



UMA REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Natilene Teixeira Costa Silva [*]
Paulo Ricardo da Silva Rosa [**]
Nádia Cristina G. Errobidart [***]

[*] Doutoranda de Ensino de Ciências (INFI-UFMS). Professora no Ensino Médio em Araçoiaba-PE. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4912-6731>. Email: lenesbel2006@gmail.com.

[**] Doutor em Ciências (1993) pela UFRGS. Professor Titular aposentado da UFMS. Membro do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciências. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5418-8596>. Email: paulo.rosa@ufms.br.

[***] Doutora em Educação (2010) pela UFMS. Professora Adjunta da UFMS. Coordenadora do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciências. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7240-5723>. Email: nadia.guimaraes@ufms.br.

RESUMO

Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação estão presentes em diferentes atividades sociais, de trabalho e estudo, do nosso cotidiano. Seu emprego em metodologias ativas de ensino, para favorecer a aprendizagem de Ciências de forma crítica e responsável, constitui-se no objeto de estudo de pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento. apresentamos uma ponderação sobre como o uso das tecnologias digitais foram empregadas na mediação de atividades experimentais no ensino de circuitos elétricos simples, a partir da análise de trabalhos publicados, no período de 2017-2022. A intenção é alcançar conhecimento da literatura disponibilizada na área e ofertar uma exposição crítica das pesquisas como uma possibilidade de direção das suas ações. No caso deste trabalho, optou-se por uma investigação bibliográfica seguindo as etapas de uma revisão integrativa, para efetuar uma análise da literatura recente, sobre como o uso das tecnologias digitais podem cooperar com a mediação realizada pelo professor ao desenvolver atividades experimentais no ensino de circuitos elétricos simples. Como resultado, identificamos que: i- a introdução das tecnologias digitais ocorre, na maioria das vezes, sem a ancoragem de um referencial teórico de ensino; ii- mesmo que diferentes tecnologias digitais sejam utilizadas, todos os trabalhos utilizaram somente simulação estática; iii- os artigos analisados apontam evidências de que o uso de tecnologias digitais promove a aprendizagem de conceitos em circuitos elétricos. Apenas dois deles sugeriram discutir circuitos usando tecnologias digitais como forma de resolver situações-problema do cotidiano.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ambientes Digitais. Mediação. Eletricidade e Circuitos elétricos.



INTRODUÇÃO

No ensino de Ciências, especialmente, os estudantes têm dificuldade em aplicar conceitos científicos ao vivenciar processos de ensino baseado apenas em metodologias tradicionais, limitadas ao uso de tecnologias como lousa, hidrocor para lousa, lápis e papel. Essa abordagem não considera a visão da educação contemporânea de que a aprendizagem se estabelece por meio de um processo dinâmico, interligada à cultura e focalizada a participação ativa do estudante na produção do conhecimento, tanto pessoal quanto socialmente.

A utilização de tecnologias digitais disponíveis na *web* a um custo reduzido ou, às vezes, nulo, pode ser mais uma das possibilidades de contribuição para o ensino de Ciências de modo a colaborar com a aprendizagem dos estudantes, além de promover a inserção de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no cotidiano do ensino e da aprendizagem de conhecimentos disciplinares de Ciências.

Nesta perspectiva, uma proposição de ensino que incorpore a aplicação de distintas TDIC em atividades experimentais está em concordância com orientações como as identificadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A competência específica de número 3, por exemplo, ressalta que os estudantes precisam “investigar situações-problema [...] e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (BRASIL, 2018, p. 539).

Mesmo antes destas orientações da BNCC, identificamos na literatura da área de ensino e na de educação uma discussão sobre a construção do conhecimento disciplinar, mediada por TDIC e sugestões para uso de distintas mídias e tecnologias digitais. No caso do ensino de Física, de forma particular, elas são indicadas como ferramentas com potencial para favorecer a aprendizagem de conceitos relacionados à eletricidade, por exemplo. Há modelos de investigações que fazem uso de simulações digitais do *PhET Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/pt.BR/>) mediando o ensino de Física (SANTOS; DICKMAN, 2019; SAPRIADIL *et al.*, 2019; ORTIZ; DENARDIN, 2021), realidade aumentada (PERMANA *et al.*, 2019), ou laboratórios virtuais e remotos (ARIAS, 2021), e ainda simulações de Física



designadas como *Physlet* pelos autores – mini aplicativos em *Javascript* (ÜLEN *et al.*, 2017; MORA; MOREIRA; MENESES-VILLAGRÁ, 2021).

Ülen *et al.* (2017) ressaltam que os arcabouços teóricos de materiais baseados em *physlet* incluem quatro processos que efetivam a aprendizagem conceitual: observação, modelagem, aquisição e integração. Os autores apontam que *physlets* são divididos em três categorias: *Ilustrações* (fornecem uma apresentação inicial do problema), *Explorações* (permitem aprofundar e explorar os fenômenos físicos) e *Problemas* (podem ser usados para o exame da compreensão dos estudantes sobre o conhecimento que eles têm).

Santos e Dickman (2019) comentam sobre a utilização do laboratório virtual como o *PhET* na abordagem conceitual de resistência elétrica, corrente elétrica e Lei de Ohm. Eles ainda ressaltam que o simulador corrobora para a obtenção de uma aprendizagem próspera, “ao tornar possível a manipulação de experimentos simples, permitindo a visualização clara das ligações, evitando um primeiro contato com o emaranhado de cabos de ligação, o que poderia desmotivar o aluno” (SANTOS; DICKMAN, 2019, p. 10). Assim, sugerem que o ensino de circuitos elétricos e da Lei de Ohm poderia ser mais promissor se promovesse a conexão de atividades práticas com experimentos reais e elementos de simulações computacionais.

