

A presença da imaginação no ensino de Física: propostas didáticas que privilegiam a imaginação em aulas de Física no ensino médio

The presence of imagination in Physics Teaching: proposals for teaching that privilege imagination in Physics classes in High School

La presencia de la imaginación en la enseñanza de Física: propuestas didácticas que privilegian la imaginación en las clases de Física en la educación secundaria

Felipe Augusto Kopp (felipe-akopp@educar.rs.gov.br)

Professor do Estado do Rio Grande do Sul, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-8817-101X>

Resumo:

A imaginação é uma faculdade importante não apenas no campo artístico, mas também no científico, razão pela qual todos os componentes curriculares na escola devem se preocupar com seu desenvolvimento. No entanto, isso nem sempre ocorre nas áreas de ciências naturais e matemática. Com o objetivo de compreender em que medida o ensino de ciência está comprometido com esse projeto, este trabalho investiga as propostas didáticas que privilegiam a imaginação nas aulas de Física no Ensino Médio. Para isso, analisa publicações nos sete principais periódicos brasileiros de ensino de Física entre os anos de 2009 e 2019. Constatou-se que, de um total de 3.612 artigos publicados nesse período, apenas 79 buscaram cumprir esse papel. Ainda que pequeno, esse número permite traçar o perfil dessas propostas didáticas, o que é necessário para aprofundar os estudos sobre a relação entre imaginação e ensino de ciências.

Palavras-chave: Imaginação; Ensino de Física; Ensino Médio.

Abstract:

Imagination is an essential faculty not only in the arts but also in the sciences, which is why all school subjects must be concerned with its development. However, this is not always the case in the natural sciences and mathematics. In order to understand how science teaching is committed to that project, this work investigates proposals for teaching that privilege imagination in Physics class in High School. To do so, it analyzes the seven major Brazilian journals on Physics teaching between 2009 and 2019. Only 79 articles fulfill this role, of the 3,612 published in that period. Although small, this number allows outlining the profile of these proposals, which is necessary to improve the studies on the relationship between imagination and science teaching.

Keywords: Imagination; Teaching Physics; High School.

Resumen:

La imaginación es una facultad muy importante no solamente en el campo artístico, sino también en el campo científico, razón por la cual todos los componentes curriculares en la escuela deben preocuparse por su desarrollo. Sin embargo, eso no siempre ocurre en las áreas de las ciencias naturales y matemáticas. Con el objetivo de comprender en qué medida la enseñanza de ciencias está comprometida con ese proyecto, este trabajo investiga las propuestas didácticas que favorecen la imaginación en las clases de Física en la Enseñanza Media. Para ello, analiza publicaciones en las siete principales revistas brasileñas de enseñanza de Física entre los años de 2009 y 2019. Se ha constatado que, de un total de 3.612 artículos publicados en ese período, apenas 79 buscan cumplir ese papel. Aunque pequeño, es número permite trazar el perfil de esas propuestas didácticas, lo cual es necesario para profundizar los estudios sobre la relación entre imaginación y enseñanza de las ciencias.

Palabras-clave: Imaginación; Enseñanza de la Física; Enseñanza Media.

INTRODUÇÃO

Quando o Nobel de Física Richard Feynman lecionou no Brasil na década de 1950, chegou à conclusão de que, a despeito da boa quantidade de aulas que havia na escola, não se ensinava, de fato, ciências no país. Isso porque a educação científica era pautada por um ensino em que os estudantes eram levados apenas a reproduzir conhecimentos já prontos, sem experimentar ou criar nada. Apesar dos avanços desde que o americano proferiu uma palestra denunciando o problema brasileiro (FEYNMAN e LEIGHTON, 1986), o último exame do *Programme for International Student Assessment* (PISA) mostra que – em uma escala de proficiência em ciência que vai de 0 a 6 – 55,3% dos discentes brasileiros estão abaixo do nível 2, considerado básico pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); 25,4% estão no nível 2 e apenas 19,3% estão nos níveis superiores (BRASIL, 2019, p. 129-130). É importante ressaltar que, apesar das críticas, são esses dados da OCDE que pautam a reestruturação curricular proposta pela BNCC (BRANCO; ZANATTA, 2021).

O cenário de baixo desempenho dos estudantes aponta a necessidade de se pensar alternativas de ensino de ciências no país. Com isso em mente, o presente trabalho investiga possibilidades de melhorar o ensino de Física no Ensino Médio a partir de

atividades que privilegiam o exercício da imaginação. Um estudo nessa linha é importante por três motivos. Primeiro, a imaginação é fundamental para a produção do conhecimento científico e para a inovação tecnológica dela decorrente. Não levar isso em conta no ensino de ciências, em geral, e de Física, em particular, é não considerar uma etapa importante dessa produção. Segundo, ensinar a partir de atividades que colocam os estudantes como criadores do saber e não meros reprodutores torna o ensino de Física mais atraente, o que é urgente, já que é um componente curricular bastante vinculado a sentimentos negativos, como ódio, angústia, medo, stress e confusão (CUSTÓDIO e MODESTO JUNIOR, 2009). Terceiro, fazer uso efetivo da imaginação – juntamente com a investigação e a reflexão crítica – para resolver problemas e criar soluções é o que se espera de um cidadão formado para a sociedade atual, razão pela qual essa competência é colocada como essencial na nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A BNCC foi homologada em 20 de dezembro de 2017, estipulando as dez competências gerais que todos os estudantes têm o direito de desenvolver ao longo da Educação Básica, desde a etapa da Educação Infantil até o Ensino Médio.

A competência geral 2 estabelece que os alunos devem aprender a

exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BRASIL, 2017, p. 9).

Isso significa que é papel de todas as áreas do conhecimento e de todos os competentes curriculares recorrerem à reflexão, à imaginação e à criatividade como abordagens para a resolução de problemas. Evidencia, também, que essas abordagens são a base do próprio fazer científico e não meros recursos estilísticos, como geralmente são entendidas na escola.

