

Atividade experimental investigativa no ensino de Física: apropriação de conceitos a partir das representações imagéticas

Álex de Carvalho Ferreira¹

Rafael Moreira Siqueira²

Resumo: Este trabalho apresenta uma análise das representações imagéticas dos estudantes, geradas a partir de uma atividade experimental investigativa no ensino de Física, com vistas a revelar a apropriação de conceitos referentes à Blindagem Eletrostática. Para tal, as ações pedagógicas que se seguiram no decorrer da pesquisa foram planejadas nos moldes da abordagem investigativa, visando ao engajamento ativo dos estudantes nas etapas de investigação e construção da aprendizagem. Para fins de análise metodológica, foi utilizado o Instrumento Analítico de Klein (2011) para observar os elementos contidos nos desenhos produzidos. Os resultados mostraram que os desenhos produzidos se encaixam em uma tentativa de resolução do exercício proposto na aula e que a maioria dos estudantes atingiu o nível interpretativo científico, indicando que a estratégia de múltiplas representações e abordagem investigativa permitiu abrir um espaço para o estabelecimento de significados, contribuindo para a aprendizagem do conceito em questão.

Palavras-chave: Abordagem Investigativa. Ensino de Física. Representação Imagética.

Investigative experimental activity in Physics teaching: appropriation of concepts from imagery representations

Abstract: This work presents an analysis of the students' image representations, generated from an investigative experimental activity in Physics teaching, aiming to reveal the appropriation of concepts relating to Electrostatic Shielding. To this end, the pedagogical actions that followed during the research were planned along the lines of the investigative approach, with a view to actively engage students in the stages of investigation and learning construction. For methodological analysis purposes, Klein's Analytical Instrument (2011) was used to observe the elements contained in the drawings produced. The results showed that the drawings produced fit into an attempt to solve the exercise proposed in class and that most of the students reached the scientific interpretative level, indicating that the strategy of multiple representations and an investigative approach made it possible to open up a space for the establishment of meanings, contributing to the learning of the concept in question.

Keywords: Investigative Approach. Physics Teaching. Image Representation.

Actividad experimental investigativa en la enseñanza de la Física: apropiación de conceptos a partir de representaciones imaginarias

Resumen: Este trabajo presenta un análisis de las representaciones de la imagen de los estudiantes, producidas a partir de una actividad de investigación experimental en la enseñanza de la física, con el fin de revelar una apropiación de conceptos sobre Blindaje Eletrostático. Para isso, las acciones pedagógicas que seguirán el desarrollo

¹ Universidade Estadual de Londrina — Londrina (PR), Brasil. ✉ aledcferreira@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-4618-164X>.

² Universidade Federal da Bahia — Salvador (BA), Brasil. ✉ profrafaelmsiqueira@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-9032-5831>.

de la investigación fueran planificadas en los moldes do enfoque investigativo, visando a participação activa del estudiantes en las etapas de investigación e construcción del aprendizaje. Para efectos de análisis se utilizó el instrumento analítico de Klein (2011) para observar los elementos contenidos en los dibujos producidos. Los resultados muestraram que los dibujos encajan en una busca de resolución del ejercicio propuesto en clase y que la mayor parte de los estudiantes conseguiu el nivel interpretativo científico, indicando que la estratégia de múltiples representaciones y enfoque investigativo permitiu abrir un espacio para el establecimiento de significados, contribuyendo para el aprendizaje del concepto en cuestión.

Palabras clave: Enfoque Investigativo. Enseñanza de la Física. Representación de la Imagen.

1 Introdução

A ciência aponta possibilidades para se direcionar, sendo ampla. Assim, o conhecimento das ciências não se constitui apenas de conceitos altamente abstratos, mas sua estrutura comunicativa se baseia em uma linguagem de grande diversidade simbólica. Entre os diversos modos de comunicação, as representações visuais se multiplicam, promovidas pela facilidade de criação, manutenção, armazenamento e divulgação (Laburú; Barros; Silva, 2011). Compreender os limites de emprego dessas representações no ensino de ciências, e perceber que processos de cognição podem ser favorecidos pelo uso das mesmas, leva-nos a considerar as representações como instrumentos de valor para promover a aprendizagem de conceitos.

