

# Discutindo eletrostática através de uma sequência de ensino investigativa

Discussing electrostatics through an investigative teaching sequence

Otávio Paulino Lavor <sup>1\*</sup>, Elrismar Auxiliadora Gomes Oliveira <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido. BR 226, Km 405, Pau dos Ferros, Brasil, CEP 59900-000.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas. Rua Vinte e Nove de Agosto, 786, Humaitá, Brasil, CEP: 69800-000.

\*E-mail: [otavio.lavor@ufersa.edu.br](mailto:otavio.lavor@ufersa.edu.br)

Recibido el 7 de enero de 2022 | Aceptado 12 de abril de 2022

## Resumo

O ensino de física abrange estratégias e recursos a serem utilizados na execução de atividades que promovam a compreensão de fenômenos e a efetivação desse processo. A formação docente deve contemplar experiências que proporcionem condições para o exercício da didática. Nesse sentido, propõe-se uma intervenção com participantes em formação inicial, em que são discutidos os conceitos de eletrostática com simulações da plataforma PhET através de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Por meio de mapas mentais, foram apresentados os resultados de aprendizagem que incluem a apropriação de conhecimentos de carga, força e campo elétrico. Os relatos apresentados mostram que a discussão, a partir de simulações na sequência de atividades, proporcionou experiências a serem aplicadas na escola básica, de forma que se pode concluir que a SEI conduzida por recursos de simulação é uma estratégia que oportuniza vivências interativas e motivadoras.

**Palavras-chave:** Plataforma PhET; Formação docente; Motivação; Mapa mental.

## Abstract

Physics teaching includes strategies and resources to be used in the execution of activities that promote the understanding of phenomena and, in order to carry out this process, teacher education must include experiences that promote conditions for the exercise of didactics. In this sense, an intervention with participants in initial training is proposed, in which the concepts of electrostatics are discussed with simulations of the PhET platform through an Investigative Teaching Sequence (ITS). Through mental maps, the learning results include the appropriation of knowledge of charge, force and electric field were presented. The reports presented show that the discussion through simulations in the sequence of activities provided experiences to be applied in elementary school, so that it can be concluded that the ITS conducted by simulation resources is a strategy that provides opportunities for interactive and motivating experiences.

**Keywords:** PhET Platform; Teacher training; Motivation; Mental map.

## I. INTRODUÇÃO

O ensino de física é um processo que consiste na execução de diversas atividades planejadas com a finalidade de provocar a compreensão dos conceitos, bem como das implicações e das aplicações destes. Segundo Rangel (2021), esse é um campo ativo de investigação, que aborda, dentre outros aspectos, metodologias de ensino e o papel delas no processo de aprendizagem da referida disciplina.

Objetivando melhores resultados nesse processo, ao discutir as formas de aprender e ensinar física, deve-se considerar a formação de professores, seja na forma inicial, seja na continuada. Essa formação é destacada por Pinheiro

e Massoni (2021) quanto ao papel do protagonismo e da pesquisa; além disso, as autoras trazem que o professor deve apropriar-se de diversos conhecimentos para que a física seja ensinada como uma construção humana inacabada, provisória e integrante da sociedade.

Dentre esses conhecimentos relevantes à formação docente, podem ser citados os recursos tecnológicos como ferramentas capazes de promover uma aprendizagem dinâmica ao construir conceitos de forma contextualizada. Após examinar as habilidades de pensamento crítico de professores de física em formação em determinado conteúdo, Hartini *et al.* (2021) verificam que tais habilidades foram categorizadas como baixas, sugerindo aprimoramento através de experiências em ambiente digital.

Após estudar os efeitos do uso de simulações no ensino de física, Ouahi *et al.* (2021) recomendam a utilização e a prática de softwares de simulação para melhorar e desenvolver o desempenho dos alunos, destacando que os simuladores são considerados um dos melhores e mais poderosos recursos computacionais para fins educacionais, desde que devidamente programados.

Para que os recursos sejam bem planejados e utilizados, o caminho para o êxito passa pela formação docente, uma vez que esse professor terá a oportunidade de reproduzir práticas em sala de aula. Diante do exposto, propõe-se uma intervenção com discentes integrantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), em que são discutidos os conceitos de eletrostática com simulações da plataforma PhET através de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI).