Sapiadil *et al.* (2019) consideram que envolver estudantes em atividades de aprendizagem de ciências baseadas em Laboratório Virtual de Pensamento de Ordem Superior (HOTVL) na abordagem dos conceitos relacionados aos circuitos elétricos contribui não só para a construção do conhecimento conceitual, mas também para o desenvolvimento da forma científica de pensar. Os autores ressaltam que o pensamento criativo é uma habilidade muito necessária no século XXI e que uma das maneiras de facilitar e contribuir para o desenvolvimento dessa habilidade podem ser as atividades experimentais por meio de simulações em plataformas *online*.

Como visto, a utilização de tecnologias digitais por meio de plataformas *online* no ensino de Física pode ter um papel importante no espaço escolar e na construção de representações de mundo por parte dos estudantes, além de permitir que eles investiguem um dado modelo de fenômeno físico construindo uma simulação.



Nesta perspectiva, é alta a probabilidade de que, no ensino de Física, as atividades experimentais aconteçam ainda mais mediadas pelas TDIC em espaços dinâmicos gratuitos e digitais. Diante disso, é possível considerar que o uso de TDIC oportuniza ao estudante, em qualquer nível de ensino, a construção de uma aprendizagem diversificada e instigante, mediante a possibilidade de estar inserido em um contexto de apropriação das linguagens tecnológicas, as vezes presentes em seu cotidiano, aplicáveis na prática pedagógica.

Considerando o exposto, apresentamos uma ponderação sobre como o uso das tecnologias digitais foram empregadas na mediação de atividades experimentais no ensino de circuitos elétricos simples, a partir da análise de trabalhos publicados, no período de 2017-2022. A escolha deste período de seis anos buscou contemplar resultados de trabalhos desenvolvidos e publicados em um período em que o ensino pautado em tecnologias digitais foi utilizado em diferentes escolas brasileiras, devido a pandemia.

Portanto, a intenção é alcançar conhecimento da literatura disponibilizada na área e ofertar aos pesquisadores e leitores que apresentam interesse na aplicação de tecnologias digitais em atividades experimentais no ensino de Física a nível de Ensino Médio uma exposição crítica das pesquisas como uma possibilidade de direção das suas ações.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo geral repousa sobre a mobilização de atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais no ensino de eletricidade especificamente na discussão de circuitos elétricos. Diante disso, foi realizada uma investigação em bases de dados *online* (Portal de Periódicos Capes, *Scielo*, *Scopus*, e *Web of Science*) em busca de trabalhos relacionados ao objeto de investigação.

Os autores destacam que existem dois tipos de artigos de revisão de literatura: as revisões narrativas e as revisões sistemáticas. A primeira apresenta uma descrição de objetivos e resultados obtidos nos trabalhos, construindo crônicas do material selecionado para compor o corpus da pesquisa bibliográfica e é o procedimento mais tradicional. A segunda pode ser dividida em quatro métodos: meta-análise, revisão sistemática, revisão qualitativa e revisão integrativa.



Adotamos neste trabalho a revisão integrativa, pois ela “objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema” (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011, p. 127), nos possibilitando estabelecer conexões entre os pontos de vistas apresentados pelos autores. Esse procedimento permitiu a análise e a síntese do conhecimento de pesquisa na utilização de tecnologias digitais em experimentos de fenômenos físicos no ensino de eletricidade, especificamente circuitos elétricos.

Seguindo as orientações metodológica propostas por Botelho, Cunha e Macedo (2011) realizamos: (1) definição do tema e a questão de pesquisa; (2) descrição de critérios para inclusão e exclusão de textos; (3) identificação dos textos pré-selecionados e selecionados; (4) categorização dos textos selecionados; (5) avaliação e interpretação dos resultados; e (6) construção da revisão/ sinopse dos resultados.

Depois que o procedimento de revisão foi estabelecido e pré-determinado os termos de indexação, critérios de pesquisa e seleção de trabalhos, foi realizada a busca dos artigos nas bases de dados supracitadas. Dessa forma, a presente revisão integrativa foi estabelecida a partir das seguintes questões de pesquisa:

- Quais referenciais teóricos de ensino são utilizados na abordagem de circuitos elétricos mediado por tecnologias digitais?
- Qual tipo de simulação (estática ou dinâmica) foi utilizado no processo de ensino?
- Como é o impacto do uso dessas tecnologias digitais na aprendizagem dos estudantes?

Para a identificação dos trabalhos foi utilizado uma combinação com os seguintes termos indexadores: ("Ensino de Física" OR "enseñanza de la física" OR "physics teaching") AND ("modelagem computacional" OR "computational modeling" OR "modelado computacional" OR "simulações" OR "simulação" OR "simulación" OR "simuladores" OR "simulation" OR "simulations" OR "simulators" OR "simulação virtual" OR "circuitos elétricos" OR "circuito eléctrico" OR "electric circuit" OR "eletricidade" OR "electricidad" OR "electricity").

