


EXPLORANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA SEQUÊNCIA DIDÁTICA AUSUBELIANA COM HISTÓRIA EM QUADRINHO E JOGO DE TABULEIRO

EXPLORING THE PHOTOELECTRIC EFFECT IN HIGH SCHOOL: AN AUSUBELIAN DIDACTIC SEQUENCE PROPOSAL WITH COMIC STRIP AND BOARD GAME

EXPLORANDO EL EFECTO FOTOELÉCTRICO EN LA ESCUELA SECUNDARIA: UNA PROPUESTA DE SECUENCIA DIDÁCTICA AUSUBELIANA CON CÓMIC Y JUEGO DE MESA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n12-177>

Data de submissão: 17/11/2025

Data de publicação: 17/12/2025

Marcos Moreira do Nascimento

Mestrando em Ensino de Física

Instituição: Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

E-mail: marmornas@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0001-9481-5504>

José Vicente Cardoso Santos

Físico

E-mail: vicentecardoso@uneb.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2501-6175>

RESUMO

Essa pesquisa reflete dissertação desenvolvida no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 60 da Universidade Estadual da Bahia (UNEB), e propõe uma sequência didática focada no Efeito Fotoelétrico para o Ensino Médio, buscando superar os desafios impostos pela abstração conceitual deste fenômeno quântico e é lastreada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), que enfatiza a necessidade de o novo conhecimento se relacionar de maneira não-arbitrária e substantiva com os conhecimentos prévios (subsúcores) dos alunos. Tem como questão norteadora a indagação de que possível, ou não, que alunos do terceiro ano do Ensino Médio obtenham uma aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico, através de uma sequência didática? O objetivo geral é elaborar uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, para o ensino do efeito fotoelétrico no terceiro ano do ensino médio, tendo como objetivos específicos: a) elaborar uma HQ como organizador prévio para contextualizar historicamente o efeito fotoelétrico; b) produzir um jogo de tabuleiro como estratégia lúdica para revisão colaborativa e reconciliação integrativa de conceitos, e, c) criar formulários interativos para avaliação formativa e identificação de dificuldades de aprendizagem dos estudantes. A metodologia empregada inclui revisão bibliográfica, pesquisa qualitativa e a elaboração da sequência didática. Resultados preliminares indicam que essa abordagem contribui para o ensino da Física Moderna, promovendo um aprendizado mais significativo e o engajamento dos alunos com conceitos fundamentais da ciência contemporânea.

Palavras-chave: Efeito Fotoelétrico. Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Física Moderna. Sequência Didática.

ABSTRACT

This research reflects a dissertation developed within the scope of the National Professional Master's Program in Physics Teaching (MNPEF), Campus 60 of the State University of Bahia (UNEB), and proposes a didactic sequence focused on the Photoelectric Effect for High School, seeking to overcome the challenges imposed by the conceptual abstraction of this quantum phenomenon. It is based on the Theory of Meaningful Learning (TAS), which emphasizes the need for new knowledge to relate in a non-arbitrary and substantive way to the students' prior knowledge (subsumers). Its guiding question is whether it is possible, or not, for third-year high school students to achieve meaningful learning about the photoelectric effect through a didactic sequence. The general objective is to develop a didactic sequence based on Ausubel's theory of meaningful learning for teaching the photoelectric effect in the third year of high school, with the following specific objectives: a) To develop a comic strip as a preliminary organizer to historically contextualize the photoelectric effect; b) To produce a board game as a playful strategy for collaborative review and integrative reconciliation of concepts; and c) To create interactive forms for formative assessment and identification of students' learning difficulties. The methodology employed includes a literature review, qualitative research, and the development of the teaching sequence. Preliminary results indicate that this approach contributes to the teaching of Modern Physics, promoting more meaningful learning and student engagement with fundamental concepts of contemporary science.

Keywords: Photoelectric Effect. Physics Teaching. Meaningful Learning. Modern Physics. Teaching Sequence.

RESUMEN

Esta investigación refleja una disertación desarrollada en el ámbito del Programa Nacional de Maestría Profesional en Enseñanza de la Física (MNPEF), Campus 60 de la Universidad Estatal de Bahía (UNEB), y propone una secuencia didáctica centrada en el Efecto Fotoeléctrico para la Enseñanza Media, buscando superar los desafíos impuestos por la abstracción conceptual de este fenómeno cuántico. Se basa en la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS), que enfatiza la necesidad de que los nuevos conocimientos se relacionen de forma no arbitraria y sustantiva con el conocimiento previo de los estudiantes (subsumidores). Su pregunta guía es si es posible, o no, que los estudiantes de tercer año de secundaria logren un aprendizaje significativo sobre el efecto fotoeléctrico a través de una secuencia didáctica. El objetivo general es desarrollar una secuencia didáctica basada en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel para la enseñanza del efecto fotoeléctrico en el tercer año de la escuela secundaria, con los siguientes objetivos específicos: a) crear una tira cómica como preorganizador para contextualizar históricamente el efecto fotoeléctrico; b) crear un juego de mesa como estrategia lúdica para la revisión colaborativa y la conciliación integradora de conceptos, y c) crear formas interactivas para la evaluación formativa y la identificación de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes. La metodología empleada incluye una revisión bibliográfica, una investigación cualitativa y el desarrollo de una secuencia didáctica. Los resultados preliminares indican que este enfoque contribuye a la enseñanza de la Física Moderna, promoviendo un aprendizaje más significativo y la participación del alumnado en los conceptos fundamentales de la ciencia contemporánea.

Palabras clave: Efecto Fotoeléctrico. Enseñanza de la Física. Aprendizaje Significativo. Física Moderna. Secuencia Didáctica.

1 INTRODUÇÃO

A ciência moderna consolidou-se, ao longo dos séculos XIX e XX, como um empreendimento global cuja evolução esteve profundamente ligada à compreensão da luz, da matéria e dos processos quânticos de forma que o seu surgimento, especialmente a formulação da teoria quântica a partir dos trabalhos de Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr e outros, representa uma ruptura epistemológica que transformou a forma como as sociedades interpretam fenômenos naturais e desenvolvem tecnologias (Kuhn, 2012).

Nesse cenário o efeito fotoelétrico, explicado por Einstein em 1905, é um marco dessa transformação, pois consolidou a ideia da luz como portadora de energia quantizada e inaugurou aplicações fundamentais para a eletrônica, sensores, painéis solares e sistemas de comunicação contemporâneos (Gil-Pérez; Martínez-Torregrosa, 2008).

A partir do avanço dessas teorias, os sistemas educacionais ao redor do mundo passaram a enfrentar o desafio de integrar conceitos cada vez mais abstratos ao currículo da educação básica de maneira que a literatura internacional demonstra que conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) são essenciais para formar cidadãos capazes de compreender e atuar em um mundo científico e tecnológico em constante transformação, não obstante, o conjunto de dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes, tais como a compreensão da dualidade onda-partícula ou a modelagem da interação entre radiação e matéria, passam a exigir abordagens didáticas fundamentadas em teorias robustas da aprendizagem (Gil-Pérez; Martínez-Torregrosa, 2008).