## II. SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

As SEI foram propostas por Carvalho (2013) ao afirmar que esse método se trata de um ordenamento lógico de atividades que cobre um conteúdo específico com a função de ligar os conhecimentos anteriores aos novos, passando do saber original ao científico. A autora aponta que, diante de uma aplicação, pode ocorrer a contextualização do conhecimento no cotidiano discente, visto que se pode experimentar a relevância do conteúdo.

Segundo Azevedo e Fireman (2017), a atividade investigativa requer um melhor direcionamento do tema, sendo necessário que o professor também se aproprie das estratégias. Os autores acrescentam que essas atividades podem acontecer de diversas formas e com o uso de vários recursos, não contemplando necessariamente um experimento, já que o importante é impulsionar os discentes a resolver um problema proposto.

Nesse sentido, Bellucco e Carvalho (2014) destacam que os problemas nas SEI devem estar inseridos na cultura dos alunos, podendo ser experimentais ou não experimentais. Além disso, devem proporcionar a passagem da manipulação para a ação intelectual, permitir a estruturação do pensamento e a apresentação das argumentações socialmente.

Para Moura e Silva (2019), as propostas de ensino por investigação vão ao encontro com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e permitem ao aluno a compreensão de grandezas, conceitos, leis e princípios. Além disso, pontuam que essas atividades necessitam estar centradas em problemas sobre fenômenos físicos para que haja argumentação discente.

Como exemplo de utilização dessa metodologia, pode-se citar a pesquisa de Feitosa e Lavor (2020), que trabalharam no ensino de circuitos elétricos. Nessa perspectiva, foi percebida a motivação dos estudantes durante as fases da aplicação, bem como as notas satisfatórias na avaliação de aprendizagem. Aquino, Feitosa e Lavor (2020) também utilizaram esse método no ensino de corrente alternada em que os discentes foram estimulados, a partir de simulações, a criar um produto, que se tratou de uma lâmpada de emergência.

Moraes e Carvalho (2018) propõem uma SEI de forma a possibilitar o desenvolvimento de alfabetização científica e verificam que os alunos vivenciaram oportunidades para adquirir habilidades inerentes à proposta com uma implicação direta para o ensino de ciências. Moura, Ramos e Lavor (2020) usaram a SEI para investigar o ensino de trigonometria interdisciplinar, em que as fases contemplaram as aplicações em lançamento de projéteis e a utilização de simulações da plataforma PhET.

Para Santos *et al.* (2019), o professor pode fundamentar o uso de recursos tecnológicos por meio da SEI, e, nesse tipo de sequência, o discente passa a ser ativo de sua aprendizagem, construindo as hipóteses para chegar aos conceitos e aos argumentos físicos, através das observações.

Tadiello e Robaina (2020) analisam os conhecimentos de docentes e discentes sobre a SEI e identificam que 50 % do público-alvo de suas pesquisas conhece a referida metodologia. Os autores julgam imprescindível que os professores em formação busquem novas estratégias visando ao auxílio à potencialização da argumentação e do desenvolvimento de habilidades e competências.

Então, propor atividades disponibilizadas em SEI parece um caminho a ser seguido na formação inicial de docentes, visto que estes terão a possibilidade de multiplicar as experiências, contribuindo com o aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem.

### III. METODOLOGIA

A intervenção foi realizada no mês de novembro de 2021 em três encontros de duas horas, com dezessete estudantes integrantes do PIBID de uma universidade brasileira localizada no estado do Amazonas, em que foram discutidos conceitos de eletrostática dentro das fases de uma SEI. As fases utilizadas são: discussão de conteúdo e apresentação de simulador realizadas no primeiro encontro, aplicação de conceitos no simulador realizada no segundo encontro e produção final acompanhada de discussão realizada no terceiro encontro.

Seguindo as etapas de uma SEI, na primeira fase, ocorreu a apresentação do conteúdo de carga e de campo elétrico, trazendo os fatos cotidianos como motivação para a aprendizagem, as aplicações e a conexão com os temas de eletricidade. Por conseguinte, na segunda fase, foi apresentado o simulador Cargas e Campos da plataforma PhET, em que a tela inicial pode ser vista na Figura 1.

