

O ENSINO REMOTO DE FÍSICA EXPERIMENTAL: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO TINKERCAD PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Priscila Valdênia dos Santos ¹
Daniel de Jesus Melo dos Santos ²

RESUMO

A pandemia de COVID-19 impôs novos e grandes desafios também na educação de nível superior, devido o ensino remoto e as aulas virtuais se tornarem a realidade diária para estudante e professor, que se depararam com novas maneiras de utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's). No contexto das atividades práticas, a situação se tornou ainda mais delicada, pois, sem acesso presencial aos laboratórios, bibliotecas e campos de estágio, por exemplo, muitas instituições optaram por não ofertar atividades práticas aos estudantes. Diante do exposto, busca-se trazer um relato de experiência acerca do ensino remoto da temática da Eletricidade e do Magnetismo, mais especificamente, dos circuitos elétricos, utilizando a ferramenta Tinkercad. Com a utilização da metodologia de sala de aula invertida foi desenvolvida uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), associando a aplicação do Tinkercad a jogos digitais voltados à aplicação do conhecimento. A pesquisa caracterizou-se como qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 2013), e teve como método a observação participante, onde os pesquisadores participaram das atividades nas aulas remotas, planejando e sugerindo adequações ao longo da execução da UEPS. Em seguida, os estudantes interagiram com a ferramenta e realizaram a montagem de diferentes circuitos, observando seu funcionamento, fazendo testes e elaborando hipóteses. Por fim, foi aplicada uma avaliação em formato de jogo digital sobre os conceitos e modelos estudados, a partir da qual se observou indícios de aprendizagem significativa, atestando o uso do recurso como uma ferramenta potencialmente significativa para aulas virtuais de física experimental.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Experimentação, Metodologias Ativas.

INTRODUÇÃO

O isolamento social imposto pela pandemia do novo coronavírus impôs grandes desafios ao contexto educacional, quando o ensino passou a ser realizado de modo emergencial remoto. No que compete ao ensino de física, que envolve o estudo de fenômenos da natureza, deve haver demonstração dos conceitos, propiciando aos estudantes autonomia reflexiva, para que estes possam compreender e apreciar os fenômenos em sua plenitude (TAVARES; SILVA; CHESMAN, 2022). Tal demonstração foi, em certa medida,

¹ Professora do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, priscilavs65@ufrb.edu.br;

² Doutorando pelo Curso de Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, danielmelo84@hotmail.com

comprometida pela repentina remoção de professores e estudantes das salas de aula e laboratórios didáticos. Neste contexto, Sampaio e Ferreira (2020) apontam que estudantes e docentes se depararam com novas maneiras de utilizar as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's).

Nos cursos de formação de professores na área de Ciências, em especial, na área de Física, o preço proibitivo dos laboratórios virtuais disponíveis no mercado tornou a tarefa de ministrar as disciplinas experimentais em uma situação difícil para docentes das instituições públicas de ensino. Apesar disso, com vistas a evitar defasagem e atraso na conclusão do curso por parte dos discentes e sobrecarga de disciplinas teóricas para os professores, muitas universidades optaram por ofertar disciplinas de física experimental, mesmo que na modalidade remota.

Diante da nova realidade, alguns professores recorreram à gravação própria de vídeos dos experimentos em sua instituição ou lançaram mão de vídeos de terceiros, disponíveis gratuitamente na Web. Tais alternativas se mostraram bastante aquém ao que se espera de uma disciplina prática, já que não há nenhuma interação do estudante com o aparato experimental, sendo seu papel, em muitos casos, apenas analisar os dados obtidos e confrontá-los com a teoria estudada anteriormente. Outra alternativa encontrada pelos docentes, essa um pouco mais próxima do caráter “mão-na-massa” das disciplinas experimentais, foi utilizar as simulações de experimentos em Java, disponíveis abertamente na Web, tais como as do já bastante conhecido website PheT (2022).

Como mostraram Silva e Mercado (2019), este é um dos mais difundidos repositórios de simulações na área de Física, em que os estudantes têm um papel mais ativo na realização da atividade prática, visto que podem alterar diversos parâmetros e analisar determinado fenômeno físico diversas vezes e de vários ângulos distintos, ainda que sem contato com a montagem do aparato ou programação daquele *script* específico.

As duas alternativas encontradas, nos primeiros momentos da pandemia e do distanciamento social por ela imposto, foram as mais viáveis e utilizadas por docentes das instituições de ensino, conforme levantamento realizado pelos autores.