Os critérios de seleção dos artigos foram: (1) período: 2017 a 2022; (2) trabalhos que continham pelo menos um termo no título e/ou entre as palavras-chave e no resumo (abstract) relacionadas ao objeto de estudo; (3) artigos em português, inglês e espanhol; (4) artigos com acesso completo e adesão a finalidade da revisão (no caso, uso de tecnologias digitais em



experimentos de fenômenos físicos na temática eletricidade ou circuitos elétricos em Ensino Médio). Os critérios de exclusão são todos os que vão em direção contrária aos critérios de seleção dos artigos analisados, assim como, aqueles que foram duplicados em virtude da utilização de diferentes termos indexadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao buscar os trabalhos nas bases de dados, foram identificados (I) 367 artigos que abordavam o uso de experimentos de fenômenos físicos por meio de tecnologias digitais. Após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave foram excluídos 155 estudos por serem duplicados (TD), devido apresentarem mais de uma palavra-chave no corpo do texto ou mesmo estarem na *web* em outra língua, e 55 trabalhos também foram excluídos por serem de revisão bibliográfica (RB).

Na continuidade, o quantitativo restante dos textos foi submetido a uma leitura prévia para, inicialmente, identificar em qual nível de ensino foram aplicadas as tecnologias digitais e, em seguida, verificar quais trabalhos no nível do Ensino Médio (EM) eram voltados para abordagem de eletricidade e/ou circuitos elétricos. A partir dessa etapa, foram excluídos 150 artigos, restando, portanto, sete trabalhos, os quais constituem o objeto da nossa análise, conforme Quadro 1.

QUADRO 1 - Trabalhos acadêmicos sobre a mobilização de atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais

Base	I	TD	RB	Nível de Ensino			Selecionados
				EF	ES	EM (temas distintos ao foco da pesquisa)	
Scopus	53	16	15	1	13	6	2
Scielo	69	40	6	-	21	-	2
Portal Capes	210	91	26	2	58	31	2
Web of Science	35	8	8	1	11	6	1



Total	367	155	55	4	103	43	7
--------------	------------	------------	-----------	----------	------------	-----------	----------

Fonte: Quadro elaborado pelos autores (2023) sendo: I - quantitativo identificado; TD - trabalhos duplicados; RB - revisão de literatura; EF - ensino fundamental; EM - ensino médio; ES - ensino superior.

Destacamos no quadro o número de trabalhos que empregam tecnologias digitais no Ensino Superior (ES) na abordagem disciplinar de Física, para justificar a necessidade de trabalhos que buscam informações sobre como isso acontece no Ensino Médio. O uso de tecnologias digitais como ferramenta no ensino de Física no Ensino Médio aponta uma direção de aplicação promissora. A maior parte dos trabalhos rende colaboração sobre o uso de TDIC em outros tópicos além do foco da pesquisa. De qualquer forma, a importância do uso recente de TDIC fica evidente nas publicações sobre o ensino de Física, indicadas no Quadro 2.

QUADRO 2 - Artigos selecionados que utilizam experimentos sobre fenômenos de eletricidade mediados por tecnologias digitais no Ensino Médio.

Autores/ ano	Título do Trabalho	Bases de Indexação	Síntese dos dados
Ülen et al. (2017)	Evaluating the Effectiveness of Physlet-Based Materials in Supporting Conceptual Learning About Electricity.	Scopus	Utilizaram pequenas simulações denominadas <i>Physlet</i> para apoiar o aprendizado conceitual sobre eletricidade.
Permana et al. (2019)	The development of an electricity book based on augmented reality Technologies.	Web of Science	Apresentam uma pesquisa que teve por objetivo produzir um livro com tecnologia de realidade aumentada (AR) sobre eletricidade e materiais elétricos dinâmicos.
Santos e Dickman (2019)	Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.	SciELO	Utilizando laboratórios reais e virtuais, os autores relatam o desenvolvimento e a aplicação de roteiros de atividades que contemplam quatro estratégias para o ensino do tema eletricidade.
Sapriadil et al. (2019)	Effect of Higher Order Thinking Virtual Laboratory (HOTVL) in Electric Circuit on Students' Creative Thinking Skills.	Scopus	Abordam a comparação da melhoria das habilidades de pensamento criativo entre os estudantes que experimentaram o modelo HOTVL (Laboratório Virtual de Pensamento de Ordem Superior) e um laboratório virtual de verificação.
Mora, Moreira e Meneses- Villagrà (2021)	Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets.	Periódicos Capes	Apresentam alguns resultados de uma aplicação de Aprendizagem Ativa utilizando <i>physlets</i> no ensino de circuitos eléctricos. Utilizam o modelo de Rasch para visualizar os resultados, utilizando "Curvas características de itens" (CCI).
Arias (2021)	Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad en	SciELO	Apresenta resultados da aplicação de uma proposta experimental para facilitar o



	un colegio científico de Costa Rica.		aprendizado teórico à unidade de eletricidade, em uma escola da Costa Rica. Foram utilizados laboratórios virtuais (LV) e laboratórios remotos (LR).
Ortiz, e Denardin (2021)	O estudo de instalações elétricas: uma análise à luz das inteligências múltiplas de Gardner.	Periódicos Capes	Apresentam um relato de atividades práticas no ensino de circuitos elétricos. Utilizam simulações do projeto <i>PHET</i> para facilitar a compreensão de uma instalação elétrica residencial.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores (2023).

Encontramos poucos trabalhos na área de Física no Ensino Médio que analisam a mobilização de atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais no ensino do conhecimento disciplinar escolar de eletricidade e/ou circuitos elétricos.

Destacamos que as pesquisas de Santos e Dickman (2019), Sapriadil *et al.* (2019) e Ortiz e Denardin (2021) corroboram utilizando simuladores digitais do projeto *PHET* como objeto de mediação no ensino de Física. Por exemplo, Sapriadil *et al.* (2019) aplicaram o modelo de laboratório virtual de pensamento de ordem superior (HOTVL) sobre a temática circuito elétrico para facilitar as habilidades de pensamento criativo dos estudantes. Segundo os autores, a sintaxe de HOTVL do projeto do *HOT Lab* desenvolvido por Malik *et al.* (2017) consiste em 11 etapas: problemas do mundo real; determinar e avaliar ideias; questão experimental; materiais e equipamento; predição; questão do método; exploração; medição; análise; conclusão e apresentações.