No contexto latino-americano, e especialmente no Brasil, a discussão sobre o ensino de FMC é marcada pelo desafio de aproximar a escola das inovações tecnológicas e dos fenômenos que permeiam o cotidiano, e, nesse sentido, políticas educacionais recentes - tais como a BNCC - enfatizam competências ligadas ao pensamento científico, ao uso de evidências, à contextualização e ao protagonismo estudantil, reforçando a importância de incorporar fenômenos da Física Moderna, incluindo o efeito fotoelétrico, no Ensino Médio (Ostermann; Moreira, 2000).

Entretanto, pesquisas mostram que a formação docente, a escassez de materiais didáticos e a distância entre teoria e prática tornam essa integração difícil e, muitas vezes, superficial (SBF, 2013).

Nesse cenário específico do Brasil apresentam-se iniciativas significativas para superar tais desafios, entre elas o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), criado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em 2013 (SBF, 2013).

Importante considerar que o programa busca fortalecer a formação de professores por meio da pesquisa aplicada e da produção de materiais educacionais inovadores, capazes de melhorar a aprendizagem escolar em diferentes níveis. A proposta de desenvolvimento de sequências didáticas

fundamentadas teoricamente - como as baseadas na aprendizagem significativa de David Ausubel - encontra espaço privilegiado no MNPEF e tem sido largamente empregada para integrar conteúdos complexos, como o efeito fotoelétrico, à realidade das salas de aula brasileiras (SBF, 2013).

Essa pesquisa, refletida nesse artigo, considera esses cenários, globais e locais, e acrescenta estudos sobre a aprendizagem significativa, conforme formulada por Ausubel, defende que novos conhecimentos são assimilados quando encontram pontos de ancoragem na estrutura cognitiva pré-existente do estudante (Moreira, 2011).

A introdução do efeito fotoelétrico por meio de recursos visuais, experimentações, simulações computacionais e problemas contextualizados facilita a construção de significados e permite ao aluno compreender como conceitos abstratos emergem de observações empíricas e aplicações tecnológicas. Tal perspectiva encontra respaldo em diversas pesquisas brasileiras que analisam as dificuldades dos estudantes e a eficácia de abordagens instrucionais bem estruturadas (Pacca; Villani, 2000).

No plano local, a aplicação dessas abordagens em salas de aula brasileiras, em escolas públicas ou particulares, evidencia a necessidade de metodologias que considerem o contexto sociocultural dos estudantes. A desigualdade no acesso às tecnologias, o currículo fragmentado e a falta de materiais atualizados tornam o ensino de FMC particularmente desafiador no país. Por isso, a elaboração de sequências didáticas contextualizadas, testadas em ambiente escolar e fundamentadas em teorias educacionais consolidadas torna-se instrumento essencial para contribuir com a democratização do ensino e com a melhoria da aprendizagem. Produtos educacionais gerados no âmbito do MNPEF têm desempenhado papel importante nesse processo, ao fornecer estratégias concretas, atualizadas e alinhadas às demandas reais dos professores e alunos (Rezende; Ostermann, 2015).

Dessa forma, com todo o exposto, o ato de compreender a trajetória global da Física Moderna, identificar os desafios nacionais e propor soluções pedagógicas locais constitui não apenas um exercício acadêmico, mas também um compromisso com a formação científica da juventude brasileira, de maneira que, o efeito fotoelétrico, enquanto fenômeno emblemático da mecânica quântica, revela-se um ponto de partida privilegiado para esse movimento entre o global e o local, entre a teoria e a prática, entre a ciência de ponta e a realidade da sala de aula (Ausubel, 2003).

A pesquisa então justifica-se na fundamentação da relevância do ensino de Física Moderna na formação científica contemporânea, especialmente no que se refere à compreensão da estrutura da matéria, das interações radiativas e de suas aplicações tecnológicas. O efeito fotoelétrico, previsto na unidade temática “Radiações e suas interações” dos PCN+, constitui um fenômeno central para a compreensão da quantização da luz e para a articulação entre física clássica e quântica. Abordá-lo por meio de uma sequência didática estruturada permite integrar conhecimentos prévios dos alunos,

favorecer conexões conceituais não-arbitrárias e promover uma aprendizagem efetivamente significativa, conforme proposto por Ausubel, Moreira e Zabala.

Assim, a pesquisa tem como objetivo geral a elaboração e implementação de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel para o ensino do efeito fotoelétrico no terceiro ano do Ensino Médio; e, como objetivos específicos: a) desenvolver uma história em quadrinhos (HQ) como organizador prévio para contextualização histórica do efeito fotoelétrico; b) elaborar um jogo de tabuleiro como estratégia lúdica de revisão e reconciliação integrativa; c) produzir formulários interativos para avaliação formativa e identificação de dificuldades de aprendizagem.

2 METODOLOGIA E ITINERÁRIO METODOLÓGICO PROPOSTO

2.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA

Para consolidar esses objetivos adota-se uma abordagem qualitativa, estruturada como estudo de caso, e fundamenta-se na revisão de literatura, como pesquisa prévia, e pesquisa-ação enquanto procedimento técnico e envolvimento com o aplicação do produto pedagógico posto (Lakatos; Marconi, 1988; Lakatos; Marconi, 2003; Gil, 2002; Gil, 2008).

Assim a classificação metodológica da pesquisa é híbrida, com a investigação que se caracteriza por uma combinação de distintas categorias metodológicas que se articulam de modo coerente com seus objetivos e procedimentos, tratando-se então de uma pesquisa aplicada, qualitativa, exploratória, bibliográfica, estudo de caso e pesquisa-ação, com recorte transversal e orientada pelos métodos hipotético-dedutivo e dialético.

Além disso, apresenta caráter descritivo, explicativo e de campo, com abrangência local e contemporânea, valendo-se de observação, questionários e análise de atividades como técnicas de coleta de dados.

A amostra corresponde a uma turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual (Prodanov; Freitas, 2013; Gil, 2008), sem contar com o fato de que tal escolha metodológica possibilita a articulação entre diagnóstico, intervenção e reflexão crítica, permitindo que o produto educacional seja simultaneamente construído, aplicado e avaliado no contexto real da sala de aula (Lakatos; Marconi, 1988; Lakatos; Marconi, 2003; Gil, 2002; Gil, 2008).

2.2 ITINERÁRIO METODOLÓGICO

A sequência didática foi organizada em momentos e etapas progressivas, com atividades planejadas de forma a favorecer a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes

Quanto à natureza, o estudo define-se como pesquisa aplicada, pois visa produzir um produto educacional - uma sequência didática - com implementação direta na prática docente voltada ao ensino do efeito fotoelétrico no Ensino Médio.

Em relação à abordagem, adota-se uma perspectiva qualitativa, pois a análise se concentra nos significados, percepções e processos de aprendizagem envolvidos na interação dos estudantes com a sequência didática. Esse tipo de abordagem não depende prioritariamente de métodos estatísticos, mas da interpretação dos fenômenos educativos, característica inerente às pesquisas qualitativas segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 70).