A aprendizagem de novos conceitos e de suas representações simbólicas não é um processo que se pode separar, já que não é possível, cognitivamente, dissociar a forma de representar os conceitos daquilo que eles significam (Tytler; Prain; Peterson, 2007; Duval, 2006).

Nessa perspectiva, consolida-se, no ensino de ciências: (i) as pesquisas que buscam aprofundar a compreensão dos aspectos fundamentais relacionados à formação das representações que afetam a aprendizagem de conceitos (Duval, 2006); (ii) as que consideram as representações simbólicas criadas pelos próprios estudantes para substituir, inicialmente, os símbolos oficiais, com o objetivo de identificar dificuldades conceituais em processo de ensino (Laburú; Gouveia; Barros, 2009); (iii) as que enfatizam que os desenhos gerados pelos estudantes no ensino de ciências, são fundamentais tanto para identificar aprendizagens, quanto para solucionar problemas conceituais de aprendizagem (Franzoni; Laburú; Silva, 2011).

Além dessas considerações, neste trabalho, apoiamo-nos na abordagem

metodológica experimental investigativa para potencializar os benefícios do uso de representações imagéticas (desenhos) no ensino de Física, visto que essa abordagem propicia a participação ativa dos estudantes nas etapas de investigação por meio de reflexões, discussões, hipóteses, relatos, explicações, resolução de problemas, entre outros fatores que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos (Stuart; Marcondes, 2009; Zômpero, Gonçalves; Laburú, 2017).

Seguindo essa linha de investigação em paralelo com as múltiplas representações, realçamos que ela não se distancia do fato de que a natureza do conhecimento científico pode se encontrar vinculada a um tipo específico de linguagem que utiliza uma gama de representações semióticas para comunicá-las, sendo as representações imagéticas³ uma dessas. Ademais, essa linha pode contribuir para a aprendizagem dos conhecimentos científicos, especialmente no ensino de Ondas no nível médio, que segue um padrão estabelecido nos livros didáticos, numa subsequência que raramente, ou, em alguns casos, nos finais dos capítulos, é que temos a proposição de experimentos.

A partir da perspectiva semiótica, esta pesquisa teve por objetivo apresentar uma análise das representações imagéticas dos estudantes, geradas a partir de uma atividade experimental investigativa no ensino de Física, com vistas a revelar a apropriação de conceitos referentes à Blindagem Eletrostática. Buscaremos responder a seguinte questão: quais os níveis de aprendizagem conceitual identificados nas representações imagéticas de estudantes do ensino médio em uma aula de Física?

2 Abordagem Experimental Investigativa no Ensino de Ciências

No Ensino por Investigação o estudante é considerado como agente principal e ativo no processo de ensino e aprendizagem, que busca desenvolver habilidades e a capacidade de argumentação, elaboração de estratégias, comunicação e representação (verbal, escrito ou gestual) dos conhecimentos construídos na investigação (Zômpero; Gonçalves; Laburú, 2017). Logo, algumas características são

³ Representação imagética “é um processo pelo qual se institui um representante que, em certo contexto limitado, tomará o lugar do que representa” (AUMONT, 1993, p. 103). Ou seja, a representação imagética é o significado ou simbolismo que uma imagem possui.

apontadas para melhor visualizar o que é considerado uma prática investigativa:

A necessidade de um problema a ser investigado; o engajamento dos alunos para realizar as atividades; o levantamento de hipóteses, nas quais é possível identificar os conhecimentos prévios dos estudantes; a busca por informações, tanto dos experimentos, como pela bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a elaboração da conclusão da atividade, momento em que há sistematização do conhecimento pelos estudantes e a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na ciência. (Zômpero; Gonçalves; Laburú, 2017, p. 425).

Numa atividade de investigação, o aluno não deve limitar-se em manipular os dados ou a observá-los, e sim atribuir características de um trabalho científico que seja capaz de proporcioná-lo uma aproximação das práticas científicas que eram realizadas pelos cientistas (Galvão; Assis, 2019). Em outras palavras, o aluno deve refletir, discutir, explicar e relatar os dados obtidos na investigação, atribuindo ao seu trabalho características de uma investigação científica.

Existem vários modos de realizar uma atividade investigativa, dentre eles destacamos a atividade experimental que, na concepção de alguns autores, traz vários benefícios por meio de experimentos nas aulas de ciências, como a motivação para aprender, a melhoria na aprendizagem dos conteúdos, a comprovação de teorias e o despertar da curiosidade dos alunos, entre outros (Arruda, Laburú, 1998; Galiazzi *et al*, 2001; Ferreira, 2021; Ferreira, A.; Ferreira, L., 2021).