O trabalho de Permana *et al.* (2019) usou um livro de realidade aumentada baseado em um modelo 4D (RND) de pesquisa e desenvolvimento. Segundo os autores, o modelo consiste nas etapas: definir, projetar, desenvolver e divulgar. Assim, os autores descrevem no artigo em que consiste cada etapa a produção de um livro com tecnologia de realidade aumentada (AR) sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos.

E ainda os trabalhos de Ülen *et al.* (2017) e Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) que fizeram uso das simulações denominadas *Physlet*, além do texto de Arias (2021) que analisou uma proposta didática experimental, em uma unidade de eletricidade, usando laboratórios virtuais e remotos.

Arias (2021) ressalta que desenvolveu uma proposta didática usando estratégia de aprendizagem por investigação em coerência com as disposições do Programa de *Educación Diversificada en Física* (MEP) em Costa Rica. Desta forma, o autor relatou que aplicou a



estratégia contemplando três momentos: (1) fase diagnóstica (estudantes respondiam algumas questões), (2) aplicação experimental em laboratório virtual (LV – *PHET*) e laboratório remoto (LR), usando o Sistema de Instrumentos Virtuais em Realidade (*VISIR*); (3) estudantes refletem sobre sua própria aprendizagem.

Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) utilizam na aplicação da sua atividade uma metodologia didática denominada pelos autores como Aprendizagem Ativa da Física, mediante o ciclo PODS que consta das fases Prever-Observar-Discutir-Sintetizar. Essas etapas são relatadas na aplicação da proposta de ensino.

Novas leituras dos trabalhos foram realizadas com o objetivo de identificar informações que ajudassem na construção de respostas para as questões elaboradas para nortear o estudo. A análise das informações, relacionadas com cada questão, é apresentada nos tópicos seguintes.

Referenciais Teóricos de ensino utilizados

Quanto aos referenciais teóricos de ensino acerca do tema investigado, Ülen *et al.* (2017) deixam a entender que estão se pautando na Teoria da Aprendizagem Conceitual como sua abordagem de ensino. Os autores apresentam aplicações de materiais disponíveis no *PHET* para apoiar no ensino de eletricidade em uma escola secundária eslovena. Segundo os autores, a integração de um novo conceito em uma rede de conceitos existentes ocorre em continuação quando os estudantes estão lidando com o conceito de campo elétrico de uma carga negativa, com o conceito do campo elétrico de duas cargas positivas etc.

Ortiz e Denardin (2021) apresentaram de forma explícita o referencial teórico que utilizaram em sua abordagem: a Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner. Os autores usam materiais baseados em *physlet* para ensinar circuitos elétricos a estudantes do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Dessa forma, afirmam que as atividades foram desenvolvidas em grupos com o objetivo de uma participação ativa dos estudantes para que houvesse apropriação do manuseio de objetos presentes no seu cotidiano.

Santos e Dickman (2019) não especificaram qual referencial teórico orientou sua abordagem no que se refere ao conceito de corrente elétrica entre estudantes do Ensino



Médio, em uma escola pública no estado de São Paulo. No entanto, relatam que inicialmente foi indispensável definir qual o nível de conhecimento prévio dos estudantes, o que pode recomendar a utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa. Mas, em nenhum momento, há referência explícita à Teoria desenvolvida por Ausubel.

Os demais trabalhos (PERMANA *et al.*, 2019; SAPRIADIL *et al.*, 2019; MORA; MOREIRA; MENESES-VILLAGRÁ, 2021; ARIAS, 2021;) não mencionam explicitamente um referencial teórico de ensino e não apresentam indícios que possibilitem sugerir o emprego de um referencial.

Entretanto, é essencial que a introdução das tecnologias digitais no ensino ocorra ancorada em um referencial teórico de ensino, visto que, esse embasamento oferece arcabouço ao pesquisador na direção da organização do passo a passo do ensino com vistas a facilitar o processo de aprendizado dos estudantes, de forma que o conhecimento adquirido seja coeso.

Tipo de simulação

Em relação à forma de simulação utilizada pelos autores dos trabalhos, vamos analisar segundo a caracterização de Rosa (1995). O autor destaca que há dois tipos de simulação: estática e dinâmica. Na simulação estática, cabe aos estudantes apenas a manipulação de parâmetros e a observação do que ocorre no modelo do fenômeno. Na simulação dinâmica, o estudante elabora, por meio de programação, tanto o modelo do fenômeno quanto a sua implementação.

Ülen *et al.* (2017) e Mora, Moreira e Meneses-Villagr  (2021) utilizaram simulações estáticas, nas quais os estudantes não alteram o modelo, disponíveis no *PHET* para apoiar o aprendizado conceitual de circuitos elétricos. Ülen *et al.* (2017), apresentam que nas simulações os estudantes podem alterar os parâmetros ao pesquisar diferentes fenômenos físicos e ver os efeitos em tempo real.

Mora, Moreira e Meneses-Villagr  (2021) aplicando o ciclo PODS relatam que, inicialmente, foi apresentado o início de uma simulação disponível no *PHET* e solicitado aos estudantes que fizessem suas previsões do que iria acontecer. A sequência discursiva dos autores sinaliza que os estudantes realizaram uma discussão e a registraram. Em seguida,



observam novamente a simulação só que desta vez até o fim e então são convidados a realizarem uma nova discussão para adequar suas previsões ao que realmente foi observado e, em seguida registram suas conclusões.