Nos objetivos, esta pesquisa é exploratória, pois busca aprofundar a compreensão sobre o ensino do efeito fotoelétrico em múltiplas dimensões - histórica, conceitual, pedagógica e metodológica, conforme preconiza Gil (2002, p. 41), que afirma que a pesquisa exploratória permite ampliar ideias e construir bases para futuras intervenções, caracterizando-se pela flexibilidade metodológica.

A etapa de revisão bibliográfica buscou reunir referenciais sobre efeito fotoelétrico, ensino de Física Moderna e a teoria de Ausubel, cumprindo o papel destacado por Lakatos e Marconi (2003) de organizar e reinterpretar conhecimentos previamente publicados sob uma nova perspectiva teórica e pedagógica (Lakatos; Marconi, 2003).

Além disso, configurou-se como estudo de caso, pois, conforme Yin (2001), tal delineamento é adequado para investigar fenômenos contemporâneos em seu contexto real.

Em relação à abrangência, o estudo é contemporâneo e comportamental. Contemporâneo porque aborda desafios atuais referentes ao ensino de Física Moderna no Ensino Médio, em consonância com a BNCC. Comportamental porque analisa atitudes, percepções e respostas dos estudantes diante das estratégias propostas. Martins e Theóphilo (2009) destacam que pesquisas educacionais desse tipo buscam compreender como os sujeitos atribuem sentido às práticas pedagógicas vivenciadas (Martins; Theóphilo, 2009).

As técnicas de coleta de dados incluíram observação direta, registros escritos e questionários aplicados aos estudantes. A observação permitiu acompanhar a participação dos alunos durante as atividades; os registros forneceram indícios sobre dificuldades e aprendizagens; e os questionários trouxeram percepções individuais. Minayo (2010) destaca que o uso de diferentes técnicas reforça a

validade dos resultados, por permitir triangulação de dados provenientes de múltiplas fontes (Minayo, 2010).

2.3 UNIVERSO, SUJEITOS E CONTEXTO DA PESQUISA E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional proposto foi aplicado no Colégio Estadual Vera Lux, situado no bairro Nova Brasília, em Salvador (BA), importante considerar que trata-se de uma escola pública que atende majoritariamente estudantes de baixa renda, inseridos em contextos de vulnerabilidade social.

Do ponto de vista socioeconômico, a maioria dos estudantes vive em condições que limitam o acesso a materiais complementares de estudo fora da escola. Os indicadores educacionais refletem esse cenário: segundo reportagem do portal Aratu On, com base nos dados do INEP, o Colégio Estadual Vera Lux obteve o menor desempenho entre as 215 escolas avaliadas em Salvador no ENEM 2024, com média de 459,48 pontos (ARATU ON, 2025).

Assim, o contexto de aplicação caracteriza-se por limitações estruturais, mas também por potencial favorável à implementação de metodologias diferenciadas. A intervenção teste já foi feita com resultados preliminares promissores pois permitiu analisar como recursos como histórias em quadrinhos, atividades experimentais, formulários interativos e jogos de tabuleiro podem contribuir para a aprendizagem significativa de conteúdos da Física Moderna diante das particularidades da escola e da turma investigada.

3 REVISÃO DE LITERATURA: EIXO TEÓRICO EDUCACIONAL

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

No campo da aprendizagem, Moreira e Masini (1982) situam Ausubel como um dos principais representantes do cognitivismo, uma vez que sua teoria coloca o foco na organização e na estruturação das informações na mente do aprendiz. Para esses autores, a aprendizagem cognitiva ocorre quando o indivíduo passa a dispor de um conjunto organizado de conhecimentos - denominado estrutura cognitiva - que possibilita a atribuição de significados e a integração de novas ideias (Moreira; Masini, 1982).

A formulação inicial da teoria da aprendizagem significativa foi apresentada por Ausubel em 1963, na obra “The Psychology of Meaningful Verbal Learning”, que se posicionava em contraste com a aprendizagem puramente mecânica ou memorizada. Décadas depois, Ausubel (2003) publicou “The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View”, traduzido em Portugal como “Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva”, revisando e ampliando

substancialmente suas ideias originais. Nessa revisão, o autor aprofunda a discussão sobre as condições e os mecanismos psicológicos envolvidos na aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

Segundo o próprio Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações estabelecem relações substantivas - não literais e não arbitrárias - com conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Esse processo só se efetiva quando o material de aprendizagem apresenta significado lógico e quando o aprendiz manifesta disposição para relacioná-lo a seus conhecimentos prévios. Moreira (2011) reforça essa ideia ao definir aprendizagem significativa como a interação substantiva entre novos conteúdos e aquilo que o estudante já sabe (Moreira, 2011).

A essência do processo reside na relação entre novas ideias e conceitos específicos já consolidados, que funcionam como base para a ancoragem e atribuição de significados. Esses conceitos já existentes são denominados por Ausubel de subsunçores. Moreira (2006) explica que o subsunçor é uma ideia, conceito ou proposição previamente estabelecida na estrutura cognitiva, capaz de fornecer suporte para que um novo conhecimento adquira significado, atuando como ponto de ancoragem cognitiva (Moreira, 2006).

A estrutura cognitiva, dentro da teoria ausubeliana, refere-se ao conjunto organizado e hierárquico de conhecimentos inter-relacionados que o aprendiz possui. Como destaca Moreira (2011, p. 19), trata-se de “um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados”, cuja estabilidade e organização determinam a profundidade da aprendizagem (Moreira, 2011).

A aprendizagem significativa, portanto, emerge da interação entre sujeito e objeto de conhecimento. Os conhecimentos prévios funcionam como âncoras cognitivas, permitindo que novas informações se integrem de forma duradoura e transformadora. Ensinar significativamente implica organizar conteúdos que dialoguem com o repertório do aluno, promovendo condições para que ele atribua significado, e não apenas reproduza informações (Moreira, 2011).

No processo de aprendizagem por recepção significativa, Ausubel (2003) destaca que o aprendiz atribui novos significados ao material apresentado desde que este possa ser relacionado de maneira substantiva aos conhecimentos pré-existentes. Isso requer, além da disposição interna, que o material seja logicamente estruturado e compatível com o repertório do estudante (Ausubel, 2003).

As três modalidades de aprendizagem significativa propostas por Ausubel - subordinada, superordenada e combinatória - são fundamentais para compreender como novos conhecimentos se incorporam à estrutura cognitiva. Elas descrevem diferentes modos de interação entre novos conteúdos e subsunçores já existentes, destacando também o papel da hierarquia cognitiva nesse processo (Moreira, 2011).

Na aprendizagem subordinada, o novo conhecimento se ancora em subsunçores mais gerais, podendo provocar apenas uma ampliação do que já era conhecido (subordinação derivativa) ou exigir uma reconstrução conceitual (subordinação correlativa). Ausubel (1968 *apud* MOREIRA; MASINI, 1982) esclarece que, na aprendizagem derivativa, o novo conhecimento atua como exemplo ou ilustração de um conceito já estabelecido, enquanto, na correlativa, ocorre uma modificação ou extensão significativa do subsunçor (Moreira; Masini, 1982).