Apesar disso, a própria BNCC apresenta uma contradição em relação à imaginação e à criatividade, pois seu uso vai desaparecendo conforme progridem as etapas do ensino. Enquanto no referencial da Educação Infantil elas ocupam papel de destaque, tendo um campo de experiência próprio – denominado “Escuta, fala, pensamento e imaginação” –,

34

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

na área de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental (EF) e no Ensino Médio (EM) vão sendo cada vez mais apagadas. É curioso notar, por exemplo, que o termo “imaginação” simplesmente desaparece dos documentos da área nessas últimas duas etapas e o termo “criatividade” aparece apenas uma vez no referencial do Ensino Médio e nenhuma no do Fundamental.

Conforme Dobránszky (1992), ao analisar os tratados de Diderot, Descartes e Bacon sobre arte e ciência, a imaginação, apesar de ser uma faculdade humana essencial para todos os ramos do conhecimento, foi relegada ao campo das artes e pouco incluída na produção do conhecimento científico. É inevitável, portanto, que isso também se reflita nas concepções pedagógicas, inclusive naquelas contidas nos documentos oficiais. Se os termos “imaginação” e “criatividade” praticamente não aparecem nas etapas do EF e EM na área de Ciências da Natureza, na de Linguagens esses termos são recorrentes, aparecendo nove vezes nos capítulos desta área, sempre associados ao fazer artístico. Se, por um lado, isso dificulta o trabalho do professor de ciências que quer desenvolver a imaginação e a criatividade nas suas aulas, por outro, abre possibilidades de estudos inéditos interessantes.

Partindo dessa problemática, neste trabalho, busca-se analisar quantitativa e qualitativamente as propostas didáticas que privilegiam o uso da imaginação no componente curricular de Física no Ensino Médio para compreender de que maneira essa faculdade é colocada em prática por professoras e professores em sala de aula. Isso é feito através de uma sondagem em publicações da última década (2009-2019) nos principais periódicos de ensino de ciência do Brasil. O artigo apresenta, primeiramente, uma breve discussão teórica sobre o conceito de imaginação, *lato sensu*, e de imaginação científica, *stricto sensu*, dando ênfase a seu papel na educação. Em seguida, é apresentada a metodologia da pesquisa e feita a apresentação e análise dos resultados.

IMAGINAÇÃO, IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA

Apesar de ser um termo importante nas áreas das ciências humanas (Filosofia, Psicologia, Sociologia, Antropologia...), ciências naturais (Química, Física e Biologia),

35

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

Matemática e Linguagens, não existe um consenso para definir o que é a imaginação. Desde os epicuristas gregos, no século III a.C., até os estudos mais recentes da neurociência, centenas são os estudos que buscam delimitar esse conceito (KIND, 2016; MARKMAN, KLEIN e SUHR, 2009). Stevenson (STEVENSON, 2003) identifica ao menos doze usos distintos do termo na literatura a respeito, sendo os quatro primeiros particularmente importantes para a concepção de imaginação defendida neste trabalho:

(1) A habilidade de pensar em algo que não é percebido atualmente, mas que é real em termos espaço-temporais. (2) A habilidade de pensar em tudo o que se reconhece como possível no mundo espaço-temporal. (3) A propensão a pensar em algo que o sujeito acredita ser real, mas que na verdade não é. (4) A habilidade de pensar em coisas que são concebidas como fictícias. (STEVENSON, 2003, p. 238. Tradução nossa).

A imaginação definida como (1) se refere à capacidade de induzir a existência de coisas não presentes em determinado espaço ou tempo e é utilizada tanto em situações cotidianas, como quando se infere que em determinado local choveu a partir da constatação de que as ruas se encontram molhadas, quanto em situações mais sofisticadas, como quando se infere que deve haver uma força que atrai os objetos para o centro do planeta, pois sempre que se abandona um objeto no ar ele cai de maneira acelerada. Já a definição (2) dá conta de compreender a imaginação como capaz de criar possibilidades e hipóteses para explicar determinada situação real, sejam elas baseadas em indícios ou puramente intuitivas. Já as definições (3) e (4) dizem respeito à criação e invenção de coisas inexistentes por meio da imaginação, o que alguns denominam como fabulação ou ficcionalização. No caso (3), isso é feito sem a consciência de que se está criando algo irreal ou inexistente, enquanto em (4) a fabulação é feita de maneira deliberada.

Como o objetivo desta pesquisa não é aprofundar o debate conceitual acerca da imaginação, mas compreender como ela vem sendo utilizada no ensino de Física, se considerará esses quatro diferentes usos. Isso é importante, posto que professoras e professores que se dedicam à elaboração de propostas didáticas que levam a imaginação em conta nem sempre a definem explicitamente ou têm uma concepção clara sobre ela (BORTOLOCI; JACOB; BROIETTI, 2020). Em geral, buscam estimular a imaginação enquanto uma capacidade de “criação de objetos num sistema simbólico” (GRANGER,

1998, p. 7), que visa tomar posse do real, recriando-o ou transformando-o. Em outras palavras, em um uso comum, imaginar é relacionado com a prática de produzir símbolos (palavras, esquemas, imagens, sons, equações...) para melhor compreender a realidade, especialmente sobre fenômenos ou objetos que não estão presentes no espaço e tempo ou cuja existência não pode ser percebida/detectada em determinado local (como na escola).

Essa concepção de imaginação é ampla o suficiente para abarcar as práticas em sala de aula que favorecem a criação, por parte dos estudantes, de um repertório simbólico com o qual se apropriar do real, seja elaborando cenas de uma narrativa, seja imaginando hipóteses para resolver um problema. Ao mesmo tempo, deixa de fora aquelas práticas que apenas tentam reproduzir símbolos pré-existentes, sem que haja um engajamento criativo, como quando os discentes apenas aplicam fórmulas para resolver exercícios ou decoram enunciados para serem reescritos na prova.