Nos trabalhos de Santos e Dickman (2019), Sapriadil *et al.* (2019), Ortiz e Denardin (2021) também foram utilizadas simulações estáticas do *PHET* na compreensão conceitual de estudantes do ensino médio. Santos e Dickman (2019, p. 3), afirmam que o *PHET* possibilita ao estudante “montar o experimento, variando alguns parâmetros, como se estivesse em um laboratório real”.

Sapriadil *et al.* (2019) empregaram o laboratório virtual *PHET* apenas nas etapas de medição e exploração, das 11 etapas da proposta *HOTVL (Higher Order Thinking Virtual Laboratory)*. Os estudantes manipularam apenas parâmetros e observaram o que ocorria no modelo do fenômeno em pauta.

Ortiz e Denardin (2021) exploram o uso de simulações do *PHET* apenas como base para iniciação de aspectos relevantes dos circuitos elétricos e promover a compreensão do funcionamento de uma instalação elétrica residencial. Para isso, os estudantes manipularam um simulador computacional com o objetivo de reproduzir um circuito construído anteriormente com leds e pilhas e leds.

Permana *et al.* (2019) apresentam uma pesquisa que teve por objetivo produzir um livro com tecnologia de realidade aumentada (AR) sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos. Os autores utilizaram somente na etapa de desenvolver a aplicação do livro com tecnologia AR com um grupo de dez estudantes. Os estudantes interagiram com o livro e com os aplicativos AR fora do ambiente escolar por um dia. No entanto, apenas para alteração de parâmetros e observação do que ocorre no modelo do fenômeno em estudo. Conforme os autores, o livro pode oferecer suporte a atividades de observação, experimentação e estimulação porque a tecnologia AR pode exibir animação, som e vídeo.

Arias (2021) fez uso de um laboratório virtual (LV) que segundo o autor atendeu de forma satisfatória aos testes de cálculo, medição e análise constituídos para as práticas da lei de Coulomb e da lei de Ohm. Contudo, para as práticas experimentais de circuitos como série e paralelo, assim como as leis de Kirchhoff, foi utilizado um laboratório remoto (LR) que usa o Sistema de Instrumentos Virtuais em Realidade (VISIR).



Destacamos que a análise dos trabalhos não possibilitou obter dados para inferir algo sobre a escolha dos autores pela utilização de simulações estáticas em suas pesquisas, mas podemos sugerir que a seleção pode ter levado em consideração que nelas os estudantes não têm a possibilidade de intervir no modelo físico das simulações. Eles apenas podem efetuar alteração de parâmetros e observar o que acontece no modelo do fenômeno físico estudado. Esse aspecto favorece o planejamento da atividade por parte do professor.

Indo nessa direção, uma hipótese dessa predominância dos trabalhos trazerem somente simulação estática pode ser que se deva ao fato de que na simulação estática os estudantes conseguem obter controle total tanto sobre a manipulação dos parâmetros como na observação do que ocorre no modelo do fenômeno físico explorado.

Uma outra hipótese, para essa predominância do uso de simulação estática é que, para utilizar simulação dinâmica seriam necessários mais tempo didático e conhecimento disciplinar, tanto do pesquisador quanto dos estudantes para conseguir elaborar por meio de linguagem de programação um modelo computacional do fenômeno físico a ser explorado e a sua implementação.

Impacto das tecnologias digitais na aprendizagem dos estudantes

Para avaliar os impactos da utilização de distintas tecnologias digitais em experimentos de Física no Ensino Médio, de forma particular na aprendizagem de conceitos relacionados à eletricidade como um dos conhecimentos disciplinares, os pesquisadores utilizam diferentes estratégias.

Ülen *et al.* (2017) projetaram materiais baseados em *physlet* para ensinar sobre eletricidade seguindo o quadro teórico da Teoria de Aprendizagem Conceitual e, em segundo lugar, avaliar o sucesso de materiais baseados em *physlet* no suporte conceitual para aprender sobre eletricidade em Física do Ensino Médio. Os autores relatam que duas categorias de *physlets* (*ilustrações e explorações*) apoiam os dois primeiros processos de aprendizagem conceitual, observação e modelagem; a terceira categoria (*problemas*) pode apoiar os dois últimos processos, *aquisição* e *integração* de um novo conceito em uma rede de conceitos existentes.



A fim de testar se o ambiente de aprendizagem baseado em *physlet* tem efeitos positivos no crescimento das habilidades de pensamento dos estudantes em "condições reais", os autores realizaram o experimento como parte de um curso regular de Física em uma escola secundária eslovena. Portanto, foi necessário projetar testes para contemplar o currículo esloveno de Física para o Ensino Médio em consideração. Dessa forma, os autores fizeram pré e pós-testes tanto com o grupo experimental quanto com o grupo controle. A credibilidade dos testes foi verificada pelo índice de dificuldade e o coeficiente de *Cronbach* (α). Os resultados dos testes corroboram para o aprendizado eficaz de conceitos sobre eletricidade mediado por *physlet*. As pontuações do teste foram expressivamente mais altas no grupo experimental. Assim, os autores concluem que *physlets* permitem projetar materiais de aprendizagem que atendam os critérios de um referencial teórico de aprendizagem conceitual.