No contexto do efeito fotoelétrico, um exemplo de subordinação derivativa ocorre quando o estudante que já compreende que a luz transporta energia aprende que essa energia pode ser transferida aos elétrons de um metal, gerando sua ejeção. Já a subordinação correlativa acontece quando o aluno precisa revisar a concepção equivocada de que a energia da luz depende da intensidade e passa a compreender, a partir da equação $E = hf$, que a energia está associada à frequência da radiação (Moreira, 2011).

A aprendizagem superordenada ocorre quando o aprendiz formula um conceito mais inclusivo que passa a integrar e assimilar ideias previamente dispersas. Como explicam Moreira e Masini (1982), ao longo da aprendizagem significativa, os conceitos podem se relacionar entre si, originando combinações que dão origem a subsunçores mais amplos. No estudo do efeito fotoelétrico, isso pode ocorrer quando o aluno passa a integrar seus conhecimentos sobre fenômenos ondulatórios e corpusculares sob o conceito mais geral de dualidade onda-partícula (Moreira; Masini, 1982).

Por sua vez, a aprendizagem combinatória caracteriza-se pela incorporação de uma nova ideia que não se subordina nem se superordena a conceitos já existentes, mas estabelece relações gerais e contextuais com eles. Ausubel (2003) explica que, nesse caso, a nova informação compartilha alguns atributos com conhecimentos prévios, mas não deriva nem os engloba. No ensino do efeito fotoelétrico, isso ocorre, por exemplo, quando o aluno articula noções independentes de ondulatória e de quantização para compreender o conceito de fóton (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos centrais para a dinâmica da estrutura cognitiva dentro da teoria de Ausubel. Moreira (2011) explica que a estrutura cognitiva organiza-se hierarquicamente e se modifica continuamente conforme novos significados são adquiridos e incorporados (Moreira, 2011).

A reconciliação integrativa, por outro lado, ocorre quando o aprendiz precisa resolver discrepâncias entre novos conteúdos e conhecimentos prévios, integrar significados e estabelecer conexões entre conceitos. Moreira (2011) define esse processo como parte fundamental da reorganização cognitiva, uma vez que envolve a identificação de semelhanças e diferenças e a solução de possíveis conflitos conceituais (Moreira, 2011).

Por fim, Moreira (2011) observa que a diferenciação progressiva associa-se predominantemente à aprendizagem subordinada, enquanto a reconciliação integrativa está vinculada às aprendizagens superordenada e combinatória, revelando a complementaridade entre essas duas dinâmicas cognitivas no processo de atribuição de significados (Moreira, 2011).

3.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NA PRÁTICA DOCENTE

A análise realizada no repositório do MNPEF revelou que, dentre as 16 dissertações identificadas, cinco declararam explicitamente utilizar a Teoria da Aprendizagem Significativa como base teórica, seja no título, no resumo ou na versão integral disponível para consulta. Esses trabalhos representam 31,25% do total examinado e evidenciam a presença consistente da TAS nas pesquisas do programa, sinalizando seu papel como um dos referenciais mais empregados em propostas que articulam teoria e prática no Ensino de Física (MNPEF, 2023).

Diversos autores discutem a relevância da teoria de Ausubel para o ensino de Ciências, destacando especialmente sua contribuição para práticas pedagógicas que buscam promover a construção de significados por meio da relação entre novos conhecimentos e as ideias já estruturadas pelos alunos. Nesse sentido, Silva e Schirlo (2014, p. 41) afirmam que a Teoria da Aprendizagem Significativa “tem papel relevante no que tange à formação dos estudantes, tendo em vista os desafios impostos pela atual sociedade, pois ela auxilia os professores no processo de ensino”, enfatizando que a mediação pedagógica precisa dialogar com o contexto sociotecnológico dos discentes para que o conhecimento escolar se torne mais próximo e compreensível (Silva; Schirlo, 2014).

A contribuição de Silva-Pires, Trajano e Araujo-Jorge (2020) reforça essa perspectiva ao evidenciar que jogos educativos podem desempenhar um papel significativo na promoção da aprendizagem significativa. De acordo com os autores, a integração de linguagens diversas - como a textual, a visual e a simbólica - favorece a formação de vestígios cognitivos estáveis e possibilita que novas informações sejam relacionadas de maneira não arbitrária aos esquemas prévios dos estudantes. Como afirmam, “os jogos educacionais promovem a formação de vestígios estáveis [...] facilitando o resgate do conteúdo a longo prazo” (Pires; Trajano; Jorge, 2020, p. 18).

Em conjunto, a literatura analisada aponta que, embora a Teoria da Aprendizagem Significativa apresente grande potencial para qualificar o ensino de Física, sua implementação prática exige a articulação entre formação docente, recursos instrucionais adequados e escolhas metodológicas bem fundamentadas. Tecnologias digitais, atividades experimentais, jogos e organizadores prévios aparecem como estratégias particularmente eficazes para promover aprendizagens mais profundas, desde que coerentes com os princípios da teoria e sensíveis às

realidades escolares nas quais são aplicadas (Ausubel, 2003; Tironi *et al.*, 2013; Silva; Schirlo, 2014).

3.3 DESAFIOS DO ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO

O ensino do efeito fotoelétrico no Ensino Médio ainda enfrenta obstáculos significativos, tanto no plano conceitual quanto no metodológico. Como analisam Ostermann e Moreira (2000), embora exista consenso entre educadores sobre a relevância da Física Moderna e Contemporânea para a formação científica dos estudantes, são escassos os trabalhos que apresentam intervenções didáticas aplicadas em sala de aula e acompanhadas de resultados concretos de aprendizagem. Essa escassez revela um distanciamento entre o reconhecimento teórico da importância desses conteúdos e sua efetiva implementação nas práticas pedagógicas cotidianas (Ostermann; Moreira, 2000).

A pesquisa de Silva e Errobidart (2015) reforça esse diagnóstico ao apontar dificuldades conceituais recorrentes no ensino do efeito fotoelétrico e da natureza corpuscular da luz. Entre os equívocos mais frequentes, destacam-se a confusão entre intensidade e frequência da radiação, a compreensão insuficiente do papel da função trabalho, fragilidades na interpretação de conceitos ondulatórios básicos e até limitações envolvendo operações matemáticas fundamentais (Silva; Errobidart, 2015).

Em relação ao tratamento do efeito fotoelétrico nos livros didáticos utilizados no Ensino Médio, Turuda e Assunção (2019), no estudo “Análise da abordagem do efeito fotoelétrico nos livros didáticos de física”, constatam que a apresentação do fenômeno ainda se mostra limitada e fragmentada. Segundo os autores, grande parte dos materiais prioriza cálculos e formalismos matemáticos, deixando em segundo plano a contextualização histórica, as discussões epistemológicas e as relações com tecnologias atuais.