Entretanto, nem toda criação é permitida e a imaginação não é totalmente livre, ao contrário do que pensa o senso comum, vinculado a um ideário romântico. Como afirma Bachelard, é o próprio real que impõe uma resistência tanto ao conhecimento (BACHELARD, 2004) quanto à imaginação (BACHELARD, 2008). Essa propriedade que a realidade tem em resistir a ser facilmente compreendida ou livremente transformada pode ser dada por sua materialidade, pelos valores que estão enraizados na nossa cultura e na nossa psique, ou pelas regras que delimitam a apreensão do real. No caso da ciência, essas regras são impostas pelo método científico, seus objetos, objetivos e instrumentos, motivo pelo qual se pode denominar o conhecimento, nesse caso, de “conhecimento científico” e a imaginação de “imaginação científica”. Segundo Gurgel e Pietrocola (2011, p. 1602-3),

a imaginação, para ser denominada científica, [...] não pode ser uma atividade puramente livre, isto é, desvinculada dos objetivos da ciência. As novas ideias, quando compostas, devem ser conduzidas a uma construção racional.

Um racional que, apesar de definir as regras e impor limites ao que se pode ou não imaginar, não está circunscrito a um *know-how* lógico, antes, pelo contrário, “transborda largamente a lógica” (PATY, 2005).

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

Assim sendo, ainda que a imaginação seja produtora de símbolos, neste trabalho se atentará para o uso que objetiva o aprendizado de Física, o que se convencionou chamar de “imaginação científica”. A título de exemplificação, a leitura de um romance ou poema, por mais que possibilite a criação de novas imagens, só será considerada se essas imagens objetivarem o conhecimento científico ou estiverem vinculadas às competências e habilidades da formação em Física no Ensino Médio. Se poderia até mesmo ampliar o termo e denominá-lo de “imaginação científico-pedagógica”, pois além de científica está atrelada à formação (*Bildung*), no sentido que dão à palavra Araújo e Mont’Alverne (2017, p. 85), para quem formar-se imaginativamente significa “aprender a amar tanto o poder dos conceitos [...] como o poder das imagens”.

Pesquisas recentes vêm demonstrando que levar em conta o desenvolvimento desse tipo de imaginação na área de Ciências da Natureza na escola contribui em dois aspectos principais. Em primeiro lugar, aumenta o interesse dos estudantes para a aprendizagem dos seus componentes curriculares, resultado destacado em todos os artigos analisados. Em segundo lugar, desenvolve a capacidade de abstração, produção de imagens, analogias e pressuposições, e o entendimento de modelos, que são condições *sine qua non* para a compreensão da Física.

De acordo com Lima e Ricardo (2019, p. 21), a abstração é uma habilidade “fundamental para formação de conceitos científicos” e, enquanto habilidade, deve ser aprimorada. Contudo, atividades que levam ao desenvolvimento da abstração rara ou nenhuma vez aparecem nos livros didáticos de Física, o que pode causar problemas no aprendizado desse componente por parte dos estudantes, que não compreendem ou não veem sentido naquilo que estudam.

No que diz respeito à produção de imagens, analogias e pressuposições, Holton (1996) defende que elas são essenciais à descoberta e ao entendimento científico. De acordo com ele, há pelo menos três “ferramentas” (*tools*) que a imaginação científica proporciona para ajudar nessas questões: a imaginação visual (*visual imagination*); a imaginação analógica (*analogical imagination*); e a imaginação temática (*thematic imagination*). A visual está diretamente ligada à formação de imagens, sejam desenhos,

esquemas, pinturas, diagramas etc. É uma forma de “visualizar” conceitos muitas vezes abstratos, dando materialidade a eles. A imaginação analógica é a capacidade de fazer comparações entre fenômenos novos e outros já conhecidos. Já a imaginação temática é um tipo de intuição que articula as preferências, concepções e pressuposições que às vezes se tem sobre um determinado objeto ou fenômeno, mesmo que contrarie as experiências sensíveis.

Por seu turno, autores como Salis e Frigg (2020) sustentam que a modelização em Física – ou seja, a compreensão, manejo e criação de modelos que expliquem a realidade através de um conjunto de proposições, leis, equações etc. – só é possível graças ao uso que se faz da imaginação científica, que engloba uma variedade de atitudes, como representar algo mentalmente (visualmente ou não), fazer suposições, raciocinar contrafactualmente, fingir ou simular.

Como se verá na análise dos artigos selecionados na próxima seção, todos eles visam contribuir tanto para aumentar o interesse dos estudantes para a aprendizagem de ciência quanto para desenvolver as habilidades citadas, necessárias para o estudo da Física.

FÍSICA E IMAGINAÇÃO EM SALA DE AULA

METODOLOGIA

A pesquisa dos artigos em periódicos foi feita através da análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011), que estabelece três fases necessárias para se investigar materiais como os utilizados aqui. As três fases da análise de conteúdo são: a pré-análise, na qual foram selecionados e organizados os textos que seriam analisados; a exploração do material, em que se identificou e se classificou os elementos presentes nos textos que serviram à proposta do trabalho; e o tratamento dos resultados, em que se interpretou o que foi encontrado.

Inicialmente, as publicações foram avaliadas pelo título, pelo resumo e pelas palavras-chaves para ver se traziam propostas didáticas ou metodológicas que privilegiam

o uso da imaginação nas aulas do componente curricular de Física no Ensino Médio. Foram escrutinadas as publicações entre 2009 e 2019 nos seguintes sete periódicos: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciência & Educação; Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Investigações em Ensino de Ciências; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Ensino de Física; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Os critérios adotados para a seleção dos periódicos foram: a) temática voltada ao ensino de ciências em geral, com artigos em ensino de Física em particular; b) *qualis* A1 ou A2 na avaliação da Capes (de acordo com a classificação do quadriênio 2013-2016); c) distribuição gratuita; d) publicações de artigos de professores e/ou pesquisadores majoritariamente brasileiros e em língua portuguesa. Nessa etapa, 118 artigos foram selecionados.