Diante do exposto, neste trabalho busca-se trazer um relato de experiência acerca do ensino remoto da temática da Eletricidade e do Magnetismo, mais especificamente, dos circuitos elétricos, do ponto de vista prático, utilizando o Tinkercad (2022). Essa ferramenta online e gratuita destina-se ao design de modelos 3D em linguagem CAD e também à simulação de circuitos elétricos analógicos e digitais. Uma característica importante é que esta ferramenta permite a programação para uso em conjunto com um microcontrolador tanto por

código, quanto por blocos, facilitando o acesso para usuários menos experientes em linguagens de programação. Dessa forma, buscando promover uma aprendizagem significativa, a aplicação dessa ferramenta foi associada ao emprego da metodologia de sala de aula invertida, valorizando os conhecimentos prévios do estudante acerca de lógica de programação e fenômenos elétricos.

METODOLOGIA

Este trabalho parte do pressuposto da abordagem qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 2013), que envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do(a) pesquisador(a) com a situação estudada. Para realizar este estudo optou-se por trabalhar com intervenção pedagógica, pesquisando dez estudantes de um curso de licenciatura em física, na modalidade presencial, de uma universidade pública federal do interior da Bahia, no segundo semestre de 2020.

Segundo Damiani (2012, p. 2) "as intervenções em Educação, em especial as relacionadas ao processo de ensino/aprendizagem, apresentam potencial para propor novas práticas pedagógicas (ou aprimorar as já existentes), produzindo conhecimento teórico nelas baseado". Como técnica de observação utilizou-se a observação participante, cuja vantagem é a possibilidade de um contato pessoal do pesquisador(a) com o objeto de investigação (LUDKE; ANDRÉ, 1986) e, como instrumentos de produção de dados, o questionário inicial para reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes, na plataforma Google Forms, o acompanhamento da montagem dos circuitos elétricos na plataforma virtual, a construção de mapas mentais e por fim um jogo didático sobre conceitos relacionados aos circuitos em estudo.

Portanto, busca-se enfatizar as principais contribuições e potencialidades da inserção do Tinkercad (2022) como um recurso didático na disciplina de Física, acerca do ensino remoto da temática da Eletricidade e do Magnetismo, mais especificamente, dos circuitos elétricos. Com a utilização da metodologia de sala de aula invertida foi desenvolvida uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), associando a aplicação do Tinkercad a jogos digitais voltados à aplicação do conhecimento. Segundo Moreira (2011, p.

2) as UEPS. “São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”.

A UEPS desenvolvida nesta pesquisa foi aplicada durante cinco aulas remotas da disciplina de física experimental, com duas horas de duração cada uma.

Descrição das atividades

Na primeira aula, os pesquisadores aplicaram um questionário conceitual, de maneira a aferir os conhecimentos prévios dos alunos na temática a ser trabalhada. Ressalta-se que a disciplina experimental deve ser cursada após ou em paralelo com a respectiva disciplina teórica, de modo que os estudantes já deveriam ter tido contato prévio com o conteúdo apresentado.

Após todos os estudantes concluírem o preenchimento do questionário no Google Forms, passou-se a uma breve revisão da temática e a explicação do funcionamento dos circuitos elétricos e de seus diversos componentes, com apresentação de vídeos curtos e da simulação intitulada "Circuito RC" (CASTRO; DIAS, 2020). A aula foi finalizada com discussões acerca do conteúdo estudado e os estudantes foram incumbidos de interagir com a simulação nos momentos assíncronos e responder a um questionário sobre esta atividade.

Diante dos resultados do questionário de conhecimentos prévios, a segunda aula foi utilizada como um organizador prévio, em que foi realizada uma exposição dialogada sobre circuitos elétricos e as grandezas físicas envolvidas (carga elétrica, corrente elétrica, resistência, capacitância, indutância, etc.). Um vídeo curto sobre carregamento de capacitor foi apresentado, de maneira que os estudantes pudessem visualizar o experimento filmado e elaborar suas hipóteses acerca do fenômeno. A aula finalizou com debates e com a orientação para que os alunos criassem um mapa mental sobre os conceitos estudados até então, na aula assíncrona.