No entanto, é de conhecimento da comunidade científica que a utilização de atividades experimentais como recurso para aprendizagem nem sempre atinge os benefícios expostos acima (Araújo; Abib, 2003; Gaspar, 2014; Ferreira; Souza, 2019). Isso se deve ao fato da atividade experimental, por vezes, estar relacionada à repetição e a comprovação de leis e teorias já comprovadas, não acrescentando nada de novo, como procedimentos de análise e discussões dos conceitos e fenômenos da Ciência em estudo, comunicação dos resultados ou representação do que foi aprendido na atividade, o que não proporciona ao aluno a construção do seu próprio conhecimento.

Galvão e Assis (2019), em sua pesquisa, buscaram verificar se o uso de uma atividade experimental investigativa no ensino de Física contribuiu para o desenvolvimento de habilidades cognitivas pelos alunos. As autoras evidenciam em

seus resultados que a atividade experimental com caráter investigativo promove engajamento dos alunos durante a prática desenvolvida, viabilizando o aprimoramento e o desenvolvimento de algumas habilidades cognitivas por parte deles. Com isso, ressaltamos que relacionar atividade experimental no ensino de Física a uma abordagem investigativa torna-se “[...] favorável à efetiva participação dos alunos no processo de ensino e de aprendizagem do conceito científico abordado, condição essencial para a manifestação de habilidades cognitivas [...]” (Galvão; Assis, 2019, p. 24).

Como abordado neste tópico, uma das características da abordagem investigativa é a divulgação ou comunicação dos resultados obtidos ao final da prática investigativa. De um ponto de vista semiótico, essa comunicação, que geralmente é verbal, é um dos modos representacionais utilizados pelos alunos, mas nesta pesquisa daremos ênfase as representações imagéticas ou desenhos dos estudantes. Segundo Waldrup, Prain e Carolan (2010), têm sido crescentes o número de estudos na perspectiva da semiótica que abordam as múltiplas representações utilizadas no processo de construção do conhecimento no âmbito do Ensino de Ciências. Nesse sentido, os desenhos como forma de representação é uma delas.

3 Apropriação de conceitos

A fim de compreender a análise dos dados, bem como a produção de seus resultados, apresentamos as principais definições de conceito, baseados na obra de Vygotsky “A Construção do Pensamento e da Linguagem” e na obra de Ausubel “Aquisição e Retenção de Conhecimentos acerca da construção de conceitos”.

A teoria central de Ausubel é a que se refere a aprendizagem significativa, que se configura em um processo em que uma nova informação se relaciona com uma estrutura de conhecimento específica, definida como subsunçor, existente na estrutura cognitiva dos estudantes. O autor propõe que o armazenamento de informações forma uma hierarquia conceitual, onde há uma dependência de conceitos que se relacionam com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (Ausubel, 2000).

Esse processo inclui a interação dos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do estudante, que serve de ancoragem para novas informações, resultando em crescimento e modificação do conceito subsequente. Um estudante pode fazer um

desenho representativo de um pêndulo, por exemplo, iniciando com uma bolinha, já numa fase mais adiantada, ele poderá colocar mais estruturas representativas do pêndulo, como o suporte que o sustenta, como o fio ou linha utilizada, à medida que seu desenvolvimento cognitivo se desenvolve, vai adquirindo mais maturidade.

Ausubel (2000) estabelece conceito como objetos, fenômenos ou situações que possuem características em comum e são representados pelo mesmo signo ou símbolo. Os conceitos armazenados na estrutura cognitiva do estudante são importantes para a criação de proposições significativas e para a resolução de problemas, sejam elas dentro ou fora do espaço escolar (Ausubel, 2000). Os conceitos, representados por imagens no início do processo cognitivo, poderão servir de ancoragem dos subsunçores presentes na formação de novos constructos referentes a novas informações.