Após a pré-análise e separação dos textos, foi feita a exploração do material, mediante investigação qualitativa. Nessa fase, os artigos foram lidos e categorizados para que fossem melhor analisados. Dos 118 artigos iniciais, 39 foram descartados após uma leitura atenta do seu conteúdo, restando 79 que tratavam especificamente de apresentar propostas didáticas que estimulavam o uso da imaginação em aulas de Física no Ensino Médio. As categorias que emergiram da exploração do material foram: Analogias; Arte (Artes Plásticas); Arte (Cinema); Arte (Design); Arte (Fotografia); Arte (Literatura); Arte (Teatro); *Gedankenexperiment*; Jogo; Modelização; e Representação Simbólica.

Por fim, os dados obtidos foram analisados qualitativa e quantitativamente e interpretados conforme os objetivos da pesquisa. Esses resultados são apresentados a seguir.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao todo, as sete revistas analisadas nesta pesquisa publicaram 3.612 artigos nas suas edições entre os anos de 2009 e 2019. Após análise meticulosa, constatou-se que, desse total, 79 (2,19%) se enquadravam no objeto de estudo aqui definido, ou seja, apresentavam propostas didáticas para o componente curricular de Física no Ensino Médio que privilegiavam o uso da imaginação. Isso não significa, obviamente, que não

40

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

havia outros tipos de propostas que visavam desenvolver a imaginação, seja em diferentes componentes curriculares (Química, Biologia...), seja em outras etapas educativas (Ensino Fundamental, Ensino Superior...). No entanto, o escopo aqui adotado, ainda que restringido por questões metodológicas, permite constatar que ainda são poucos os trabalhos que têm foco em desenvolver a imaginação no aprendizado de Física, conforme estabelece a competência geral 2 da BNCC.

De acordo com a Tabela 1, é possível verificar que, com exceção do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, a média de artigos com propostas didáticas de Física que buscam desenvolver a imaginação é de 1,5%. A discrepância entre o *Caderno* e os demais periódicos se dá, em especial, porque o foco específico da revista coincide com a delimitação deste trabalho. A *Revista Brasileira de Ensino de Física*, apesar de também ter esse enfoque, publica mais artigos com resultados de pesquisas e de sugestões para o Ensino Superior ou para formação continuada de professores. As demais revistas, por outro lado, abrangem publicações das áreas de ciência em geral, não apenas de Física, o que impacta no percentual. Ainda assim, é importante destacar o papel do *Caderno* não só na divulgação de propostas didáticas que buscam desenvolver a imaginação dos estudantes, como também na publicação de artigos teóricos sobre o papel da imaginação científica na educação, o que faz dele uma das principais fontes sobre o tema no Brasil e evidencia a preocupação dos editores e dos seus avaliadores com a problemática.

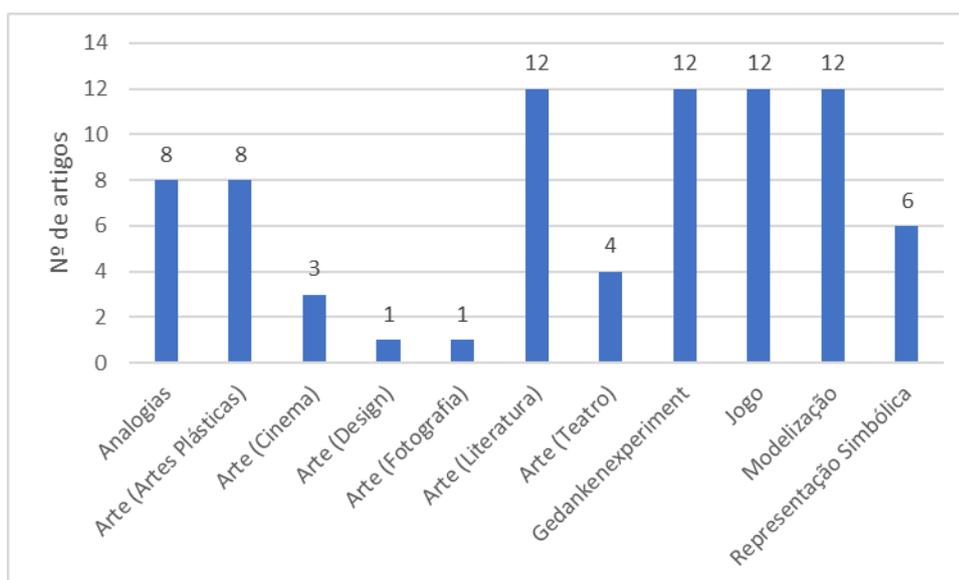
Tabela 1 – Distribuição dos artigos por periódico.

Periódico	Nº de artigos publicados (2009-2019)	Nº de artigos dentro do escopo da pesquisa (2009-2019)
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	438 (100%)	28 (6,4%)
Ciência & Educação	624 (100%)	8 (1,3%)
Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências	351 (100%)	5 (1,4%)
Investigações em Ensino de Ciências	364 (100%)	8 (2,2%)

Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	451 (100%)	6 (1,3%)
Revista Brasileira de Ensino de Física	1036 (100%)	19 (1,8%)
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	348 (100%)	5 (1,4%)
Total	3.612 (100%)	79 (2,19%)