3.4 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE FÍSICA

A análise das dissertações do MNPEF revelou que a utilização de sequências didáticas tem sido uma prática recorrente no ensino do efeito fotoelétrico. Entre as 16 produções encontradas no repositório do programa, considerando apenas aquelas cujo título, resumo ou texto completo disponível indicavam explicitamente essa informação, verificou-se que 9 delas fazem referência direta ao uso de sequência didática, representando 56% do total. Em tais trabalhos, a sequência aparece ora como estratégia metodológica central para o desenvolvimento do produto educacional, ora como o próprio produto apresentado pelo mestrando (MNPEF, 2023).

Ainda que o uso desse formato não seja obrigatório, o Documento Orientador da Dissertação e do Produto Educacional do MNPEF reconhece oficialmente a sequência didática como uma das

modalidades válidas de produto. Conforme destaca a Sociedade Brasileira de Física (SBF), o produto educacional pode assumir diferentes formas, incluindo “sequência didática, sequência de experimentos, uso de experimentos, material instrucional, dispositivo construído (...)” (SBF, 2022, p. 2).

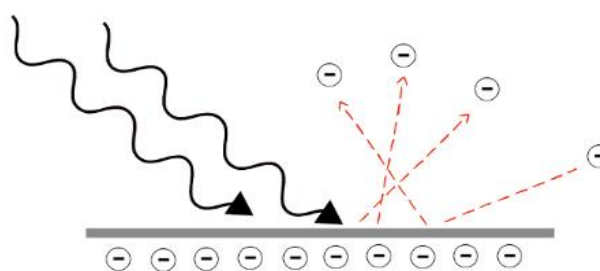
A sequência didática constitui um arranjo estruturado de atividades planejadas de maneira articulada, visando ao alcance de objetivos pedagógicos específicos. Trata-se de uma metodologia que organiza o processo de ensino-aprendizagem em etapas encadeadas, considerando a progressão conceitual dos conteúdos e as necessidades reais dos estudantes. Zabala (1998, p. 20) define a sequência didática como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (Zabala, 1998).

Essa opção metodológica reforça a intenção de proporcionar um processo de ensino estruturado, progressivo e coerente com as necessidades reais dos estudantes e com os princípios teóricos que fundamentam a pesquisa (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

3.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA - EFEITO FOTOELÉTRICO

De acordo com Eisberg e Resnick (1979, p. 51), o efeito fotoelétrico é um fenômeno que “consiste na emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre essa superfície”, conforme ilustrado na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Representação do Efeito fotoelétrico



Fonte: (Brasil Escola, 2025)

A descoberta desse efeito remonta ao ano de 1887, quando o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1893), ao realizar experimentos para verificar a existência de ondas eletromagnéticas, observou um comportamento inesperado: ao produzir centelhas elétricas em uma antena emissora, uma segunda centelha era gerada simultaneamente na antena receptora. Esse fenômeno, inicialmente não compreendido, viria a ser identificado posteriormente como uma manifestação do efeito fotoelétrico.

Buscando evitar a produção desta centelha elétrica secundária, Hertz construiu um aparato, e verificou que a centelha diminuía quando a antena receptora não estava exposta à luz. Ele concluiu que a produção desta centelha elétrica secundária era facilitada pela incidência da radiação ultravioleta. Hertz não se preocupou em explicar o fenômeno observado, mas achou coerente relatá-lo a comunidade científica.

O Fenômeno permaneceu sem uma explicação consistente até 1905, quando o físico alemão Albert Einstein apresenta sua interpretação. Utilizando-se da ideia do físico Max Planck, de que a energia era emitida e absorvida em pacotes discretos de energia, Einstein supõe que a luz (radiação eletromagnética) era composta por partículas, cuja energia é proporcional à frequência da radiação, representada pela equação (1):

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

Onde E é a energia do fóton, h é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação incidente. Assim a energia do fóton pode ser transferida integralmente a um elétron. Se essa energia exceder o valor do trabalho de extração (W), o elétron é emitido com energia cinética máxima, como explicitado na equação (2):

$$E_{cmax} = h\nu - w \quad (2)$$

Essa formulação não apenas explicou os resultados experimentais de Hertz, mas também rompeu com a concepção clássica de luz como onda puramente contínua. Como destaca Ribeiro (2002), a teoria de Einstein sobre o efeito fotoelétrico constitui um dos pilares da Física Moderna. Sua relevância foi reconhecida com o Prêmio Nobel de Física em 1921.

4 O PRODUTO EDUCACIONAL PROPOSTO

4.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A apresentação do produto educacional descreve uma sequência didática elaborada segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com a finalidade de tornar o ensino do efeito fotoelétrico mais acessível, contextualizado e conectado aos conhecimentos prévios de estudantes do terceiro ano do ensino médio. Fundamentado na ideia de que a aprendizagem depende da relação entre novos conteúdos e a estrutura cognitiva do aluno, o material adota uma organização intencional e progressiva das atividades, conforme a definição de sequência didática proposta por Zabala (1998).

A proposta enfatiza que o material é apenas potencialmente significativo, uma vez que o significado está no aprendiz e não nos recursos instrucionais (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

Por isso, a sequência foi organizada para favorecer a interação substantiva e não-arbitrária entre o novo conteúdo (efeito fotoelétrico, fóton, frequência, quantização) e conceitos já presentes na experiência dos alunos, como luz, energia e matéria.

O texto explica, de forma sintética, os principais elementos da teoria ausubeliana que orientaram a elaboração do produto: os tipos de aprendizagem significativa (subordinada, superordenada e combinatória), os princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, e o uso de instrumentos facilitadores, como organizadores prévios e mapas conceituais.

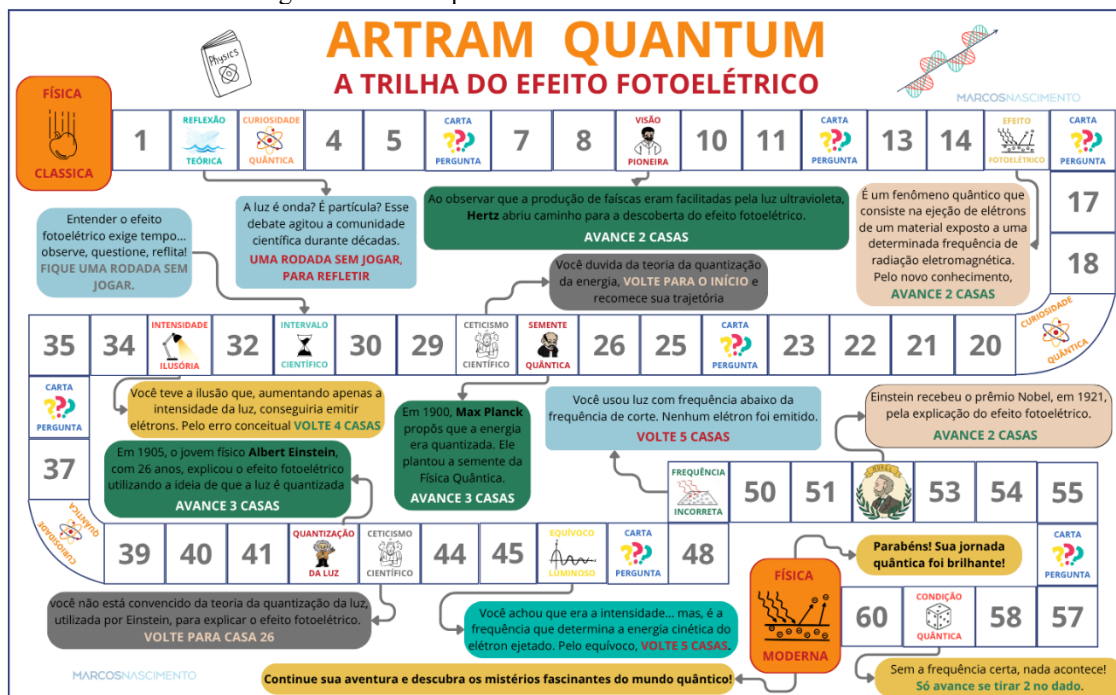
Na aprendizagem subordinada, o novo conhecimento se ancora em ideias já existentes; na superordenada, um conceito mais geral integra subsunçores prévios; na combinatória, um novo significado emerge da síntese de conhecimentos anteriores sem relação hierárquica. Já a diferenciação progressiva orienta a apresentação de ideias gerais antes das específicas, enquanto a reconciliação integrativa reorganiza concepções prévias quando há conflitos conceituais.