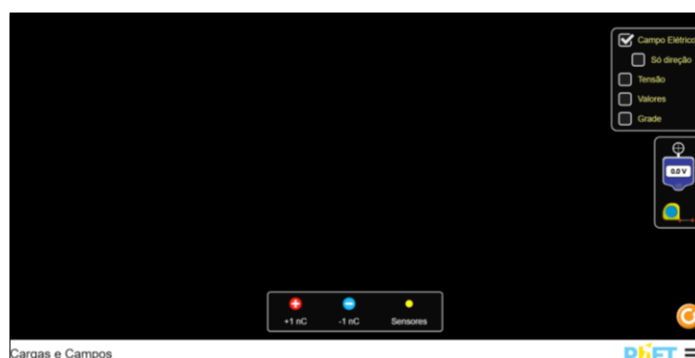


FIGURA 1. Interface do simulador Cargas e Campos da plataforma PhET.

Na interface, pode ser vista uma tela com espaço para ser inseridas as cargas que estão disponíveis na parte inferior, de forma que é possível inserir cargas positivas ou negativas em múltiplos de 1 nC (nanocoulomb). À direita, há a opção de visualizar o campo e a tensão por meio de linhas e valores, em que o potencial é verificado pelo voltímetro; e o campo, pelo item sensores.

Na sequência, na terceira fase, foram utilizados exemplos no simulador, objetivando levar o futuro docente a compreender e a refletir sobre as possibilidades do ensino mediado por simulações, aproximando teoria e prática. Dessa forma, na demonstração, foram explicadas as relações entre as equações, em que foi possível observar as linhas e as direções de campo.

Para verificar o alcance de objetivos, a avaliação da aprendizagem consistiu na verificação de participação, motivação e interação durante todas as fases da SEI, bem como na produção final (quarta fase) de mapa mental sobre o assunto estudado. Para essa atividade final, os integrantes foram divididos em quatro grupos, que enviaram a produção e um relato das experiências vivenciadas na intervenção com vistas à futura regência na escola básica.

### IV. RESULTADOS

Na primeira etapa da SEI, foram apresentados os conteúdos de carga e campo elétrico, em que foram discutidos os conceitos iniciais relacionados à eletrostática, de forma que os novos conhecimentos científicos foram incorporados aos saberes espontâneos trazidos pelos sujeitos de suas vivências cotidianas.

Foram apresentados a eletrização por atrito, os conceitos de carga e sua quantização, o condutor e o isolante, o campo e o potencial elétrico e seus efeitos, sobre quais houve diálogo e participação dos envolvidos havendo entrelaçamento entre as definições e as experiências diárias, com vistas a facilitar a compreensão das funções que definem cada grandeza.

Na fase seguinte, foi apresentado o simulador Cargas e Campos, recurso que teve o papel de ferramenta auxiliar na aproximação de teoria e prática, possibilitando a apropriação adequada de conceitos, com o propósito de multiplicar aprendizagens em futuras regências pelos discentes do PIBID quando estiverem atuando na educação básica. A Figura 2 mostra um dos momentos vivenciados durante a intervenção.

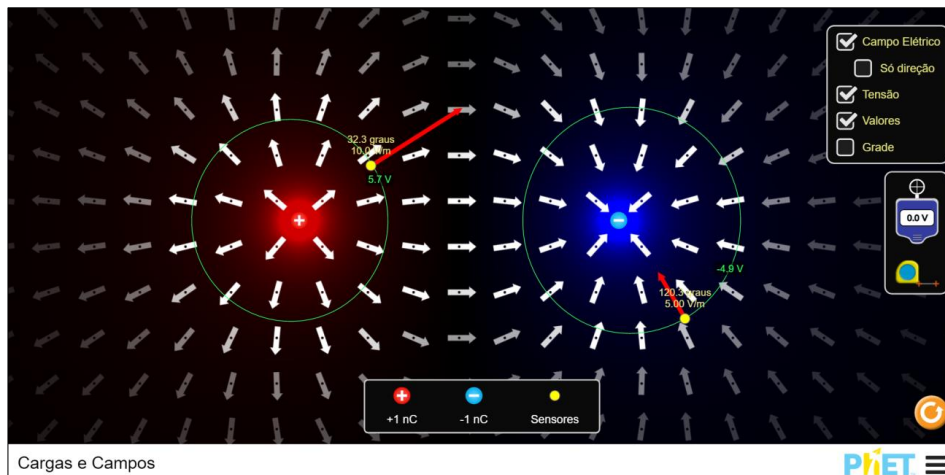


FIGURA 2. Exemplo de utilização do simulador Cargas e Campos.