Santos e Dickman (2019) utilizaram quatro estratégias na abordagem do ensino de Eletricidade. Em uma turma, os autores iniciaram com uma abordagem teórica, se apoiando na aula tradicional acompanhada de uma abordagem experimental real. Em outra turma, a estratégia foi uma abordagem teórica acompanhada de uma abordagem experimental virtual. A próxima estratégia utilizada em uma terceira turma foi uma abordagem experimental com experimento real em sala de aula. Por fim, a última estratégia fez uso de uma abordagem experimental utilizando simulação computacional. Pelo exposto, observa-se que, apenas duas das abordagens utilizaram simulação virtual.

Conforme relatam os autores, os próprios estudantes destacaram vantagens e desvantagens de uma abordagem em relação à outra. Ressaltam que, na experimentação real há a interação do estudante com o dia a dia, “verificando como as coisas acontecem, manipulando os dispositivos e os equipamentos” e na abordagem virtual o estudante pode constatar “aspectos microscópicos comentados pelo professor (e não visualizados no mundo real)” (SANTOS; DICKMAN, 2019, p. 11).

Para identificar se os estudantes aprenderam, realizaram um pós-teste após a exposição teórica (PÓS-T) e outro após a exposição experimental real e virtual (PÓS-E). As questões do pré-pós-testes foram utilizadas concomitantemente de Máximo e Alvarenga (2011) e de concursos vestibulares. Em uma escala de 0 a 100, os resultados do PÓS-T recomendam que já foi possível notar uma redução expressiva na quantidade de estudantes



com notas abaixo de 20, quando se compara ao pré-teste. No entanto, posteriormente as aulas experimentais, foi possível verificar que todas as quatro turmas alcançaram notas acima de 50 pontos. Por meio dos resultados é possível perceber que a experimentação, seja ela real ou virtual, proporciona aumento na aprendizagem conceitual dos estudantes.

Permana *et al.* (2019) apresentam os resultados do desenvolvimento do livro com tecnologia de realidade aumentada (AR) sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos. O material foi validado por especialistas em mídia, testes de legibilidade por professores e testes limitados com dez estudantes do ensino médio de uma escola do *Sman 105*, em Jakarta, capital da Indonésia. Segundo os autores, os resultados de viabilidade de mídia obtiveram 92,49% e qualificado como viável, a viabilidade do material obteve 80,44% e foi considerado como viável. Os estudantes realizaram pré e pós-testes por meio de um questionário. Foi utilizado também um teste de ganho normalizado (*N-gain test*). Os resultados do teste apresentaram um valor de desempenho de 82,48% com 0,68 no valor de ganho normalizado. Nesse teste de ganho normalizado, interpretado na categoria média, os autores ressaltam que foi evidenciado melhora no aprendizado utilizando o livro equipado com AR. Com base no resultado dos testes, foi apontado pelos autores que há uma melhora bastante razoável no resultado do aprendizado do aluno depois da utilização do livro de física baseado na tecnologia de realidade aumentada.

Sapriadil *et al.* (2019) empregaram um método de quase-experimento com design de pré-teste-pós-teste de grupo de controle. Os autores abordam na discussão a comparação da melhoria das habilidades de pensamento criativo entre os alunos que experimentaram usando o modelo HOTVL e o de laboratório de verificação (grupo de controle e experimental). Fundamentado no resultado do teste de ganho normalizado, o grupo experimental teve valor de ganho de 0,61 na pontuação média, na habilidade de pensamento criativo dos estudantes, abrangendo a categoria média. Esse valor foi superior ao do grupo controle de 0,37, compreendendo inclusive a categoria média, e aponta a melhora das habilidades de pensamento criativo dos estudantes que usaram o modelo HOTVL no conceito de circuito elétrico.

Arias (2021) empregou o fator de concentração de *Bao e Redish*, o modelo de ganho conceitual (método estatístico de *Hake*) e um teste de hipóteses usando o *t-student*, para



apresentar que os estudantes que utilizaram o LV e LR para simular conceitos de eletricidade obtiveram ganho conceitual. Tanto o ganho normalizado quanto o fator de *Hake* padrão proporcionaram um ganho médio estimado de 0,6%, próximo do valor limite de ganho alto. O autor ressalta que ao utilizar o laboratório virtual e remoto para simular conceitos da unidade de eletricidade foi possível tirar a maioria dos alunos de uma área sem modelo, ou seja, com um padrão de respostas aleatórias para uma zona de implicação de um modelo de resposta correta que é proposto pela teoria da Física.

Ortiz e Denardin (2021) escolheram a Análise Textual Discursiva (ATD) como procedimento para análise dos dados adquiridos por meio de observações, registros fotográficos e em áudio. Pelo tipo de atividade proposta sobre a diversidade metodológica e inteligências múltiplas no ensino de circuitos elétricos, os autores acreditam que foi possível identificar manifestações das inteligências espacial (nos desenhos e mapeamentos mentais), interpessoal (na colaboração e tutoria entre pares) e corporal-cinestésica (na manipulação de objetos e construção de algo). Assim, ressaltam que viabilizar a participação de forma ativa do estudante na aula possibilita o desenvolvimento de conhecimento e habilidades que outras abordagens não podem propiciar.

Mora, Moreira e Meneses-Villagrá (2021) utilizaram o padrão de *Rasch*, utilizando “Curvas características de Itens” (CCI) para verificar a eficácia do modelo da Aprendizagem Ativa de Física que utiliza o ciclo PODS em aulas demonstrativas. A vantagem das aulas utilizando simulações denominadas pelos autores de “*physlets*” se confirma nos gráficos das curvas de resposta para os itens dos respectivos testes utilizados tanto com o grupo de controle quanto o grupo teste. Segundo os autores a experiência realizada utilizando simulações tem sido animadora devido aos bons resultados obtidos.