Como organizador prévio, a sequência utiliza uma história em quadrinhos que introduz de forma lúdica os temas centrais, preparando cognitivamente os alunos. Os mapas conceituais, por sua vez, são aplicados como instrumentos de avaliação formativa, permitindo identificar como os estudantes articulam e hierarquizam conceitos, conforme Novak e Gowin (1996).

A proposta também destaca o papel ativo do professor como mediador na aprendizagem significativa e a importância de avaliações que valorizem evidências de construção de sentido, e não apenas respostas corretas.

Assim, o produto educacional estrutura uma abordagem coerente, contextualizada e cognitivamente orientada para o ensino do efeito fotoelétrico, articulando teoria pedagógica, recursos didáticos e estratégias avaliativas para favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes, conforme se verifica no Figura 2, a seguir, no seu tabuleiro:

Figura 2: Artram quantum - A trilha do efeito fotoelétrico.



Fonte: (Próprios Autores, 2025).

Trata-se então de um produto que combina elementos narrativos e gráficos - como a utilização de uma história em quadrinhos - com atividades investigativas, experimentações acessíveis, elaboração de um jogo de tabuleiro e uso de recursos digitais.

Cada uma dessas etapas foi planejada para mobilizar competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), particularmente aquelas que envolvem a construção de modelos explicativos, argumentação científica e análise crítica de fenômenos físicos, articulando teoria, prática e ludicidade em um percurso pedagógico inovador (Brasil, 2018).

4.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A seguir, apresenta-se a estrutura geral da sequência didática elaborada como produto educacional, lastreada nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa, a proposta organiza-se considerando os conhecimentos prévios dos estudantes, suas experiências e o contexto sociocultural da escola pública onde se deu sua implementação.

A sequência é composta por seis momentos pedagógicos distribuídos em doze etapas, intercalando atividades presenciais e estudos orientados para casa. Essa organização busca promover uma aprendizagem progressiva, ativa e integradora, articulando conteúdos da Física Moderna - em especial o efeito fotoelétrico - com práticas pedagógicas acessíveis e motivadoras, como o uso de HQ, construção de mapas conceituais e desenvolvimento de um jogo de tabuleiro (Moreira, 2011).

Para favorecer a compreensão global da proposta, apresenta-se a seguir um quadro-síntese (Quadro 1) contendo os momentos e etapas que constituem a sequência didática.

Quadro 1: Estrutura da sequência didática

Momento	Etapas	Tipo de atividade	Descrição	Habilidades
1- Ativação dos conhecimentos prévios	1	Estudo orientado para casa.	Atividade diagnóstica para ativar conhecimentos prévios sobre luz, energia e fenômenos relacionados.	EM13CNT101 EM13CNT303 EM13CNT104
	2	Encontro presencial	Implementação do organizador prévio: leitura e discussão da HQ.	EM13CNT101 EM13CNT303
	3	Estudo orientado para casa.	Formulário interativo com base na HQ e na atividade diagnóstica.	EM13CNT301 EM13CNT302
2 - Retomada e formalização inicial	4	Encontro presencial	Roda de conversa e construção de mapa de ideias com base na HQ, relacionando conceitos como luz, fóton, frequência de corte e energia.	EM13CNT101 EM13CNT201 EM13CNT303
	5	Estudo orientado para casa	Ficha didática com retomada e aprofundamento conceitual.	EM13CNT101 EM13CNT302 EM13CNT303
3 - Consolidação conceitual e experimento.	6	Encontro presencial	Resolução de exercícios e aplicação da equação $E = hf - w$.	EM13CNT101 EM13CNT301
	7	Estudo orientado para casa	Análise de vídeo sobre efeito fotoelétrico no eletroscópio de folha e relatório guiado.	EM13CNT101 EM13CNT302
4 - Reconciliação conceitual.	8	Encontro presencial	Discussão coletiva do relatório do vídeo e retomada de conceitos. Orientações sobre mapa conceitual.	EM13CNT101 EM13CNT201 EM13CNT301 EM13CNT302
	9	Estudo orientado para casa	Elaboração de mapa conceitual	EM13CNT302 EM13CNT303
5 - Revisão lúdica dos conceitos	10	Encontro presencial	Aplicação do jogo de tabuleiro.	EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303
6 - Avaliação formativa e encerramento.	11	Encontro presencial	Discussão coletiva dos mapas conceituais.	EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303
	12	Estudo orientada para casa	Avaliação da sequência didática por formulário interativo.	Não mobiliza habilidades específicas de Ciências da Natureza.

Fonte: (Próprios Autores, 2025).

A sequência didática inicia-se no Momento 1, dedicado à ativação dos conhecimentos prévios, estruturado em três etapas, fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

A Etapa 1 consiste em um estudo diagnóstico orientado para casa, no qual os estudantes relacionam fenômenos cotidianos envolvendo luz e energia, permitindo identificar subsunçores relevantes que servirão de base para novas aprendizagens, conforme o princípio de que “a

aprendizagem significativa depende do que o aluno já sabe” (Ausubel, 2000).

Em seguida, a Etapa 2 ocorre em ambiente presencial, com a leitura orientada de uma história em quadrinhos utilizada como organizador prévio, estratégia recomendada por Ausubel (2003) e Moreira (2011) para facilitar a familiarização com conteúdos complexos.

A HQ contextualiza historicamente o efeito fotoelétrico, introduzindo contribuições de Planck e Einstein.

A Etapa 3, também orientada para casa, utiliza um formulário interativo que promove a reorganização das ideias mobilizadas nas etapas anteriores, favorecendo a reconciliação integrativa ao levar o estudante a confrontar suas explicações com diferentes situações envolvendo luz e matéria (Moreira, 2011).

No Momento 2, voltado à retomada significativa e transição para a formalização conceitual, a Etapa 4 consiste em uma roda de conversa presencial, na qual os estudantes discutem respostas do formulário, confrontam concepções alternativas e elaboram coletivamente um mapa de ideias que organiza conceitos como luz, fóton, energia e frequência de corte.