Para Vygotsky (2001, p. 246), o conceito é “[...] um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização [...]”. É preciso que o professor direcione a atenção para o famoso decorar por decorar, ou seja, um processo de assimilação vazia, sem significado. Nesses episódios, é muito comum que o estudante seja capaz de saber o significado da palavra, mas não aprende o conceito ou não consegue fazer sua contextualização, por exemplo. O estudante ao se deparar com um novo conceito, desenvolve um processo psicológico interior complexo por meio do qual compreende a nova palavra, sua aplicação e sua contextualização. Quando a palavra e o conceito se unem, acontece o que Vygotsky (2001) define como elo conclusivo.

Essa relação sobre o ensino de apropriação do saber científico é esclarecida por Giordan e Vecchi (1996), que destacam os conhecimentos prévios como fundamentais para construção de novos conhecimentos. Quando o estudante se depara com um problema científico é implementado um processo que inclui um conjunto de elementos, como ideias, raciocínio, sistemas de decodificação da situação, sistemas simbólicos e associações com o que já se conhece. Esse conjunto de elementos coordenado interiormente pelo estudante leva-o a uma resposta que explique o problema (Giordan; Vecchi, 1996).

A partir do momento em que esses elementos são traduzidos na forma de um novo conjunto de elementos, mais complexos e com linguagem científica, há o reconhecimento que o estudante construiu uma rede semântica e, nesses casos, há

o conceito (Giordan; Vecchi, 1996). Desse modo, a concepção pode ser entendida como um processo de atividade de construção mental do real. Esse entendimento vai ao encontro do “elo conclusivo” de Vygotsky, por apontar uma interiorização e contextualização do conceito.

Mediante as duas definições de conceito abordadas neste tópico, o conceito se apresenta como sendo mais que apenas uma associação, uma memória do que foi ensinado. Um conceito que foi apropriado corretamente pode ser aplicado em diversas situações que apresentem uma similaridade. As definições anteriores expõem uma complementaridade que pode ser sintetizada da seguinte forma: conceito é um conjunto de objetos e situações ao qual atribuímos um mesmo signo ou símbolo através de um complexo processo de pensamento e contextualização.

4 Múltiplas Representações: enfoque na Representação imagética

Em seus estudos, Waldrup, Prain, Carolan (2010) e Laburú, Barros e Silva (2011), sinalizam que os estudantes necessitam compreender, integrar e traduzir os conceitos científicos em diferentes formas e modos de representação, como as linguagens gráficas, tabelas, desenhos, ilustrações, verbais e gestuais. Para que os estudantes construam uma compreensão dos conceitos científicos e dos vários significados de suas representações, é essencial que desenvolvam um entendimento das diversas formas e modos de representá-los, ao invés de ficarem restritos de um modo particular, ligado a um tópico específico, especialmente porque a linguagem científica é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, retratos, gráficos, mapas, equações, textos e discursos e outros modos e formas de representação (Lemke, 1998).

Quanto a isto, entendemos que os estudantes no ensino de ciências “necessitam ser introduzidos às representações múltiplas e multimodais de conceitos científicos, ou seja, compreender, traduzir e integrar estas modalidades como parte do aprendizado da natureza do conhecimento científico e da sua representação” (Prain; Waldrup, 2006, p. 1843-1844). Torna-se evidente que um ensino baseado nas múltiplas representações é consistente com a natureza do discurso científico, já que a menção as múltiplas representações remetem à integração desse discurso em práticas que representam um mesmo conceito de várias formas diferentes (Tytler; Prain; Peterson, 2007). Isto é, o uso de múltiplas representações desenvolve efeitos

mais apurados da semiose, que se refletem em aprendizagem mais aprimorada quando se aprovisiona o ensino com combinações, integrações e transformações em diferenciadas representações (Prain; Waldrup, 2006; Duval, 2006).

Assim, destacamos a relevância em empregar as múltiplas representações durante o ensino, impedindo a dependência de modos específicos, quando os estudantes estão em processo de desenvolvimento e compreensão dos conceitos científicos. Nesta pesquisa, nosso foco está direcionado ao campo das múltiplas representações, visto que, analisaremos as representações imagéticas dos estudantes.