Os pesquisadores iniciaram a terceira aula com uma apresentação sobre a plataforma Tinkercad. Visto que os estudantes não possuíam letramento na utilização dessa ferramenta, a aula foi quase que inteiramente dedicada à demonstração do seu funcionamento, indicando os

componentes eletrônicos disponíveis, as diferentes maneiras de programar utilizando microcontroladores (em linguagem de programação C ou em blocos), como salvar o protótipo, etc. É importante frisar que os estudantes, em menor ou maior grau, já possuíam noções básicas de lógica de programação, pois o curso oferta a disciplina correspondente no semestre de ingresso. A terceira aula foi finalizada com discussões e esclarecimentos de dúvidas acerca do Tinkercad e, para a aula assíncrona, os pesquisadores sugeriram que os alunos interagissem mais com esta ferramenta e testassem diversas possibilidades.

A quarta aula da UEPS foi dedicada à construção colaborativa dos circuitos elétricos no Tinkercad. Os estudantes, com auxílio dos pesquisadores, montaram e testaram associações em série, paralelo e mistas de resistores e de capacitores e fizeram medições utilizando o multímetro virtual. Em seguida, confrontaram os resultados obtidos com aqueles esperados pela teoria. A aula foi concluída com orientações detalhadas sobre os circuitos a serem construídos pelos estudantes, de maneira independente, na plataforma, a saber: os circuitos RC, RLC e, ainda, um circuito capaz de medir a intensidade de luz em um ambiente.

Finalizando a aplicação da UEPS, na última aula os estudantes apresentaram e discutiram a construção dos circuitos descritos acima, avaliando sua interação com o Tinkercad e o funcionamento de seus protótipos. Após as discussões e debates, os pesquisadores sugeriram uma atividade em formato de jogo digital, elaborada no aplicativo Wordwall³, como aplicação do conhecimento sobre os circuitos elétricos.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho foi estruturado com base na teoria da aprendizagem significativa (TAS) de David Ausubel (2003). De acordo a TAS os conhecimentos prévios do aprendiz (subsunçores) servem de base para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando há a associação entre o conhecimento que o indivíduo traz consigo e o material potencialmente significativo, de

³ Disponível em: <https://wordwall.net/pt/resource/33741219>

forma arbitrária e substantiva, o que possibilita a construção de novos significados. Segundo o autor, a aprendizagem pode ocorrer por recepção (aprendizagem mecânica) ou descoberta. Na primeira, o conteúdo é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto a última requer autonomia do estudante para compreender e criar significados, integrando um novo conhecimento à sua estrutura cognitiva (SILVA-PIRES et al., 2020).

Conforme a TAS, a aprendizagem significativa perpassa por retirar o papel centralizador do professor, colocando o estudante como sujeito ativo e participante de sua própria aprendizagem. É preciso, então, que professores e alunos transponham o modelo passivo de aprendizagem, onde, segundo Studart (2019, p. 2), “os professores agem como se o conhecimento pudesse ser diretamente transmitido aos alunos, que recebem e depositam passivamente o conteúdo da aula, arquivando-a na memória para retirada posterior, comumente na prova”.

Na aprendizagem ativa, por outro lado, o estudante assume um papel intelectualmente participativo e o professor passa a exercer a função de mediador no processo de ensino-aprendizagem. São diversas as metodologias ativas de aprendizagem existentes, que podem ser ou não mediadas por tecnologias de informação e comunicação, e visam promover o engajamento e a aprendizagem colaborativa nos mais diversos níveis de ensino. Dentre elas, destacamos a sala de aula invertida, aplicada neste trabalho, e vem sendo bastante difundida nos últimos anos, adequando-se especialmente bem ao momento atual de distanciamento social e ensino remoto ou híbrido que vivenciamos nos últimos dois anos.

A sala de aula invertida caracteriza-se, como o nome sugere, pela inversão do modelo tradicional de ensinar e aprender. Nesta metodologia, o estudante tem acesso ao conteúdo da aula em estudo com bastante antecedência, faz a leitura, síntese e outras atividades sugeridas pelo professor em casa, sendo a aula destinada à aplicação do que foi estudado, discussão, esclarecimento de dúvidas e realização de outras atividades, tais como exercícios, atividades práticas, etc. Essa inversão, conforme aponta Morán (2015), promove um maior engajamento da turma e melhor fixação dos conteúdos ministrados, favorecendo uma aprendizagem significativa na perspectiva de Ausubel.

A sala de aula invertida possibilita um ambiente dinâmico e interativo, com realização de atividades em grupo, favorecendo o aprendizado colaborativo, pois estimula debates e troca de ideias, de modo a enriquecer o aprendizado do estudante a partir de pontos de vista distintos. Mesmo no cenário de ensino remoto, a metodologia propicia que o debate dos conteúdos nos momentos síncronos seja mais qualificado, já que deve haver uma reflexão prévia por parte dos aprendizes sobre a leitura ou atividade realizada antes da aula.