Esse processo reflete o papel da socialização e da problematização na aprendizagem significativa, conforme indicado por Ausubel (2003). A Etapa 5, realizada em estudo orientado para casa, utiliza uma ficha didática estruturada em quatro partes (glossário, análise de imagens, correção de afirmações e síntese pessoal), possibilitando a diferenciação progressiva e a consolidação de significados por meio da elaboração ativa de definições e da reinterpretação de cenas da HQ.

O Momento 3 aprofunda a aplicação e consolidação dos conceitos do efeito fotoelétrico, articulando formalização matemática e evidências empíricas. A Etapa 6 ocorre presencialmente e envolve resolução de exercícios qualitativos e numéricos relacionados à equação $E = hf - W$, permitindo que os alunos relacionem a linguagem matemática às ideias discutidas anteriormente.

Já a Etapa 7, desenvolvida em casa, consiste na análise de um vídeo experimental sobre o efeito fotoelétrico em um eletroscópio, seguida de relatório guiado. Essa etapa integra observações empíricas, conceitos científicos e a equação matemática, alinhando-se à defesa da experimentação como componente essencial da aprendizagem, conforme os PCNs+ (Brasil, 2006).

No Momento 4, dedicado à mediação docente e reconciliação conceitual, a Etapa 8 compreende a análise coletiva dos relatórios do vídeo, com discussão das evidências observadas e retomada dos conceitos de fóton, função trabalho e frequência de corte. Esse momento favorece a explicitação e superação de concepções alternativas, em consonância com o papel da reconciliação integrativa descrito por Moreira (2011).

A Etapa 9 consiste na elaboração de um mapa conceitual individual, no qual o estudante

reorganiza hierarquicamente os conhecimentos construídos, mobilizando informações provenientes da HQ, do mapa de ideias, da ficha didática, do experimento e das discussões conceituais. Esse processo evidencia diferenciação progressiva e síntese cognitiva, características fundamentais da aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

O Momento 5, composto pela Etapa 10, propõe a revisão e consolidação dos conceitos por meio de um jogo de tabuleiro, utilizado como recurso avaliativo-formativo.

A atividade mobiliza conteúdos como fóton, função trabalho, energia e frequência, permitindo que os estudantes retomem e integrem conhecimentos de maneira lúdica e cooperativa. A mediação do professor garante que respostas incompletas sejam reelaboradas, assegurando que a atividade contribua para a consolidação de significados - aspecto alinhado aos princípios da teoria ausubeliana (Moreira, 2011).

O Momento 6 representa a etapa final da sequência didática, estruturado com foco na avaliação formativa e no encerramento reflexivo das atividades. Em consonância com a perspectiva ausubeliana, esta etapa se distancia das avaliações tradicionais de caráter meramente somativo, priorizando a análise das produções dos estudantes, a mediação dialógica e a identificação de indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, processos essenciais para a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

Dessa forma, este momento busca compreender o percurso de aprendizagem dos estudantes não apenas pelo acerto conceitual, mas pela forma como reorganizam, conectam e reinterpretam os conceitos trabalhados ao longo da sequência.

A Etapa 11 consiste na realização de um encontro presencial dedicado à análise e debate coletivo dos mapas conceituais elaborados previamente na Etapa 9. Esse momento funciona como uma devolutiva formativa, em que os estudantes são convidados a apresentar e justificar suas representações gráficas sobre conceitos como fóton, frequência, energia, função trabalho e emissão de elétrons.

O compartilhamento das produções permite a comparação entre diferentes formas de organizar cognitivamente o conteúdo, estimulando a reflexão crítica, a revisão de ideias e o aprofundamento conceitual a partir do diálogo com os colegas. Além disso, a mediação docente é fundamental para orientar a identificação de relações conceituais faltantes ou incoerentes, promovendo a reorganização estrutural do conhecimento, conforme defendido por Ausubel (2003).

Esta etapa mobiliza habilidades centrais da BNCC, como a interpretação e representação de modelos explicativos (EM13CNT301), a comunicação científica em diferentes linguagens (EM13CNT302) e a análise crítica de informações e representações (EM13CNT303), especialmente

evidenciadas quando os estudantes justificam suas escolhas e comparam suas concepções com as de seus pares.

Já a Etapa 12 constitui o momento de encerramento da sequência, realizada por meio de um formulário interativo - impresso ou digital - que solicita ao estudante refletir sobre o que aprendeu, expressar dificuldades remanescentes e avaliar a experiência pedagógica vivenciada.

Este instrumento cumpre uma dupla função: de um lado, favorece a metacognição, ao permitir que o estudante tome consciência de sua própria trajetória de aprendizagem; de outro, fornece ao professor subsídios para avaliar a efetividade da proposta e planejar práticas futuras baseadas em evidências.

Diferentemente das etapas anteriores, esta fase se aproxima mais das competências gerais previstas pela BNCC relacionadas à argumentação fundamentada, à comunicação de opiniões e à reflexão crítica sobre o próprio processo formativo (Brasil, 2018), do que de habilidades específicas da área de Ciências da Natureza. Tal característica evidencia seu caráter predominantemente reflexivo e formativo, tornando visível o nível de significação atribuído pelos estudantes aos conteúdos trabalhados e permitindo que o professor identifique, de forma qualitativa, indícios de aprendizagem significativa conforme os referenciais teóricos de Ausubel (2003) e Moreira (2011).

Assim, o Momento 6, composto pelas etapas 11 e 12, encerra a sequência didática de maneira coerente com seus princípios norteadores, promovendo uma síntese avaliativa que reconhece o estudante como sujeito ativo de seu próprio processo de aprendizagem e reforça a dimensão dialógica, investigativa e reflexiva que permeia todo o percurso pedagógico.

5 PROPOSTAS DE APLICAÇÕES

Como perspectiva de continuidade desta pesquisa, propõe-se o desenvolvimento de um estudo futuro, com aplicações no universo de pesquisa apresentado, e centrado na análise qualitativa da aplicação da sequência didática, examinando cada uma de suas etapas à luz dos pressupostos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Esse estudo subsequente deverá contemplar uma avaliação aprofundada sobre como os estudantes articulam seus conhecimentos prévios, reorganizam conceitos e avançam na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa ao longo das atividades propostas (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

No trabalho futuro, pretende-se garantir o cumprimento de princípios éticos e institucionais, mantendo o anonimato dos estudantes e evitando o registro de imagens pessoais. Assim, a análise será conduzida com base em registros materiais produzidos pelos participantes - tais como respostas

manuscritas, mapas conceituais e fichas didáticas - além de fotografias dos recursos pedagógicos utilizados e registros reflexivos do pesquisador. Essa estratégia atende ao compromisso ético de preservar a privacidade dos estudantes e, ao mesmo tempo, assegurar a robustez das evidências empregadas na interpretação dos dados, conforme orienta a literatura que discute responsabilidade ética em pesquisas educacionais (Minayo, 2010).