Dadas as considerações anteriores em que aprender Ciências envolve o emprego de uma diversidade de meios de comunicação de forma coordenada, onde a construção de novas significações implica, também, no uso de diversos sistemas de representação, consideramos que aprender um conceito ou conteúdo de Física, inclui, impreterivelmente, um desafio representacional. O estudante, ao gerar uma representação imagética sobre determinado conceito científico, a partir de uma proposta experimental investigativa, como é o caso desta pesquisa, articula uma ligação de/entre signos para compartilhar significados. O signo seria, portanto:

Uma coisa que representa uma outra coisa: seu objeto. Ele só pode funcionar como signo se carregar esse poder de representar, substituir uma outra coisa diferente dele. Ora, o signo não é o objeto. Ele apenas está no lugar do objeto. Portanto, ele só pode representar esse objeto de um certo modo e numa certa capacidade. Por exemplo: a palavra casa, a pintura de uma casa, o desenho de uma casa, a fotografia de uma casa, o esboço de uma casa, um filme de uma casa, a planta baixa de uma casa, a maquete de uma casa [...]. Substituem-na, apenas, cada um deles de um certo modo que depende da natureza do próprio signo. (Santaella, 2003, p. 12).

Ao signo é atribuído toda e qualquer utilização de sobreposição representativa de caráter imaterial e valoração subjetiva que abranja diferentes matrizes de constituição, assim como é exemplificado acima pela autora. A partir deste esclarecimento conceitual de signo, nosso olhar foi direcionado para o significado, que é o conteúdo em si. De acordo com Santaella (2003), o significado é a apreensão e associação da coisa representada. Isto é, o significado é o conjunto de todas as possíveis sentidos que aquele signo pode ter. Os signos ou símbolos gerados pelos estudantes, emitem significados, que, por sua vez, estão sujeitos ao interpretador (professor pesquisador).

A aprendizagem de novos conceitos e das representações simbólicas não é um processo que se pode separar, já que não é possível cognitivamente dissociar a forma de representar os conceitos do que eles significam (Tytler; Prain; Peterson, 2007). A representação imagética do sujeito aprendiz possui esse sistema simbólico, que pode expressar níveis conceituais do conteúdo abordado.

Piaget e Inhelder (1980) acreditam que o desenho é uma manifestação semiótica, um modo do ser humano expressar seu conhecimento de um conceito ou objeto, assim como sua funcionalidade. Os desenhos ou representações imagéticas dos estudantes são, também, constituídos por meio das coerências e adequações desenvolvidas nas representações de suas intenções, ideias e aprendizagem de conceitos científicos. O desenho é uma importante ferramenta para revelar o real aprendido do estudante e organizar informações (Marinho, 2019, p. 24).

Nessa perspectiva, a relevância da representação imagética – o desenho, tem ganhado cada vez mais espaço em pesquisas com foco em aprendizagem de conceitos no ensino de Física. As variadas formas representacionais, como descritiva (gráfica, verbal, tabular), matemática, cinestésica, experimental ou desenhos, que são abordadas em sala de aula entram nas investigações para compreender as dificuldades dos estudantes em interpretar diferentes representações e na capacidade de integração em um discurso científico (Laburú; Barros; Silva, 2011).

Por outro lado, Franzoni, Laburú e Silva (2011), utilizaram o desenho como atividade mediadora para solucionar problemas conceituais de aprendizagem de estudantes do Ensino Médio quando passaram do modo experimental para os esquemas convencionais usados em circuitos elétricos na disciplina de Física. Os resultados encontrados na pesquisa dos autores indicam que a mediação através do desenho o transforma em uma espécie de ponte representacional que facilita a aprendizagem dos conceitos científicos no estudo do conteúdo proposto.

Outra pesquisa a ser destacada é a de Pacca *et al.* (2003), que utilizou informações obtidas por quatro professoras de Física com seus alunos de nível médio. O instrumento utilizado para obter os dados nesta pesquisa constou, basicamente, de duas questões sobre o tema cujas respostas foram solicitadas em forma de desenho. A análise das autoras sobre os desenhos coletados mostrou dificuldades dos estudantes em conceber a estrutura dos materiais condutores (filamento, fios, elementos da pilha) e também para compreender o interior da pilha capaz de alimentar

o circuito, ainda que os desenhos tenham se mostrados férteis para caracterizar a concepção dos alunos nesse nível de ensino.

Nesse sentido, nossa pesquisa difere das demais, pois não procuramos usar o desenho para caracterizar as concepções prévias dos estudantes, ou para trazer à tona suas dificuldades conceituais, mas sim usar os desenhos para desvelar a apropriação de conceitos sobre o fenômeno de blindagem eletrostática⁴. Adquirir conhecimento sobre os variados fenômenos e conceitos científicos além de aperfeiçoar a aprendizagem sobre determinado conteúdo, valoriza a cultura científica.

