso como recurso didático e sua importância na Astronomia e na divulgação da ciência", de autoria de Marcos Cesar Danhoni Neves, Arão Victor Rocha dos Santos, Maria Eduardo Monico Timoteo Silva, Maria Julia Costa Mistura, Maria Rita Luzan Maraschi, Milena Cristina Pompilho Ferruzzi, Pietro Giuseppe Cargnin Ferreira e Rafaela Lavagnoli, consiste no levantamento histórico da criação, funcionamento e recriação do Planetário CIRCUS STELLARIUM da Universidade Estadual de Maringá e a construção de um novo planetário, o Prof. Carlos Alfredo Argüello que tem o início de seu funcionamento previsto para 2024.

O texto "Cosmologia no ensino de Física na educação básica", de autoria de Ana Paula Winter e Fabrício Tronco Dalmolin, discute conceitos de Cosmologia, utilizando diferentes abordagens.

O texto "RPG gamificado: Utilizando o RPG pedagógico como atividade gamificada para o ensino de Física", de autoria de Christopher Gimenes Barboza e Marcos Fernando Soares Alves, busca compreender a gamificação e o RPG pedagógico, suas contribuições para o ensino e principalmente as dificuldades de implementação.

O texto "Teoria construtivista no ensino de Física mediada pela tecnologia: uma revisão sistemática", de autoria de Richar Nicolás Durán Andrades, Romeu Miqueias Szmoski e Awdry Feisser Miquelin, apresenta um cenário das pesquisas que utilizam o construtivismo como teoria de aprendizagem nos processos de ensino da Física mediados pelas tecnologias.

O texto "Uma abordagem experimental de baixo custo para o ensino da quantização da energia: determinando a constante de planck com arduino e led", de autoria de Gastão Soares Ximenes de Oliveira, Richar Nicolás Durán, Romeu Miqueias Szmoski, Eloiza Aparecida Avila de Matos e Elano Gustavo Rein, apresenta um método experimental para determinar a constante de Planck através do cálculo de potencial de corte provenientes de led com diferentes comprimentos de onda.

O texto "O saber sábio da força gravitacional: uma perspectiva a partir dos Principia de Newton", de autoria de Gabriel Luiz Nalon Macedo, Leonardo Deosti e Luciano Carvalhais Gomes, aborda questões sobre a natureza da Ciência, buscando compreender o Saber Sábio do conceito de força gravitacional newtoniana a partir do original de Newton.

O texto "O uso de jogos como recurso didático para o ensino de tópicos de calorimetria", de autoria de Milene Rodrigues Martins, Paloma Farias Oliveira, Letícia de Jesus Oliveira, Jackeline Rocha Santos e Gerson Souza Menezes, investiga de que forma o uso de jogos corrobora para participação e interesse de estudantes nas aulas de Física.

O texto "A realidade virtual no ensino de Física: um estudo bibliográfico", de autoria de Gabriel dos Santos Oliveira, Néryla Vayne Alves Dias e Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Junior, busca compreender a partir de uma revisão sistemática o que tem sido produzido pelas pesquisas em ensino sobre o uso da Realidade Virtual (RV) no âmbito da Física.

O texto "O estudo das propriedades da luz a partir da difração na educação básica", de

autoria de Daniel Maggioni de Souza, Natalia Neves Macedo Deimling e Cesar Vanderlei Deimling, apresenta uma proposta para a implementação de um produto educacional aplicado ao ensino das propriedades da luz visível, com ênfase nos fenômenos de interferência e difração da luz, associando a interação da luz com a matéria.

Já os artigos submetidos à revista em fluxo contínuo exploram o processo de inovação na educação: A inovação educacional abrange práticas, metodologias e tecnologias que visam aprimorar a qualidade do ensino e da aprendizagem.

É dessa perspectiva que o presente número da Revista do Professor de Física (v. 8, n. 1, 2024) incorpora e articula um conjunto de textos submetidos em fluxo contínuo que associam, em diferentes espectros e por diversas facetas, o uso de tecnologias e a experimentação ativa no ensino e na aprendizagem de Física.

"Ondas mecânicas: aprendizagem significativa via MOOC", de autoria de José Antônio Martins Serrão e Edvan Moreira. Os MOOCs têm se mostrado eficazes na disseminação do conhecimento científico, especialmente em áreas complexas como as ondas mecânicas. A interação e experimentação virtual podem promover uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

"Levitador Sônico: um produto visualmente atrativo para o ensino de conceitos de ondulatória", de autoria de Márcio Fernandes Santana da Costa, Bruno Gonçalves, Bruno Ferreira Rizzuti e Marlon Cesar de Alcantara. O uso de produtos visualmente atrativos, como o levitador sônico, pode ser uma estratégia eficaz para engajar os alunos no estudo de conceitos de ondulatória, tornando o aprendizado mais lúdico e concreto.