Espera-se, também, que futuras aplicações sejam realizadas preferencialmente em formato impresso, considerando as limitações de acesso digital identificadas no contexto escolar em que a presente pesquisa foi conduzida. A manutenção desse formato poderá favorecer a participação equitativa dos estudantes, além de evitar barreiras tecnológicas que possam comprometer a coleta de dados e a validade das interpretações.

A investigação futura deverá contemplar, no primeiro momento, a análise das etapas de ativação dos conhecimentos prévios, buscando identificar como os estudantes respondem às situações-problema propostas e de que maneira mobilizam concepções espontâneas sobre luz, energia e interação entre radiação eletromagnética e matéria. Espera-se que esse levantamento inicial permita caracterizar a estrutura cognitiva prévia dos alunos, conforme indicado por Ausubel (2003), fornecendo subsídios para decisões pedagógicas posteriores.

No segundo momento, pretende-se analisar a implementação do organizador prévio - uma história em quadrinhos sobre o efeito fotoelétrico - e sua relevância como mediador simbólico na construção inicial de significados. A literatura aponta que organizadores prévios bem elaborados favorecem a aprendizagem ao estabelecer pontes entre os subsunçores dos estudantes e os novos conceitos a serem aprendidos (Ausubel, 2003; Moreira, 2011), e o estudo futuro buscará evidenciar empiricamente esses processos.

Também se planeja investigar, de forma sistemática, as respostas dos estudantes ao formulário interativo, verificando indícios iniciais de reorganização conceitual e possíveis avanços na compreensão da relação entre frequência, intensidade e emissão de elétrons. Essa etapa será fundamental para compreender se as atividades introdutórias favorecem a emergência de explicações mais próximas do modelo científico.

No terceiro e quarto momentos, espera-se realizar uma análise detalhada das etapas de formalização e consolidação conceitual, incluindo a produção do mapa de ideias, a resolução de exercícios envolvendo a equação $E = hf - W$ e a análise de experimentos demonstrativos por vídeo. O estudo buscará verificar como os alunos articulam representações visuais, matemáticas e verbais, e como esses diferentes registros favorecem a construção de significados estáveis, a partir do referencial ausubeliano de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Por fim, o trabalho futuro deverá investigar a eficácia das atividades lúdicas e avaliativas - como o jogo de tabuleiro e o mapa conceitual final - como instrumentos de avaliação formativa e como mecanismos de síntese cognitiva. Espera-se que esses dados permitam aprofundar a compreensão sobre o papel da ludicidade, da colaboração e da autoavaliação na aprendizagem de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Como produto final, planeja-se que a análise das etapas de aplicação gere recomendações para aprimoramentos da própria sequência didática, indicando ajustes necessários na formulação das questões, na mediação docente, nos recursos visuais e na organização temporal das atividades. Dessa forma, o trabalho futuro não apenas ampliará a compreensão sobre a aprendizagem do efeito fotoelétrico em contexto escolar, mas também contribuirá para o fortalecimento de práticas pedagógicas fundamentadas na Aprendizagem Significativa e alinhadas às diretrizes da BNCC (Brasil, 2018).

REFERÊNCIAS

- ARATU ON. Confirma ranking das melhores escolas de Salvador no Enem 2024. Salvador, 15 jul. 2025. Disponível em: <https://aratuon.com.br/educacao/confirma-ranking-das-melhores-escolas-de-salvador-no-enem-2024>. Acesso em: 18 de julho de 2025.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Traduzido por Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Springer Science & Business Media. 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.
- EFEITO FOTOELÉTRICO explicado de forma didática. Brasil Escola, 2025. Disponível em: <https://www.brasilecola.uol.com.br/fisica/efeito-fotoeletrico.htm>. Acesso em: 01 dez. 2025.
- EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.
- FRANCO, Donizete Lima. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física moderna no Ensino Médio. Revista Triângulo, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 151-162, 2018. DOI: 10.18554/rt.v0i0.2664. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/revistatriangulo/article/view/2664>. Acesso em: 26 de junho de 2025.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008
- GIL-PÉREZ, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. A. La enseñanza de las ciencias. Madrid: Síntesis, 2008.
- JANUÁRIO, M. D. de A.; HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T. Tendências atuais sobre o ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura. Revista Educar Mais, v. 8, p. 1-22, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/278508>. Acesso em: 20 de junho de 2025.
- KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. 11ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de. Fundamentos da metodologia científica. São Paulo: Atlas, 1988.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5ª. ed. - São Paulo : Atlas 2003.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa de saúde. 12. Ed. São Paulo: Hucitec, 2010.

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Regimento Geral. Sociedade Brasileira de Física, 2023.

MNPEF. Regimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. 2023. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/regimento-geral>. Acesso em 25 de abril de 2024.

MORAES, José Uibson Pereira; SILVA JÚNIOR, Romualdo S. Experiências didáticas no ensino de Física com foco na aprendizagem significativa. Latin-American Journal of Physics Education, Santa Clara, v. 9, n. 2, p. 1-8, jun. 2015. Disponível em: http://lajpe.org/jun15/08_972_Santos.pdf. Acesso em: 23 de junho de 2025.

MOREIRA, M. A. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Brasília: Editora da UnB, 2011.

MOREIRA, Marco A. A Teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco A; MASINI, Elcie F. Salzano. Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. Aprender a aprender. Traduzido por Carla Valadares. Lisboa: Plátano, 1996.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/600>. Acesso em: 20 de junho de 2025.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. O ensino de Física Moderna e Contemporânea e o papel da experimentação. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, p. 94-103, 2000.

PIRES, F. S.; TRAJANO, S.; JORGE, P. S. Jogos educacionais como instrumentos para aprendizagem significativa. Revista Eletrônica de Educação, v. 14, n. 2, p. 1-22, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática docente e o ensino de Física Moderna: análises de propostas e intervenções. Ciência & Educação, v. 21, n. 2, p. 431-451, 2015.

SBF - SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. Documento orientador do produto educacional. 2022.

SILVA, A. C.; ERROBIDART, C. Ensino do efeito fotoelétrico e dificuldades conceituais. 2015.

SILVA, J. L.; SCHIRLO, A. C. A aprendizagem significativa na educação científica. Revista de Ensino de Ciências, v. 35, n. 1, p. 41-45, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF). Regimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2013.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. 18^a.ed. São Paulo: Cortez, 2011

TIRONI, A. B. et al. Organizadores prévios e Física Moderna no Ensino Médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 3, p. 618-642, 2013.

TURUDA, Charles T.; ASSUNÇÃO, Thiago V. Análise da abordagem do efeito fotoelétrico nos livros didáticos de física. Anais IV CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56452>. Acesso em: 22 de junho de 2025.

TURUDA, L.; ASSUNÇÃO, A. Análise da abordagem do efeito fotoelétrico nos livros didáticos de Física. 2019.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

ZABALA, A. A Prática Educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANGIROLAMI-RAIMUNDO, Juliana; ECHEIMBERG, Jorge de Oliveira; LEONE, Claudio. Tópicos de metodologia de pesquisa: estudos de corte transversal. Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 402-407, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.7322/jhgd.152198>. Acesso em: 25 set. 2025.