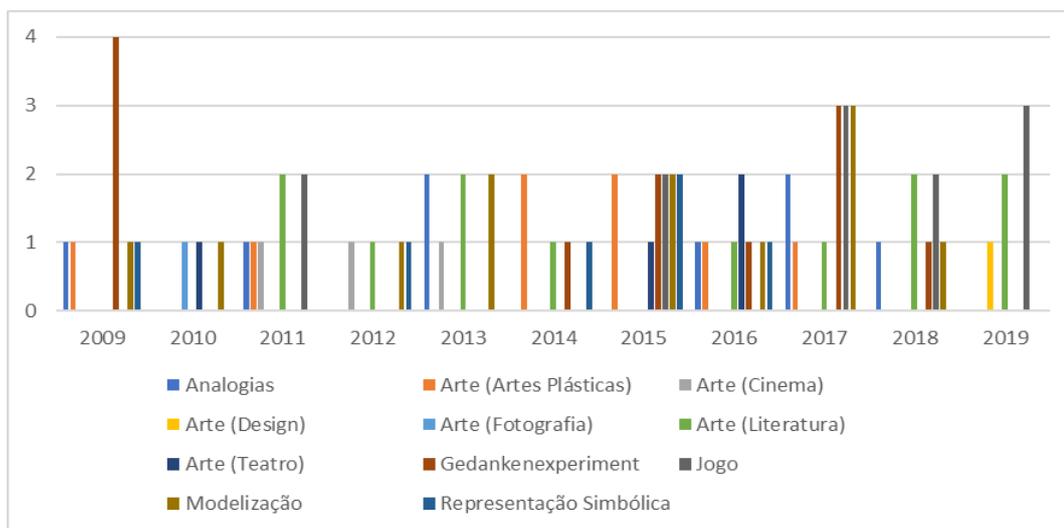
Fonte: autor.

Em relação às categorias, como já visto anteriormente, onze conjuntos emergiram da análise dos textos selecionados. É claro que alguns artigos acabam pertencendo a mais de uma categoria, mas optou-se por enquadrá-los naquela de maior destaque. A figura 1 mostra a distribuição dos 79 textos de acordo com sua classificação.



Fonte: autor.

Figura 1 – Distribuição dos artigos por categoria.



Fonte: autor.

Figura 2 – Distribuição dos artigos por ano e categoria.

A categoria “Analogias” inclui artigos que instigam os estudantes a fazerem uso da imaginação para comparar um análogo (*analog*), que é um conhecimento e/ou objeto familiar aos estudantes, e um alvo (*target*), que é um conhecimento novo que se pretende adquirir, nesse caso, pertencentes ao campo da Física. São exemplos os textos “O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford” (GURGEL e PIETROCOLA, 2011) e “Utilizando analogias para a visualização de equipotenciais com uma planilha de dados” (SANTOS e NUNES, 2013). No primeiro, os autores analisam uma atividade realizada por um professor em sala de aula, em que este faz uso de materiais feitos de isopor, cartolina e bolinhas para criar uma atividade que pode ser comparada ao famoso experimento de Geiger-Marsden-Rutherford para investigar a estrutura do átomo. Na proposta didática, os estudantes devem lançar bolinhas sob uma placa escura que esconde uma estrutura de formato desconhecido; a partir da trajetória que as bolinhas realizam, devem tentar identificar a forma da estrutura. Já no segundo caso, os autores propõem que se utilize diferentes conhecimentos já adquiridos pelos discentes (alguns das próprias aulas de Física) para tentar “visualizar” a ocorrência de fenômenos invisíveis

à olho nu, como campo e potencial elétrico, podendo-se aplicar a mesma estratégia para o ensino de outros fenômenos de difícil visualização, como a condução de calor.

A categoria “Arte” diz respeito às propostas que buscam desenvolver a imaginação científica na interface entre Física e as manifestações estéticas. Esse é o tipo de atividade imaginativa mais comum encontrada na pesquisa e, por causa da grande quantidade e diversidade de trabalhos, foi possível separar os trabalhos em outras categorias, de acordo com o campo artístico. Em “Arte (Artes Plásticas)” foram incluídas as propostas didáticas que envolviam desenho e pintura, como no artigo “Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas” (CARUSO e FREITAS, 2009), em que os estudantes produzem tirinhas que apresentam, de maneira humorística, as teorias e um pouco da vida do físico Albert Einstein. Já artigos como “Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de Física” (GOMES, DI GIORGI e RABONI, 2011) e “Algumas possibilidades de interação entre Arte Urbana, Joseph Wright e o Ensino de Óptica” (SILVA, FREITAS e MIQUELIN, 2015) são exemplos de trabalhos que buscam propor relações entre a pintura e os conceitos científicos, como os estudados em óptica, além de apontarem possibilidades para a análise técnica de obras a partir da aplicação de conhecimentos físicos no estudo das tecnologia envolvidas na sua produção.

Em “Arte (Cinema)” foram incluídos tanto trabalhos que propunham a produção de obras fílmicas quanto a sua leitura do ponto de vista científico. É importante que se diga que não basta que as atividades levem os estudantes apenas a gravar fenômenos ou experimentos, nem que intentem apenas a análise de obras cinematográficas. É preciso, antes disso, que essas atividades levem os estudantes a produzir símbolos que ajudam a compreender a realidade. “Demonstrações experimentais de Física em formato audiovisual produzidas por alunos do Ensino Médio” (PEREIRA, BARROS, *et al.*, 2011), “Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação” (RIBEIRO, SILVA e KOSCIANSKI, 2012) e “Clássicos do cinema nas aulas de ciências: a Física em 2001: *Uma Odisseia no Espaço*” (PIASSI, 2013) são os três artigos que cumprem essa proposta. Nos dois primeiros, os estudantes são instigados a

planejar e produzir peças audiovisuais – em filme e animação, respectivamente –, em etapas que vão desde a roteirização até a pós edição, sempre tendo o cuidado com o uso da linguagem técnica e estética do cinema. No último, a investigação busca desenvolver a imaginação científica dos discentes na leitura imagética e simbólica da obra e na criação de novos símbolos a partir do estabelecimento de relações com a Física.

Apenas o trabalho “... Se inclina, gira, mas não vira” foi classificado como “Arte (Design)” (VIANNA, BARBOSA-LIMA e DIAS, 2019). Nele, os autores propõem utilizar peças da artista Suzanne Reboh para ensinar os estudantes a verem os objetos além do “senso comum” – conforme suas palavras – ao estudar conceitos como o de equilíbrio. Na categoria “Arte (Fotografia)”, no artigo “Fotografando estrelas com uma câmera digital” (OURIQUE, GIOVANNINI e CATELLI, 2010), assim como em “Arte (Cinema)”, os discentes de Ensino Médio são levados a desenvolver a imaginação científica no uso da linguagem visual, dessa vez fotográfica. Também no artigo “Controvérsias históricas em torno à ideia de natureza: atividades com imagens” (FIÚZA e GUERRA, 2014), as autoras fazem uma proposta didática com o uso de fotografia, mas, como se destaca mais o uso de pinturas, ele foi colocado na categoria “Arte (Artes Plásticas)”.