Nesse exemplo exposto anteriormente, existem duas cargas, de 1 nC e de -1 nC, e pode ser visto que as linhas saem da carga positiva e chegam à carga negativa, bem como o fato de as linhas serem radiais a partir de cada carga. Nesse momento de ilustração, foram mostrados o campo e o potencial elétrico em duas posições, em que podem ser compreendidos o potencial como grandeza escalar e o campo como grandeza vetorial, visto que, além da intensidade, há direção e sentido.

Ainda nesse exemplo, houve a discussão sobre as equipotenciais e o fato de o campo e o potencial terem intensidades diretamente proporcionais às cargas, enquanto são inversamente proporcionais à distância. Ao mover o sensor ou voltímetro, pode ser observado que os valores aumentam à medida que se aproximam da carga; além disso, a ilustração mostra maior intensidade de tensão nas proximidades das cargas.

Outros exemplos discutidos incluem a variação de cargas, as posições e as distâncias, bem como os efeitos das modificações quanto às grandezas potencial e campo elétrico, de forma que foi possível verificar a interação dos participantes no manuseio do simulador e no diálogo com o docente. Essa interação, de forma motivadora, corrobora os estudos de Feitosa e Lavor (2020), que concluíram que as simulações são estimuladoras de motivação no processo de construção dos conhecimentos.

Ainda na SEI, foi solicitado aos participantes um mapa mental descrevendo os conhecimentos adquiridos e enriquecidos com a intervenção que proporcionou atividades sequenciadas de eletrostática. Esse tipo de avaliação ratifica Moura e Silva (2019) ao pontuar que o docente precisa mudar e refletir sobre sua prática, justificando que, ao modificar o método, deve-se rever o formato da avaliação. As produções dos Grupos 1 a 4 estão apresentadas nas Figuras 3 a 6.

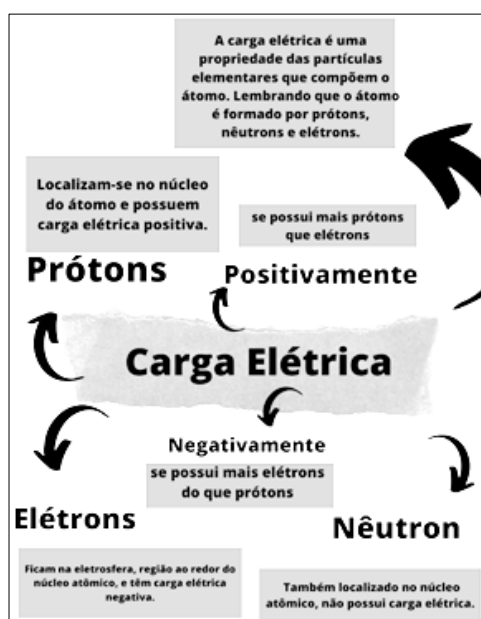


FIGURA 3. Mapa mental do Grupo 1.

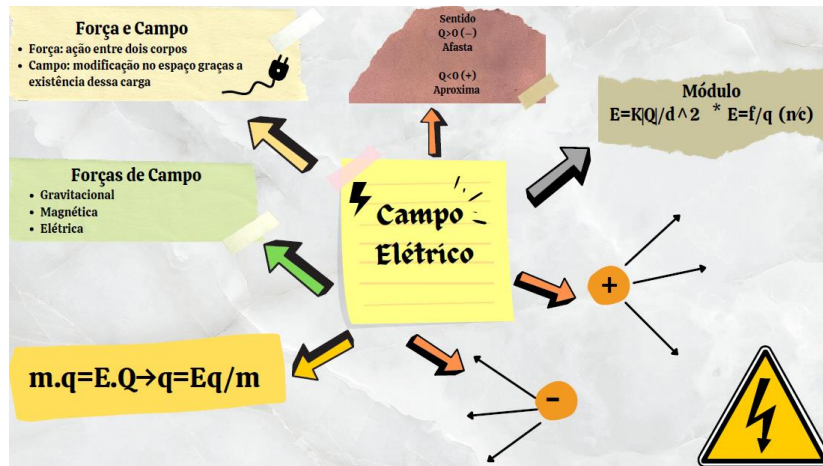


FIGURA 4. Mapa mental do Grupo 2.