No ensino de conceitos relacionados a eletricidade, particularmente, é mais viável um planejamento que considere o emprego das tecnologias digitais como recurso mediador, pois, possibilitam aos estudantes distintas ferramentas interativas e imersivas, que transcendem os métodos tradicionais de ensino, permitindo explorar de forma ativa os fenômenos físicos manipulando os parâmetros. Dessa forma, os estudantes podem enriquecer a compreensão da aplicação dos conceitos físicos aprendidos promovendo também um melhoramento da sua capacidade de resolver situações-problema do cotidiano.



Destacamos ainda que o emprego destas ferramentas, disponíveis na maioria das escolas públicas, podem promover o desenvolvimento de competências para seu uso em contextos diferentes do escolar, pois pode usar os conhecimentos aprendidos na escola para busca de informações sobre outras situações-problemas de seu cotidiano.

SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Em relação ao referencial teórico de ensino utilizado, dois dos artigos apresentaram abertamente qual referencial teórico estava pautando suas investigações (Teoria da Aprendizagem Conceitual e a Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner). Um dos trabalhos não indica explicitamente, mas sugerem se pautar na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os demais trabalhos não. Portanto, é possível indicar que, quando se trata da abordagem de conhecimento disciplinar escolar relacionados com eletricidade e/ou circuitos elétricos no Ensino Médio, a iniciação das tecnologias digitais no ensino é realizada, na maior parte, sem a ancoragem de um referencial teórico de ensino.

Ainda que os pesquisadores tenham usado distintas TDIC no ensino de Física no ensino médio, de forma particular na aprendizagem de conceitos relacionados à eletricidade e/ou circuitos elétricos como um dos conteúdos disciplinares no ambiente escolar, todos os trabalhos analisados utilizaram apenas simulação estática.

Os artigos analisados apresentam evidências sobre os impactos da aplicação das tecnologias digitais na aprendizagem conceitual dos estudantes (testes de ganho, uso do coeficiente α de Cronbach, cálculo do índice de dificuldade e ATD) e indicam que a utilização de distintas tecnologias digitais no Ensino Médio promove a aprendizagem de conceitos em circuitos elétricos e/ou eletricidade.

Para auxiliar na visualização dos resultados e análises realizadas inserimos o Quadro 3 sistematizando nossas considerações.



QUADRO 3 - Resultados da análise dos artigos selecionados que utilizam experimentos de fenômenos de eletricidade mediados por simulação digital no Ensino Médio.

Autores	Questão 1 “Referencial Teórico”	Questão 3 “Impactos na Aprendizagem”
Ülen et al. (2017)	Teoria da Aprendizagem Conceitual.	Evidenciam eficácia no aprendizado conceitual sobre eletricidade mediado por <i>physlet</i> .
Permana et al. (2019)	Não especificada	Destacam uma melhora bastante razoável no resultado do aprendizado do estudante após a utilização do livro de Física baseado na tecnologia AR.
Santos e Dickman (2019)	Não indicam explicitamente, mas sugerem conceitos ausubelianos.	Indicam que os experimentos, tanto reais quanto virtuais, são altamente eficazes para melhorar a compreensão conceitual dos estudantes.
Sapriadil et al. (2019)	Não especificada	Explicitam melhoria das habilidades de pensamento criativo dos estudantes que utilizaram o modelo HOTVL no conceito de circuito elétrico.
Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021)	Não especificada	Descrevem que devido aos bons resultados obtidos, a experiência realizada utilizando simulações tem sido animadora.
Arias (2021)	Não especificada	Evidenciam que ao utilizar o LV e LR para simular conceitos de eletricidade foi possível tirar a maioria dos alunos de um padrão de respostas aleatórias para uma zona de um modelo de resposta correta.
Ortiz, e Denardin (2021)	Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner	Identificaram manifestações das inteligências espacial, corporal-cinestésica e interpessoal.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das questões nos trabalhos selecionados nos possibilitou visualizar que a discussão de circuitos elétricos usando TDIC como forma de contribuir para com a resolução de situações-problema do cotidiano não é uma reflexão que fez parte da maioria das pesquisas aqui explicitadas. Percebemos que apenas dois trabalhos (ORTIZ; DENARDIN, 2021; PERMANA *et al.*, 2019) abordam suas investigações enfatizando o papel da escola de



oportunizar situações nas quais os estudantes possam submergir com atividades práticas que sejam desdobradas para situações do seu cotidiano.

Na análise dos trabalhos considerados foi percebido que poucos trabalhos na abordagem disciplinar de Física no Ensino Médio analisam a mobilização de atividades empregando tecnologias digitais no ensino escolar de eletricidade e/ou circuitos elétricos ancorados em um referencial teórico de ensino. Eles sinalizam a importância do referencial para o planejamento de uma atividade usando tecnologias digitais para que a aprendizagem seja promovida, ressaltando que não é a ferramenta, mas sim como ela é utilizada no processo de ensino, o ponto que apresenta maior contribuição.

Neste aspecto, os resultados dessa investigação contribuem para pensar a mobilização de atividades empregando tecnologias digitais, de forma específica a temática Circuitos Elétricos Simples, inseridas a partir de um Referencial Teórico sólido em um contexto que favoreça a interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento construído. Por exemplo, simulações podem ser ferramentas mediadoras para a aprendizagem de conceitos relacionados a esses conhecimentos disciplinares, se pensarmos a partir da Teoria do Desenvolvimento como processo Sociocultural na perspectiva de Vygotsky.