A categoria que relaciona arte e Física que mais tem publicações é a “Arte (Literatura)”, em que se utilizam de obras de ficção para estabelecer esse vínculo. De acordo com uma extensa revisão bibliográfica sobre o tema, de Lima e Ricardo (LIMA e RICARDO, 2015), os trabalhos que visam unir as duas áreas compreendem que “tanto para a física, quanto para a literatura, existe um momento de arte e de criação, onde tanto o cientista, quanto o literário, encontram-se em um mesmo ‘limbo’ de imaginação”, ou seja, esses trabalhos buscam destacar o potencial de invenção, descobrimento, de *poiesis*, tanto da ciência quanto da arte. Ainda conforme Lima e Carvalho, é a partir dos anos 2000 que a interface Ciência-Literatura se estabelece com mais força no Brasil, especialmente a partir de grupos de pesquisas, produções acadêmicas, práticas escolares e publicações científicas, razão que explica o maior número de artigos encontrados nessa categoria. Os próprios autores possuem textos publicados com propostas didáticas em que a imaginação

é privilegiada no ensino de Física no Ensino Médio por meio de obras literárias, como em “O Ensino da Mecânica Quântica no nível médio por meio da abstração científica presente na interface Física-Literatura” (LIMA e RICARDO, 2015), em que a intenção é desenvolver pseudoconceitos e conceitos científicos através da obra *Alice no País do Quantum*, de Robert Gilmore. Obviamente, a ficção científica tem papel de destaque nos artigos dessa categoria, mas há presença de outros gêneros, como do conto fantástico em “O insólito e a Física Moderna: interfaces didáticas do conto fantástico” (RAMOS e PIASSI, 2017), ou mesmo da narrativa histórica em “Problematizando práticas científicas em aulas de Física: o uso de uma história interrompida para se discutir Ciência de forma epistemológica-contextual” (SCHIFFER e GUERRA, 2019).

Finalmente, a categoria “Arte (Teatro)” agrupa os textos que discutem o uso da imaginação em propostas de interação entre as artes dramáticas e a Física. Com exceção do artigo “Teatro de temática científica: conceituação, conflitos, papel pedagógico e contexto brasileiro”, que propõe inserir o teatro no Ensino Médio a partir de uma revisão da produção sobre o tema e da análise do trabalho desenvolvido por alguns grupos, os outros três títulos apresentam experiências pedagógicas efetivamente realizadas em sala de aula.

Três outras categorias abarcam os principais números de artigos analisados, cada uma com 12 textos: “*Gedankenexperiment*”, “Jogo” e “Modelização”. A primeira e a última são resultados esperados. Conforme McAllister (2013, p. 26), um *Gedankenexperiment* (ou experimento mental) “depende do exercício da imaginação para construir representações do mundo e, conseqüentemente, pressupõe a validade da imaginação como meio de apreender a realidade”, sendo sua utilização encontrada desde o princípio da Física Moderna, em textos de Copérnico e Galilei. A modelização, por sua vez, é considerada uma prática imaginativa pelo menos desde os anos 1980 (CARTWRIGHT, 1983). Por essa razão, não são raros artigos como “Perguntas em sala no Ensino Médio: observando o pôr do Sol em um elevador panorâmico” (RIBEIRO, 2017), em que o autor constrói um experimento mental a partir da indagação de um estudante, que questionou qual velocidade um elevador deveria ter para que um

observador visse o pôr do Sol de maneira contínua no horizonte; ou como “Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no ensino de Física” (TEIXEIRA, MURAMATSU e ALVES, 2017), em que são descritas as etapas para a construção de um modelo físico de usina hidrelétrica com materiais de baixo custo. Um outro caso que merece destaque é o artigo “Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física” (CRUZ e SILVA, 2009), no qual os autores propõem uma atividade didática para ensinar aos estudantes as etapas do método de investigação científica e o próprio processo de criação de modelos em Física.

Como é possível ver na Figura 2, todas as categorias de artigos com propostas didáticas que privilegiam a imaginação nas aulas de Física do Ensino Médio se mantiveram mais ou menos constantes ao longo dos anos, com exceção de uma, a de “Jogo”. Artigos com propostas nessa temática passaram de dois entre 2009 e 2014 para dez entre 2015 e 2019, um aumento de 500%. Esse aumento do interesse parece estar associado a três fatores, em conformidade com os trabalhos encontrados: (i) há uma crescente preocupação de professores e de pesquisadores em desenvolver o lúdico em sala de aula; (ii) a maior acessibilidade de recursos de informática facilita o desenvolvimento de jogos digitais; (iii) a recente incorporação do conceito de “gameificação” vem criando novas oportunidades de construção de atividades pedagógicas a partir de jogos. São exemplos de propostas nessa categoria os artigos “Ensinando atomística com o jogo digital ‘Em busca do Prêmio Nobel’” (DINIZ e SANTOS, 2019), em que se utiliza um jogo virtual no qual os estudantes devem realizar desafios que simulam os enfrentados por cientistas na vida real, e “Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física” (SILVA, SALES e CASTRO, 2019), no qual se analisam os resultados de uma atividade que utiliza elementos da estrutura de jogos para “envolver, engajar e motivar a ação do estudante em ambientes de aprendizagem”. Vale destacar também a presença de três *Role-playing games* (RPG), ou Jogos de Interpretação de Papéis, em português: “O Roleplaying Game na sala de aula: uma maneira de desenvolver atividades diferentes simultaneamente” (AMARAL e BASTOS, 2011); “Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre

Ciência Forense e Investigação Criminal” (SEBASTIANY, PIZZATO e SALGADO, 2015); “RPG pedagógico como ferramenta alternativa para o ensino de Física no Ensino Médio” (MACÊNA JÚNIOR, VILAS BOAS e PASSOS, 2017). São jogos em que os estudantes assumem o papel de personagens fictícios em uma narrativa conduzida pelo professor e devem usar de conhecimentos de Física para solucionar os desafios que aparecem ao longo da história. São atividades em que a imaginação é o principal recurso envolvido.