A metodologia ainda consegue promover maior autonomia e responsabilidade ao aprendiz, que assume um papel ativo em sua aprendizagem, além de fornecer subsídios para que o professor possa identificar as lacunas imediatamente, já que há constante interação e orientação na fase de aplicação do conhecimento.

Moreira (2011) sugere passos para a construção da UEPS, ou seja, segundo o autor é necessário determinar os aspectos sequenciais considerados fundamentais na construção da sequência de ensino: i. definir o tópico a ser abordado; ii. criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, iii. propor situações-problema, ao nível bem introdutório, iv. apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, considerando a diferenciação progressiva, v. retomar os aspectos mais gerais, do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação, vi. dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, vii. avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado e, viii. avaliar o desempenho dos alunos fornecendo evidências de aprendizagem significativa, além dos aspectos transversais (diversificar materiais e estratégias; propor aos alunos situações-problema relativas ao objeto de estudo; momento de atividades colaborativas e individuais).

Neste sentido, uma UEPS desenvolvida com vistas a contemplar o ensino experimental da Física utilizando as TDIC's, no contexto do ensino remoto emergencial durante a crise sanitária mundial, consiste em uma alternativa para minimizar o problema enfrentado pelos docentes na realização de atividades de cunho experimental. De acordo com Silva e Mercado (2019), os principais recursos utilizados para experimentação virtual no ensino de Física são as animações, simulações, os applets, os jogos digitais e softwares diversos.

Dentre as alternativas elencadas acima, o Tinkercad destaca-se por sua simplicidade de utilização, pois não necessita que o usuário baixe e instale o software, podendo ser utilizado também em dispositivos móveis. Conforme o site oficial, o Tinkercad consiste em um aplicativo Web gratuito, utilizado para projetos 3D, eletrônica e codificação, usado por milhões de pessoas em todo o mundo. Adicionalmente, a ferramenta permite que o estudante exerça o protagonismo na atividade de experimentação, controlando todo o processo sem a necessidade de uma estrutura laboratorial avançada.

A partir da análise do questionário de conhecimentos prévios respondido pelos universitários, os pesquisadores constataram que alguns conceitos estavam bastante claros para os mesmos, já outros conceitos permaneciam confusos ou esquecidos pelos estudantes, de modo que a primeira aula da UEPS foi dedicada a uma breve revisão da temática dos circuitos elétricos, focada naquilo que os estudantes demonstraram saber e/ou lembrar.

Dentre outras questões de múltipla escolha, o questionário, disponibilizado através do Google Forms, apresentava questões sobre leis de Ohm, leis de Kirchhoff, capacitância, resistência, associação de resistores e de capacitores, medidas de corrente e tensão contínuas e alternadas, além dos conceitos elementares de carga elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e capacitância.

Desta maneira, foram discutidos os conceitos de corrente, carga e resistência elétrica e após essa interação inicial, procedeu-se à análise da simulação sobre circuito RC, que consiste em um circuito de grande interesse prático, composto por um resistor e um capacitor associados em série.

Os pesquisadores demonstraram na simulação a diferença entre um circuito em série e em paralelo e, como são dispostos o voltímetro e o amperímetro em cada circuito, de modo a medir corretamente tensão e corrente sobre cada componente simultaneamente.

Os estudantes também tiveram o auxílio de vídeos curtos explicativos para elucidação do fenômeno do carregamento do capacitor no circuito RC e receberam como atividade assíncrona uma lista de questões a serem respondidas com base em sua interação com a simulação. A análise das respostas das questões conceituais e dos problemas revelou uma apreensão insuficiente do conteúdo por parte da maioria da turma e motivou a utilização de um organizador prévio, apresentado no segundo momento da intervenção.

Durante a segunda aula, os pesquisadores realizaram uma exposição dialogada acerca das leis de Ohm e de Kirchhoff, além de uma revisão sobre código de cores para resistores e uma breve retomada dos conceitos já discutidos anteriormente. Verificou-se um bom engajamento dos estudantes nas discussões e observou-se, mediante a construção dos mapas conceituais acerca do conteúdo em estudo, que houve uma melhora considerável no entendimento dos circuitos em série e em paralelo e dos conceitos de nós, malhas e ramos por parte dos aprendizes. Estes últimos conceitos, em especial, estavam muito confusos para os estudantes no primeiro passo da UEPS.