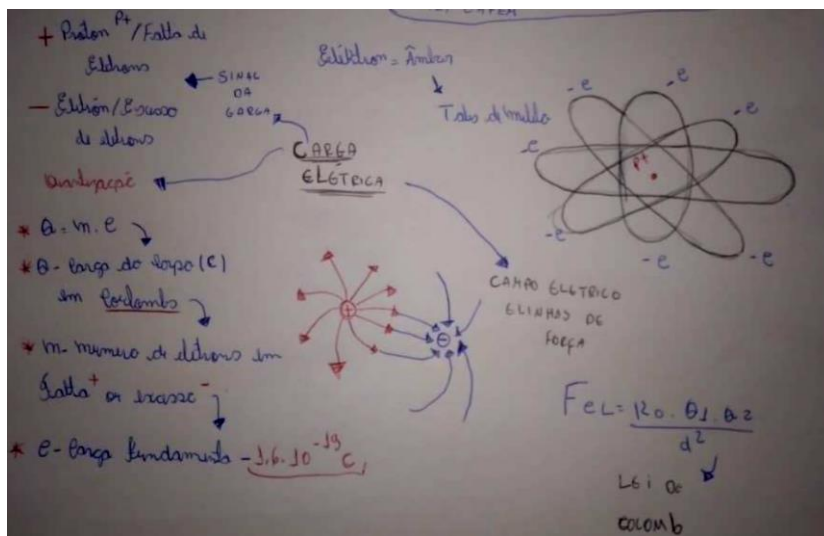


FIGURA 5. Mapa mental do Grupo 3.

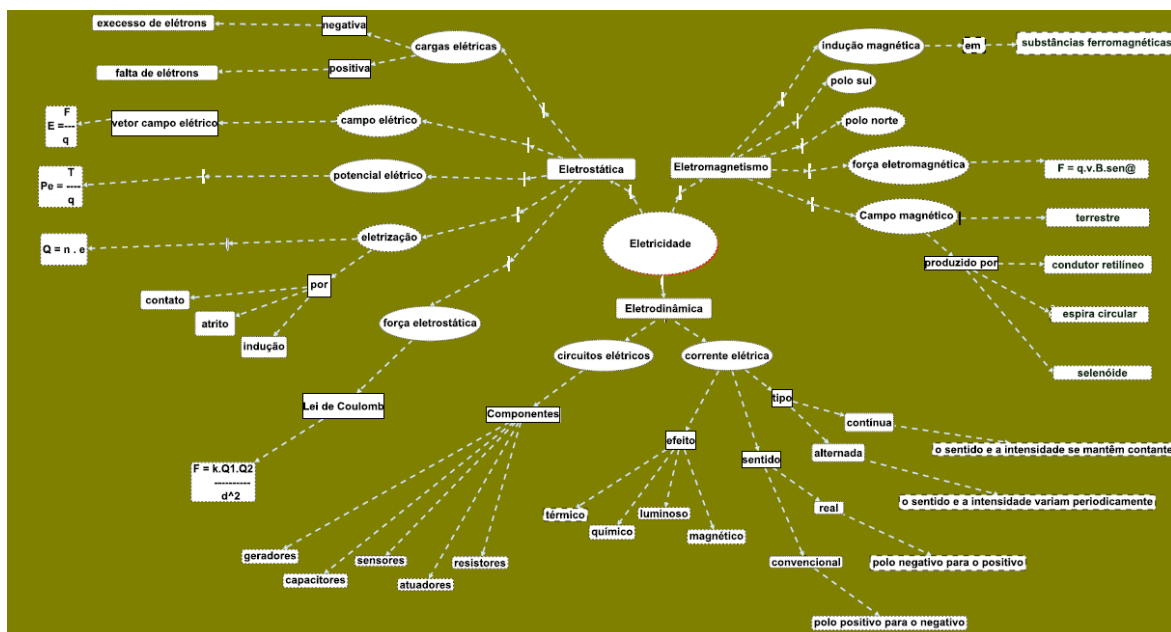


FIGURA 6. Mapa mental do Grupo 4.