Finalmente, os artigos postos sob a categoria de “Representação Simbólica” são aqueles em que há uma tentativa de representar, mediante símbolos (sejam eles de que tipo for), as imagens que os estudantes possuem ou, ainda, simbolizar conteúdos de maneira que sejam mais facilmente imaginados. A primeira perspectiva pode ser exemplificada pelo trabalho “Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais” (LABURÚ, GOUVEIA e BARROS, 2009), no qual desenhos são usados para representar as imagens mentais e concepções que os estudantes têm do funcionamento de circuitos elétricos. Já a segunda perspectiva pode-se observar em “Localizando pedacinhos do céu: constelações em caixas de suco” (MUNHOZ, STEIN-BARANA e LEME, 2012), em que as autoras utilizam materiais de baixo custo para representar constelações, fazendo com que os estudantes possam posteriormente percebê-las no campo celeste.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo compreender se e como a imaginação aparece vinculada ao ensino de Física na última etapa da educação básica. Para isso, investigou quantitativa e qualitativamente os principais periódicos da área entre os anos de 2009 e 2019 para encontrar artigos que apresentassem propostas didáticas para o Ensino Médio que privilegiassem o uso da imaginação científica nesse componente curricular.

De um conjunto de 3.612 artigos publicados, 79 se enquadravam no escopo da pesquisa. Não quer dizer, obviamente, que outras atividades presentes nessas revistas não sejam capazes de desenvolver a imaginação dos estudantes. A realização de um

experimento, a construção de um equipamento, a programação de um *software* ou mesmo a resolução de questões exigem, em maior ou menor medida, imaginação e criatividade dos envolvidos. No entanto, o interesse recaiu naquelas atividades em que o uso da imaginação ocupa papel de destaque para sua realização e que ajudam a desenvolvê-la.

Na maioria dos casos encontrados, inclusive, é explícita a intenção das autoras e autores em construir dinâmicas cujo foco está no imaginário dos estudantes. Contudo, às vezes, essa intenção não se mostra tão evidente e são mencionados outros objetivos, como desenvolver a capacidade de abstração, de criatividade ou de cognição dos discentes, propiciar a invenção e a descoberta ou, então, utilizar-se do lúdico para despertar o interesse na Física. Ainda que nem sempre o termo “imaginação” ou similar esteja presente, todos os artigos selecionados trazem propostas que privilegiavam essa capacidade, o que foi possível identificar a partir de uma leitura cuidadosa dos mesmos.

Os 79 textos revelaram 11 categorias na quais puderam ser agrupados. As propostas didáticas das categorias mais representativas, com 29 trabalhos, buscam estabelecer uma interface entre a Física e as artes, com especial destaque para a Literatura, que vem ganhando atenção de investigadoras e investigadores da educação, da mesma maneira que os jogos, categoria que mais cresceu nos últimos anos. Também os *Gedankenexperimente* e as modelizações se destacam, posto que são atividades imaginativas recorrentes na produção científica real, em especial, na Física, e é possível perceber o intento de trazê-las para a sala de aula.

É possível concluir que, apesar da escassa produção a respeito, há um interesse permanente de pesquisadoras e pesquisadores em publicar propostas didáticas que privilegiam a imaginação nas aulas de Física a nível médio, o que garante diversidade de opções para as professoras e professores que querem desenvolver essas atividades em sala de aula. Isso é bastante importante porque, além de motivar o interesse das educandas e dos educandos, a imaginação é de extrema importância para diversas etapas da produção científica, como na elaboração de hipóteses, resolução de problemas ou aplicação do conhecimento produzido. Um ensino que não a leve em consideração acaba criando uma

imagem de que a Física é uma atividade dura, pautada apenas na decoreba e aplicação de fórmulas e equações.

Cabe salientar, ainda, a pouca discussão teórica específica sobre a imaginação nesses artigos. Com exceção de Gurgel e Pietrocola (2011), Piassi (2013), Lima e Ricardo (2015) e Ramos e Piassi (2017), que trazem reflexões teóricas mais aprofundadas sobre suas concepções de imaginação, os demais textos utilizam o termo de maneira vaga ou pouco clara. Expressões do tipo “inspirar/motivar/despertar/estimular/aguçar/alimentar a imaginação dos estudantes”, “[realizar algo] através da imaginação dos alunos”, “[localizar algo] na imaginação”, “se deixar levar pela imaginação”, “utilizar a imaginação [para fazer algo]”, são utilizadas despretensiosamente, sem nenhuma discussão teórica. Investigar as concepções de imaginação que as educadoras e educadores têm nesses trabalhos e também produzir teorias pedagógicas mais consistentes que privilegiam a imaginação científica são possíveis temas para futuras pesquisas.

Outrossim, alguns problemas permanecem igualmente abertos para novos trabalhos. Por exemplo, se as atividades propostas realmente contribuem para o desenvolvimento da imaginação científica do alunato e, se sim, em que medida o fazem ou como poderiam ser aperfeiçoadas. Desenvolver uma metodologia pedagógica para ajudar professoras e professores na elaboração de planos de aula para desenvolver a imaginação científica em sala de aula também seria uma possibilidade interessante para o ensino de Física. Espera-se que este artigo possa colaborar para esses estudos subsequentes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. R.; BASTOS, H. F. B. N. O Roleplaying Game na sala de aula: uma maneira de desenvolver atividades diferentes simultaneamente. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2011.