Em relação à terceira aula, da apresentação do Tinkercad, observou-se certa resistência dos estudantes na sua utilização, pois os mesmos argumentaram que não possuíam letramento na linguagem de programação C, assim como muitos não dominavam a língua inglesa, utilizada para a escrita dos códigos computacionais. Diante disto, os pesquisadores dedicaram uma aula para demonstração do funcionamento da plataforma, em que os estudantes puderam acompanhar e reproduzir em tempo real a construção dos circuitos e a verificação dos dispositivos disponíveis. A partir da sugestão de uma atividade assíncrona, em que os estudantes deveriam interagir livremente com a ferramenta, observou-se, na aula remota seguinte, que se extinguiu a resistência inicial quanto a sua utilização.

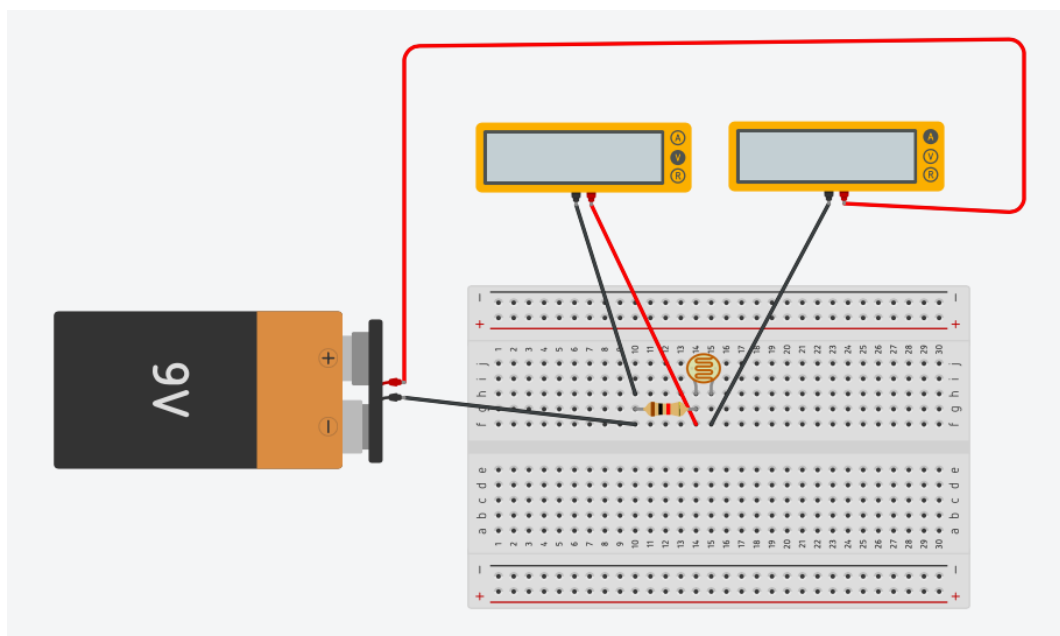
É possível afirmar ainda que houve um bom engajamento por parte dos discentes na construção colaborativa das associações em série e em paralelo de resistores e capacitores, observada no quarto encontro síncrono. A partir da organização dos alunos em duplas, os mesmos foram orientados a montar seus circuitos e fazer medições utilizando o multímetro virtual. Para isso, os alunos criaram uma conta conjunta no site do Tinkercad e interagiram entre si pelo chat do Google Meet, assim como pelo aplicativo WhatsApp, de modo a concluírem as atividades propostas de forma satisfatória.

Após realizarem medidas de corrente e tensão contínuas/alternadas sobre os resistores, os estudantes compararam seus resultados com aqueles previstos pela teoria da eletrodinâmica, utilizando o conceito de desvio relativo percentual. Tal comparação mostrou resultados satisfatórios do uso do software, uma vez que os desvios obtidos pelos estudantes ficaram abaixo de 10%, atestando a eficácia da ferramenta e seu domínio por parte dos graduandos.

Como atividade prática final da UEPS, os estudantes foram orientados a construir de maneira independente três diferentes circuitos elétricos utilizando o Tinkercad, desde o mais simples, circuito RC, até um mais elaborado, que pudesse ser utilizado para medição da luminosidade em um dado ambiente.