Na Figura 3, o Grupo 1 definiu carga elétrica como propriedade das partículas que compõem o átomo e associou o sinal à quantidade de prótons e elétrons, trazendo um caráter atômico. Na Figura 4, o Grupo 2 construiu o mapa com informações a partir do campo elétrico, de forma que apresentou as linhas de campo radiais com sentido a depender do sinal da carga, além de trazer as equações e os conceitos. Neste mapa mental, deve-se considerar que ainda persiste um equívoco ao apresentar  $m \cdot q = E \cdot Q$  e  $q = Eq/m$ , fatos que são revistos na discussão da avaliação.

Na Figura 5, a partir da carga elétrica, o Grupo 3 apresentou a estrutura do átomo, as linhas de força com dependência do sinal da carga, a quantização desta e a lei de Coulomb. Na Figura 6, o Grupo 4 construiu o mapa mental a partir da eletricidade, dividindo-a em eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo, em que estes são subdivididos dentro do mapa.

Ainda sobre a produção desse grupo, em eletrostática, que é objeto deste estudo, foram apresentados os tipos de eletrização, a quantização e o sinal da carga, bem como as equações para campo e potencial elétrico. No mapa mental, ainda podem ser vistas outras informações, como corrente e circuitos elétricos, além de indução, força e campo magnético, sendo conteúdos a serem abordados em novas intervenções.

Os conteúdos de eletrostática discutidos na aula encontram-se dispostos nas produções dos discentes, de forma que um grupo apresentou menos informações que aquelas disponibilizadas, enquanto outro mostrou vários conhecimentos além da eletrostática. A discussão por meio de simulações proporcionou a aquisição de novos saberes e experiências a serem aplicadas na escola básica, de modo que atende o recomendado por Hartini *et al.* (2021).

Após o recebimento dos mapas mentais confeccionados pelos discentes, os conhecimentos apresentados foram socializados na turma, de forma que os saberes construídos ficaram compartilhados e rediscutidos os conceitos a partir dos equívocos encontrados na produção.

Além dos mapas mentais, três dos quatro grupos enviaram relatos sobre as experiências vivenciadas durante a realização das atividades investigativas, bem como suas expectativas para aplicação no ensino básico.

Grupo 1: Com a utilização de software como PhET em sala de aula, torna-se mais fácil a compreensão dos estudantes, pois facilita outra visão do conteúdo, não ficando somente na teoria. No ambiente escolar, o estudo relacionado a eletromagnetismo fez-se eficiente para nos proporcionar uma ampla visão sobre cargas elétricas; com isso, foi mostrada uma forma como o professor pode utilizar softwares, tornando a aula mais dinâmica e compreensível, visto que meios como o PhET trazem melhor observação na prática e facilitam o entendimento.

Grupo 2: Com base no uso do simulador durante algumas atividades, percebemos a importância de tal ferramenta, pois notamos que a plataforma facilita o aprendizado e, conseqüentemente, desperta o interesse no aluno, seja no ensino superior, seja no ensino básico. Tratando-se do ensino básico, é possível ver que conseguiremos adquirir uma participação mais efetiva e ativa dos alunos, uma vez que aborda os conteúdos de forma mais interativa e dinâmica.

Grupo 3: A intervenção foi desenvolvida com a finalidade de incentivar futuros professores a usar o simulador PhET junto aos seus estudantes, como meio para potencializar a aprendizagem. Essa experiência ajudou a compreender a necessidade de se transformar a educação e incorporar a tecnologia no ensino para motivar e facilitar a aprendizagem. Diante disso, a utilização desses recursos no cotidiano escolar nos proporciona uma possibilidade de aulas mais dinâmicas e quebra a hegemonia do professor e da lousa. Portanto, é possível, mediante as tecnologias, pensar em um ensino de ciências divertido, dinâmico, recheado de aspectos do dia a dia e que questiona, de forma consistente, a realidade e os modelos da física.

Os relatos apresentados salientam que os integrantes do PIBID se mostram satisfeitos com a utilização de simulações da plataforma PhET e a sequência de atividades, bem como compreendem o poder de potencialização da simulação, fazendo aproximar teoria e prática de forma participativa e motivadora. Esses fatos vêm contribuir com Moura, Ramos e Lavor (2020) ao concluir que o simulador proporcionou a visualização do conteúdo, além de afirmar que as tecnologias favorecem o ensino e a aprendizagem quando estão aliadas a um planejamento estruturado e seguido de uma sequência de ensino.