"Proposta didática experimental para o estudo da aerodinâmica de cilindros de papelão utilizando vídeo-análise de oscilações amortecidas", de autoria de Filipe Rocha Dultra, Renan de Mendonça Valente, Douglas Santos Rodrigues Ferreira, Renato Pereira de Freitas, Vinícius Vilela Almeida Rego, Elicardo Alves de Souza Gonçalves, Valter de Sousa Felixe, André Rocha Pimenta, Rafael de Sousa Dultra e Leandro de Oliveira Pereira. A utilização de vídeo-análise de oscilações amortecidas em cilindros de papelão pode proporcionar uma compreensão mais profunda dos princípios aerodinâmicos, por meio de uma abordagem experimental e prática.

"Fundamentos teóricos em ensino e aprendizagem: um experimento pedagógico no MNPEF-UFERSA", de autoria de Carlos Alberto dos Santos. Experimentos pedagógicos, como os realizados no MNPEF-UFERSA, podem contribuir significativamente para a construção de conhecimentos teóricos sólidos em ensino e aprendizagem, subsidiando práticas inovadoras no contexto educacional.

Por fim, "Ensino de cinemática utilizando simuladores PhET e lançamentos de foguetes de garrafa PET", de autoria de Raphael de Oliveira Gaudio e Luiz Otávio Buffon. O uso de simuladores computacionais, como os oferecidos pelo PhET, aliado a atividades práticas, como os lançamentos de foguetes de garrafa PET, pode proporcionar uma aprendizagem mais efetiva e contextualizada dos conceitos de cinemática.

Com essa apresentação, esperamos que os leitores possam apreciar os trabalhos constituintes dessa edição da Revista do Professor de Física, buscando lê-los em seus desdobramentos e em seu contexto, identificando as temáticas a fim de um bom aproveitamento.

IV. AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES
Avaliadores ad hoc do VII SPEFA

REFERÊNCIAS

- BORTOLETTO, G.; SIGNORE, M. O Ensino de Física na Perspectiva da Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 1-22, 2007.
- FERREIRA, M.; ANDRADE, V. C.; SILVA FILHO, O. L.; PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. Fundamentos, pesquisas, contemporaneidades e tendências no Ensino de Física no Brasil. *Revista do Professor de Física*, v. 6, n. especial, p. A1-A4, 2022a.
- FERREIRA, M.; MOREIRA, W. E.; PORTUGAL, K. O.; BRITO, D. Q.; SILVA FILHO, O. L.; COSTA, M. R. M. Investigação no ensino de ciências: compreendendo as propriedades físicas do ar com atividades experimentais nos anos finais do ensino fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS)*, v. 17, n. 1, p. 93-118, 2022b.
- FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; FONSECA, M. O.; BATISTA, M. C. Educação em ciências por investigação e pedagogia da pergunta: relações, apostos e insurreições. *Temas & Matizes*, v. 17, n. 31, p. 906-932, 2024.
- FERREIRA, M.; VIEIRA, T. F.; BATISTA, M. C.; SILVA FILHO, O. L. . Proposta didática de Astronomia no Ensino Médio na epistemologia hierárquica de Gagné. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino (REPPE)*, v. 7, n. 2, p. 27-53, 2023a.
- FERREIRA, M.; COUTO, R. V. L.; SILVA FILHO, O. L.; BATISTA, M. C.; MACIEL, F. G. Referenciais teórico-metodológicos na pesquisa em Ensino de Física entre 2001 e 2023: metalinguagens e relações saber-poder-subjetividade. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 35, n. 2, p. 117-132, 2023b.
- FERREIRA, M.; COUTO, R. V. L.; SILVA FILHO, O. L.; MARINHO, L. P.; MONTEIRO, F. F. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. 1-13, 2021a.
- FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. . Ensino de física: fundamentos, pesquisas e novas tendências. *Plurais: Revista Multidisciplinar da UNEB*, v. 6, n. 2, p. 9-19, 2021b.
- FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; ARAUJO, I. M.; MENESES, M. I. R.; SACERDOTE, H. C. S. Pontes conceituais: uma sequência didática para o Eletromagnetismo no Ensino Médio como proposta de introdução à Física Moderna. *Revista do Professor de Física*, v. 3, n. 3 p.