A Figura 1, abaixo, mostra a captura de tela de um dos circuitos construído por um dos alunos e, através da análise dos circuitos montados e da discussão feita na sala virtual sobre seu funcionamento, foi possível verificar indícios de aprendizagem significativa dos princípios e fenômenos estudados. A turma demonstrou interesse nos desenvolvimentos das atividades propostas e segurança na explanação dos conceitos e construções realizadas na plataforma.

Figura 1: Circuito para medir intensidade de luz em um ambiente, elaborado por um



Fonte: Os autores (2022).

Por fim, analisou-se ainda o engajamento dos estudantes na atividade realizada em formato de jogo digital interativo, onde foi observada a apreensão dos principais conceitos estudados e se mostrou capaz de despertar o interesse dos discentes, mesmo ao final da aplicação da UEPS, devido ao seu caráter lúdico, ao desafio, competição e colaboração com os colegas, além do prazer inerente ao ato de jogar, proporcionados pela tarefa aos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da combinação da metodologia de sala de aula invertida com a utilização das TDIC's, a intervenção pedagógica apresentada neste trabalho revelou o potencial da ferramenta Tinkercad para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos de eletricidade, especificamente, dos circuitos elétricos, fornecendo indícios de aprendizagem significativa no contexto das aulas remotas.

É importante ressaltar que o maior desafio na aplicação da metodologia de sala de aula invertida consiste em romper com os preconceitos de docentes e discentes sobre o que esperar de uma aula, logo, diante dos resultados apresentados, as metodologias ativas de aprendizagem adquirem papel importante para autonomia no aprendizado do estudante. Além disso, enfatiza-se que a metodologia requer um enorme esforço do professor, que precisa dedicar mais tempo e trabalhar mais em sua implementação, dando *feedback* constante aos alunos. Destaca-se também a potencialidade do aplicativo Tinkercad ser empregado em conjunto com as metodologias ativas, tais como a Aprendizagem Baseada em Projetos, e de contemplar a aprendizagem nas áreas de STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*, em português: Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Através da pesquisa realizada, espera-se contribuir para que docentes e discentes tenham alternativas de realização de atividades práticas nos contextos mais diversos, sem, no entanto, substituir o contato dos aprendizes com os laboratórios físicos e aparatos experimentais reais, mas suprimindo uma demanda tal qual a enfrentada por estudantes e professores de todo o mundo, nos últimos dois anos, frente ao cenário pandêmico.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 2. ed. Porto: Porto Editora, 2013.

CASTRO, G. S.; DIAS, N. L. Laboratório Virtual de Física da Universidade Federal do Ceará: Simulações Interativas para o Ensino de Física. **Circuito RC**. Fortaleza, CE: UFCE, c2020. Disponível em: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/circuito-rc>. Acesso em 18 mai. 2021.

DAMIANI, M. F. Sobre pesquisas do tipo intervenção. *In*: ENDIPE – Encontro nacional de didática e práticas de ensino, 16., 2012, Campinas. **Anais ...** Campinas: Junqueira e Marins Editores, 2012. Livro 3. p. 002882.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MORÁN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T.. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania**: aproximações jovens. Vol. II. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015. p. 15-33.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf. Acesso em: 08 dez. 2019.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 12 jan. 2020.

SAMPAIO, M.; FERREIRA, R. Sala de recursos em tempos de pandemia: desafios e reinvenções. *In*: PAPIM, A. A. P., DI ROMA, A. F. (Org.). **Educação em tempos de pandemia**: novas fronteiras do ensino e da aprendizagem. Porto Alegre: Editora Fi, 2020. p. 96-114.

SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de Física. **Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v.17, n. 1 p. 49-77, 2019.

SILVA-PIRES, F. E. S.; TRAJANO, V. S.; ARAÚJO-JORGE, T. C. de. A Teoria da Aprendizagem Significativa e o jogo. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 58, n. 57, p. 1-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21680/1981-1802.2020v58n57ID21088>

STUDART, N. Inovando a ensinagem de Física com metodologias ativas. **Revista do professor de Física**, Brasília, v.3, n.3, p.1-24, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28857>. Acesso em: 21 jun. 2020.

TAVARES, A.; SILVA, A.; CHESMAN, C. Experimentos Portáteis para a Aprendizagem das Leis da Óptica Geométrica com Metodologia ISLE. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 44, e20220084, 2022. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172022000100721&lng=en&nrm=iso. Acesso em 13 jun. 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2022-0084>.

TINKERCAD WEBSITE. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em 20 mai. 2020.