## V. CONCLUSÕES

Essa intervenção propôs o ensino de eletrostática com o objetivo de aprimorar conhecimentos de discentes do PIBID para que estes tenham melhores oportunidades de multiplicar experiências na educação básica. Então, foi utilizado o simulador Cargas e Campos dentro de uma SEI, que também contou com discussão de conteúdo, com aplicações e com construção de um mapa mental pelos futuros docentes.

Durante a execução das fases da sequência proposta, houve a participação discente com diálogo sobre os conceitos, as propriedades e as equações que regem os fenômenos eletrostáticos. Nas simulações, os participantes puderam interagir com o ambiente virtual, verificando as ações de campo e força a partir de cargas elétricas, criando a aproximação entre teoria e prática.

Os resultados das produções dos discentes mostram mapas mentais construídos com informações que evidenciam o conhecimento adquirido. Com isso, foi possível visualizar a apropriação de mecanismos para posteriores práticas de ensino de eletricidade no nível básico. Os comentários destacam o poder de potencialização das simulações que tiveram papel fundamental para construir ações motivadoras no processo de ensino e aprendizagem.

Diante da experiência vivenciada e dos comentários discentes, pode-se concluir que a SEI conduzida por recursos de simulação é uma estratégia que oportuniza vivências interativas e motivadoras. As simulações se mostraram potencializadoras da aprendizagem de eletrostática, visto que conceitos que pareciam abstratos e difícil visualização passaram a ter significado a partir de situações experimentadas no simulador. Assim, futuros docentes podem refletir sobre a didática e proporcionar aos discentes um processo educacional que considere, em seu planejamento, a motivação para ensinar e aprender.

## REFERÊNCIAS

- Aquino, A. A., Feitosa, M. C. & Lavor, O. P. (2020). Aplicação de uma sequência de ensino investigativa para o estudo de circuitos de corrente alternada. *Revista de Enseñanza de La Física*, 32(2), 79–90.
- Azevedo, L. B. & Fireman, E. C. (2017). Sequência de ensino investigativa: problematizando aulas de Ciências nos anos iniciais com conteúdos de Eletricidade. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 8(2), 143-161.
- Bellucco, A. & Carvalho, A. M. P. (2014). Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 30-59.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. En: Carvalho, A. M. P. (Ed.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula* (1-20). São Paulo: Cengage Learning.
- Feitosa, M. C. & Lavor, O. P. (2020). Ensino de circuitos elétricos com auxílio de um simulador do PHET. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(1), 125-138.
- Hartini, S., Liliyasi, S., Sinaga, P. & Abdullah, A. G. (2021). An investigation of critical thinking skill of pre-service physics teacher in the case of fission and fusion reactions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806 (012031), 1-6.
- Moraes, T. V. & Carvalho, A. M. P. (2018). Proposta de sequência de ensino investigativa para o 1º ano do ensino fundamental. *Revista Espaço Pedagógico*, 25(2), 407-437.
- Moura, P. S., Ramos, M. S. F. & Lavor, O. P. (2020). Investigando o ensino de trigonometria através da interdisciplinaridade com um simulador da plataforma PhET. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 573-591.
- Moura, F. A. & Silva, R. (2019). Sequência de ensino investigativa para o estudo do empuxo no ensino médio. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino*, 3(1), 38-61, 2019.
- Ouahi, M. B., Hou, M. A., Bliya, A., Hassouni, T. & Ibrahmi, E. M. A. (2021). The effect of using computer simulation on students' performance in teaching and learning physics: are there any gender and area gaps? *Education Research International*, 2021 (6646017), 1-10.
- Pinheiro, L. & Massoni, N. (2020). Traçando um perfil para o professor de Física da Educação Básica: o que preconiza a legislação brasileira? *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(1), 430-457.
- Rangel, A. P. (2021). Modelo de niveles de pensamiento y recursos cognitivos de aprendizaje para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 33(3), 115–128.
- Santos, G., Reis, J., Santos, B. & Peralta, M. A. (2019). Sequência de ensino investigativa para o ensino da lei de Hooke e movimento harmônico simples: uso do aplicativo Phyxox, o simulador Phet e GIF's. *Revista de Enseñanza de La Física*, 31(2), 91–108.
- Tadiello, R. & Robaina, J. L. (2020). Análise das percepções docentes e discentes sobre a Sequência de Ensino Investigativa. *Revista Insignare Scientia*, 3(1), 96-115.