119-137, 2019.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; BATISTA, M. C.; ABRAO FILHO, A.; STRAPASSON, A. B.; SANTANA, A. E. Ficção científica na transposição didática do conceito de Entropia: a última pergunta de Isaac Asimov. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, p. e20230254-1-e20230254-12, 2023c.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; BATISTA, M. C.; COUTO, R. V. L. . Dossiê Pesquisa Translacional e Produtos Educacionais no Ensino de Física. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino (REPPE)*, v. 7, n. 2, p. 1-26, 2023d.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; BATISTA, M. C.; COUTO, R. V. L. . Edição Especial sobre Ensino de Física. *Vitruvian Cogitationes*, v. 4, n. extra, p. 1-3, 2023e.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; MOREIRA, M. A.; FRANZ, G. B.; PORTUGAL, K. O.; NOGUEIRA, D. X. P. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, p. 1-13, 2020.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; STRAPASSON, A.; PORTUGAL, K. O.; MACIEL, A. C. Simuladores digitais no contexto epistemológico de Gagné e Vygotsky: uma proposta de intervenção didática sobre eletricidade e circuitos elétricos. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 33, n. 3, p. 75-88, 2021c.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; PORTUGAL, K. O.; BOTTECHIA, J. A. A.; LIMA, M. B.; COSTA, M. R. M.; FERREIRA, D. M. G.; OLIVER, N. A. D. Formação continuada de professores de Ciências em caráter investigativo, interdisciplinar e com mediação por tecnologias digitais. *RBPG - Revista Brasileira da Pós-Graduação*, v. 18, n. 39, p. 1-39, 2022c.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; PORTUGAL, K. O.; POLITO, A. M. M.; SILVA FILHO, O. L.; BATISTA, M. C.; MACIEL, F. G.; COUTO, R. V. L.; SANTOS, O. C. Da concepção de investigação à adoção de um problema na Educação em Ciências: aspectos metodológicos. *Vitruvian Cogitationes*, v. 4, n. extra, p. 10-22, 2023f.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; SILVA FILHO, O. L. . Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Ensino de Ciências Pela Pesquisa (ECP): Interfaces a Partir de uma Revisão Narrativa de Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, p. e39001-28, 2022d.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; SILVA FILHO, O. L.; PORTUGAL, K. O. . Atividade Experimental Problematizada (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 27, n. 1, p. 308-322, 2022e.

GULIS, G.; SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M.; ANDRADE, V. C.; COSTA, M. R. M. Ensino Interdisciplinar da Fotossíntese: Interfaces entre a Aprendizagem Significativa Crítica e as

Comunidades de Investigação. *Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS)*, v. 16, n. 3, p. 89-116, 2021.

PIMENTEL, G. C.; VEIT, E. A. Física e Astronomia: Contribuições para o Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, e4404, 2019.

SANTOS, A. M.; FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; VERDEAUX, M.F.S.; COUTO, R. V. L.. Ensino de Física: possibilidades e perspectivas associadas ao uso de tecnologias digitais e experimentação. *Revista do Professor de Física*, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2022a.

SANTOS, O. C.; BRITO, D. Q.; MACIEL, F. G.; FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; COUTO, R. V. L.; BATISTA, M. C. Abordagens de Etnoastronomia nos livros de ciências distribuídos em 2020 pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 35, n. 2, p. 1-16, 2023.

SANTOS, S. R.; COSTA, M. R. M.; FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; PORTUGAL, K. O. . Atividades investigativas sobre os movimentos da Terra e da Lua com estudantes do ensino fundamental. *Physicae Organum*, v. 8, n. 1, p. 130-149, 2022b.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Indistinguishability and Counting: Teaching the role of different interpretations in Quantum Mechanics. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. e20200508, 2021.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referenciais em Práticas de Ensino: Ausubel e Lipman. *Revista do Professor de Física*, v. 2, n. 2, p. 104-125, 2018.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Invariância das equações de Maxwell por transformações de Lorentz: pontes conceituais via derivação como alternativa ao cálculo tensorial. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, p. e20230231-1-e20230231-11, 2023.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Modelo teórico para levantamento e organização de subsunçores no âmbito da Aprendizagem Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44, p. 1-13, 2022.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M.; AMORIM, R. G. G. A questão dos modelos no ensino de Mecânica Quântica: a equação de Schrödinger para partículas de spin semi-inteiro. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44, p. 1-10, 2022.

SOARES, M. P. N. M.; FERREIRA, M.; STRAPASSON, A. B.; SILVA FILHO, O. L. . Mediando a aprendizagem de circuitos elétricos em física: proposta de sequência didática utilizando o modelo flipped classroom. *Physicae Organum*, v. 5, n. 2, p. 1-13, 2019.

STRAPASSON, A. B.; FERREIRA, M.; CRUZ-CANO, D.; WOODS, J.; SOARES, M. P. N. M.;

SILVA FILHO, O. L. The use of system dynamics for energy and environmental education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 19, n. 5, p. 1-31, 2022.