ARAÚJO, A. F.; MONT'ALVERNE, I. Educar para a imaginação. **Revista Memore**, v. 4, n. 2 esp. dossiê II, p. 73-105, 2017.

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

BACHELARD, G. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

BACHELARD, G. **A terra e os devaneios da vontade**: ensaio sobre a imaginação das forças. Tradução de Maria Ermantina de Almeida Prado Galvão. 3ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BORTOLOCI, N.; JACOB, J.; BROIETTI, F. Os contextos investigativos de pensamento criativo em publicações acadêmicas. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 3, n. 5, p. 270-293, 2020.

BRANCO, E.; ZANATTA, S. BNCC e Reforma do Ensino Médio: implicações no ensino de Ciências e na formação do professor. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 3, p. 58-77, 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília-DF. 2017.

BRASIL. **Relatório Brasil no PISA 2018 - versão preliminar**. Inep/MEC. Brasília-DF. 2019.

CARTWRIGHT, N. **How the Laws of Physics Lie**. New York: Oxford University Press, 1983.

CARUSO, F.; FREITAS, N. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CRUZ, G. K.; SILVA, S. L. R. Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 18-30, 2009.

CUSTÓDIO, J. F.; MODESTO JUNIOR, J. M. **Núcleo central e componentes afetivos das representações sociais de estudantes do Ensino Médio sobre Física**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Vitória-ES: Sociedade Brasileira de Física. 2009.

DINIZ, F. V. S.; SANTOS, C. A. Ensinando atomística com o jogo digital “Em busca do Prêmio Nobel”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, p. e20180268, 2019.

DOBRÁNSZKY, E. A. **No tear de Palas**: imaginação e gênio no século XVIII: uma introdução. Campinas: Papirus, 1992.

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R. **Surely you're joking Mr. Feynman**. New York: Bantam Books, 1986.

FIÚZA, L.; GUERRA, A. Controvérsias históricas em torno à ideia de natureza: atividades com imagens. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 125-145, 2014.

GOMES, T. C.; DI GIORGI, C. A. G.; RABONI, P. C. A. Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 4402, 2011.

GRANGER, G.-G. Imaginação poética, imaginação científica. **Discurso**, n. 29, p. 7-13, 1998.

GURGEL, I.; PIETROCOLA, M. O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 91-122, 2011.

GURGEL, I.; PIETROCOLA, M. Uma discussão epistemológica sobre a imaginação científica: a construção do conhecimento através da visão de Albert Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1602, 2011.

HOLTON, G. On the art of scientific imagination. **Daedalus**, v. 125, n. 2, p. 183-208, 1996.

KIND, A. **The Routledge Handbook of Philosophy of Imagination**. New York: Routledge, 2016.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

LIMA, L. G.; RICARDO, E. C. Física e Literatura: uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 557-617, 2015.

LIMA, L. G.; RICARDO, E. C. O Ensino da Mecânica Quântica no nível médio por meio da abstração científica presente na interface Física-Literatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 8-54, 2019.

MACÊNA JÚNIOR, A. G.; VILAS BOAS, A. C.; PASSOS, M. M. RPG pedagógico como ferramenta alternativa para o ensino de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2017.

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023

MARKMAN, K. D.; KLEIN, W. M. P.; SUHR, J. A. **Handbook of Imagination and Mental Simulation**. New York: Psychology Press, 2009.

MCALLISTER, J. W. Thought Experiment and the Exercise of Imagination in Science. In: FRAPPIER, M.; MEYNEL, L.; BROWN, J. R. **Thought Experiments in Philosophy, Science, and the Arts**. New York: Routledge, 2013. p. 11-29.

MUNHOZ, D. P.; STEIN-BARANA, A. C. M.; LEME, C. S. Localizando pedacinhos do céu: constelações em caixas de suco. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 130-144, 2012.

OURIQUE, P. A.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. Fotografando estrelas com uma câmera digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 1302, 2010.

PATY, M. Inteligibilidade racional e historicidade. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 369-390, 2005.

PEREIRA, M. V. et al. Demonstrações experimentais de Física em formato audiovisual produzidas por alunos do Ensino Médio. **Caderna Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 676-692, 2011.

PIASSI, L. P. Clássicos do cinema nas aulas de ciências: a física em 2001: Uma Odisseia no Espaço. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 517-534, 2013.

RAMOS, J. E. F.; PIASSI, L. P. O insólito e a física moderna: interfaces didáticas do conto fantástico. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 1, p. 163-180, 2017.

RIBEIRO, J. L. P. Perguntas em sala no Ensino Médio: observando o pôr do Sol em um elevador panorâmico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, p. e4307, 2017.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 167-183, 2012.

SALIS, F.; FRIGG, R. Capturing the Scientific Imagination. In: LEVY, A.; GODFREY-SMITH, P. **The Scientific Imagination**. New York: Oxford University Press, 2020. p. 17-50.

SANTOS, A. C. F.; NUNES, L. N. Utilizando analogias para a visualização de equipotenciais com uma planilha de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 2401, 2013.

SCHIFFER, H.; GUERRA, H. Problematizando práticas científicas em aulas de Física: o uso de uma história Interrompida para se discutir Ciência de forma epistemológica-

contextual. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 95–127, 2019.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; SALGADO, T. D. M. Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre Ciência Forense e Investigação Criminal. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 252-287, 2015.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. e20180309, 2019.

SILVA, M. D.; FREITAS, M. S. T.; MIQUELIN, A. F. Algumas possibilidades de interação entre Arte Urbana, Joseph Wright e o Ensino de Óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 32-41, 2015.

STEVENSON, L. Twelve Conceptions of Imagination. **British Journal of Aesthetics**, 43, n. 3, 2003. 238-259.

TEIXEIRA, J. N.; MURAMATSU, M.; ALVES, L. A. Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 248-264, 2017.

VIANNA, D. M.; BARBOSA-LIMA, C.; DIAS, M. A. Se inclina, gira, mas não vira. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 841-853, 2019.

Recebido em: 20/01/2023

Aceito em: 20/03/2023