A investigação nestes trabalhos nos fez pensar melhor sobre como utilizar as tecnologias digitais, em situações problemas no ensino de circuitos elétricos simples a nível de Ensino Médio, por exemplo, para que o estudante compreenda a distribuição e o funcionamento de uma instalação elétrica residencial e seus componentes, de forma que se aproprie desse conhecimento para fazer uso de maneira segura, seja trocando uma lâmpada, uma tomada ou até mesmo um resistor de chuveiro.

REFERÊNCIAS

ARIAS, E. **Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad en un colegio científico de Costa Rica**. Revista de Enseñanza de la Física, Volumen 33, Número 2, p. 55-62, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35175>

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. (2011). **O Método da Revisão Integrativa nos estudos organizacionais**. Revista Eletrônica Gestão e Sociedade, vol. 5, nº 11, p. 121-136, 2011. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/10515/o-metodo-da-revisao-integrativa-nos-estudos-organizacionais/i/pt-br>.



BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: 2018.

MALIK, A. *et al.* **Hot lab-based practicum guide for pre-service physics IOP**. Conf. Ser.: Mater. Sci.Eng. 288012027 (2017). DOI 10.1088/1757-899X/288/1/012027.

MORA, C.; MOREIRA, M. A.; MENESES-VILLAGRÁ, J. Á. **Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets**. Revista de Enseñanza de la Física, Volumen 33, Número 2 | Número especial, p. 365-378, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35284>.

ORTIZ, G. S.; DENARDIN, L. **O estudo de instalações elétricas: uma análise à luz das inteligências múltiplas de Gardner**. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 33, nº. 2, p. 413-420, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35290>.

PERMANA, A. H. *et al.* (2019). **The development of an electricity book based on augmented reality Technologies**. Publicado sob licença pela IOP Publishing Ltd Journal of Physics: Conference Series, Volume 1157, Issue 3. [S.l.]: J. Phys.: Conf. Ser. 1157 032027. DOI: 10.1088/1742-6596/3/032027.

ROSA, P. R. S. **O uso de computadores no ensino de Física**. Parte I: Potencialidades e uso real. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol.17, nº 2, p. 182-195, 1995. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a21.pdf>.

ROSA, P. R. S. **Instrumentação para o ensino de ciências**. Campo Grande: UFMS, 2010.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. **Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol.41, nº 1, p. 1-12, e20180161, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0161>.

SAPRIADIL, S. *et al.* **Effect of Higher Order Thinking Virtual Laboratory (HOTVL) in Electric Circuit on Students' Creative Thinking Skills**. Conference Series, Volume 1204, 7^o Asian Ph. p. 29 – 31, Abril, 2019. Bandung, Indonésia: Publicado sob licença pela IOP Publishing Ltd Journal of Physics. Disponível em: DOI.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012025.

ÜLEN, S. *et al.* **Evaluating the Effectiveness of Physlet-Based Materials in Supporting Conceptual Learning About Electricity**. Journal of Science Education and Technology. Volume 26, p. 151-160, Abril, 2017. Disponível em: DOI 10.1007/s10956-016-9661-1.

AN INTEGRATIVE REVIEW ON DIGITAL TECHNOLOGIES IN SCIENCE TEACHING

ABSTRACT



Digital Information and Communication Technologies are present in different social activities, work, and study, in our daily lives. Their use of active teaching methodologies, to favor the learning of Science critically and responsibly constitutes the object of study of researchers from different areas of knowledge. In the case of this work, a bibliographic investigation was chosen, following the steps of an integrative review, to perform an analysis of recent literature on how the use of digital technologies can cooperate with the mediation conducted by the teacher when developing experimental activities in the teaching of simple electric circuits. As a result, we determined that: i: introductions to digital technologies are generally not orientation-based theoretical references; ii: even though different digital technologies are used, all the works used only static simulation; iii: the analytical articles show that the use of digital technologies promotes the learning of concepts in electric circuits. Only two of them suggested discussing circuits using digital technologies as a way to solve everyday problem situations.

Keywords: Physics Teaching. Digital Environments. Mediation. Electric circuits and electricity.

UNA REVISIÓN INTEGRADORA DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIÊNCIAS

RESUMEN

Las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación están presentes en diferentes actividades sociales, laborales y de estudio de nuestra vida cotidiana. Su utilización en metodologías activas de enseñanza, para promover el aprendizaje de las ciencias de forma crítica y responsable, constituye objeto de estudio de investigadores de diferentes áreas del conocimiento. En el caso de este trabajo, optamos por una investigación bibliográfica siguiendo los pasos de una revisión integradora, para realizar un análisis de la literatura reciente, acerca de cómo el uso de las tecnologías digitales puede cooperar con la mediación que realiza el profesor al desarrollar actividades experimentales en la enseñanza de circuitos eléctricos sencillos. Como resultado, identificamos que: i: la introducción de tecnologías digitales ocurre, la mayoría de las veces, sin el anclaje de un referente teórico de enseñanza; aunque se utilicen diferentes TDIC, ii: todos los trabajos utilizaron solamente simulación estática; iii: los artículos analizados apuntan evidencias de que el uso de tecnologías digitales promueve el aprendizaje de conceptos en circuitos eléctricos. Solamente dos de ellos sugirieron la discusión de circuitos utilizando tecnologías digitales como forma de resolver situaciones problemáticas cotidianas.

Palabras clave: Enseñanza de la Física. Entornos digitales. Mediación. Circuitos Eléctricos y Electricidad.

Submetido em: 27 de março de 2023.

Aprovado em: junho de 2023.

Publicado em: junho de 2023.