Desse modo, o estudante, inserido numa atividade experimental investigativa, que, de acordo com o tópico anterior, tem maior capacidade no desenvolvimento da autonomia da própria aprendizagem e pode elevar seu potencial quando aliada as múltiplas representações, pois consegue mover raciocínios livremente e consistentemente entre as formas verbais, escritas e imagéticas. As diferentes representações dos conceitos e dos processos da ciência são efetivadas quando se é capaz de transladar de uma representação para outra e quando se consegue empregá-las coordenadamente (Prain; Waldrip, 2006, p. 1844). O estudante ao representar oralmente a explicação de um problema proposto por um professor, e em seguida translada esse conhecimento para uma representação imagética, como é o caso deste trabalho, mostra que compreendeu o conceito científico em questão.

5 Metodologia

Este estudo, realizado a partir da pesquisa empírica, de cunho qualitativo, que conforme Bogdan e Biklen (1982) permite inferir sobre as impressões dos sujeitos pesquisados, ou seja, a forma como estes encaram as questões que são postas de modo à interpretação das situações e dos pontos de vista desses sujeitos.

A pesquisa foi realizada a partir da observação de duas aulas de Física, com três alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do Município de Itapetinga-Bahia. A aplicação da aula foi realizada na modalidade remota via Google Meet, no ano de 2021, devido ao contexto atual da COVID-19.

⁴ Como buscamos descobrir a apropriação de conceitos dos alunos em relação ao fenômeno de Blindagem Eletrostática, é oportuno dizer que ele ocorre quando o campo elétrico é nulo no interior do condutor (maciço ou com cavidade interna) (Máximo; Alvarenga, 1997). O estudo deste fenômeno contribuiu para proteção de vários equipamentos eletrônicos através de um envoltório metálico, protegendo-os desta forma de possíveis influências de fenômenos elétricos externos.

A escolha pelos participantes da pesquisa se deu por serem do mesmo nível de ensino (3º ano do Ensino Médio), mesma instituição e por aceitarem participar da pesquisa. Desse modo, foi proposto que os participantes da pesquisa assinassem o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. No intuito de preservar a identidade dos sujeitos da pesquisa, seus nomes foram substituídos pela letra E (estudante), seguida do número atribuído pelo pesquisador a cada.

No decorrer dessas aulas, usamos uma atividade experimental, mediante uma abordagem investigativa, propondo como problema que os alunos explicassem porque a gaiola metálica impede a perturbação eletromagnética do pêndulo. A cada aluno foi disponibilizado uma lista com os materiais necessários para desenvolvermos a aula, para a montagem de um pêndulo eletrostático simples: dois canudos de plástico sanfonados, papel higiênico, fita adesiva, tesoura, gaiola metálica, linha e isopor. A investigação do efeito de blindagem de perturbações eletromagnéticas ou simulação da Gaiola de Faraday⁵ é realizada aproximando-se e afastando-se um canudo eletrizado do pêndulo, quando ele está ora descoberto, ora coberto com uma gaiola metálica.

A abordagem investigativa foi usada na condução da referida prática com o objetivo de facilitar a aprendizagem e a compreensão do conceito em questão. Conforme Borges (2002), para que tal intenção seja alcançada é relevante considerar os conhecimentos prévios dos alunos. É importante também que os alunos participem de discussões acerca das observações e significados construídos na experimentação. Nesse sentido, descrevemos a organização da atividade experimental investigativa, de acordo com os momentos a seguir.

No primeiro momento, o professor pesquisador fez alguns questionamentos simples para sondar os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo de eletrostática, o que eles entendiam sobre campo elétrico, magnético e potencial elétrico. Esse primeiro momento é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos estudantes frente ao tema. O objetivo dessa fase foi delimitar o ponto de partida acerca dos conhecimentos prévios para a construção do conhecimento almejado. Em seguida foi apresentado e discutido os conceitos de eletrostática, dando

⁵ Gaiola de Faraday é o nome que se dá aos dispositivos que são usados para blindar componentes eletrônicos dos efeitos nocivos da corrente elétrica ou, ainda, da ação das ondas eletromagnéticas. Trata-se de uma superfície condutora, que pode ser feita com uma tela metálica.

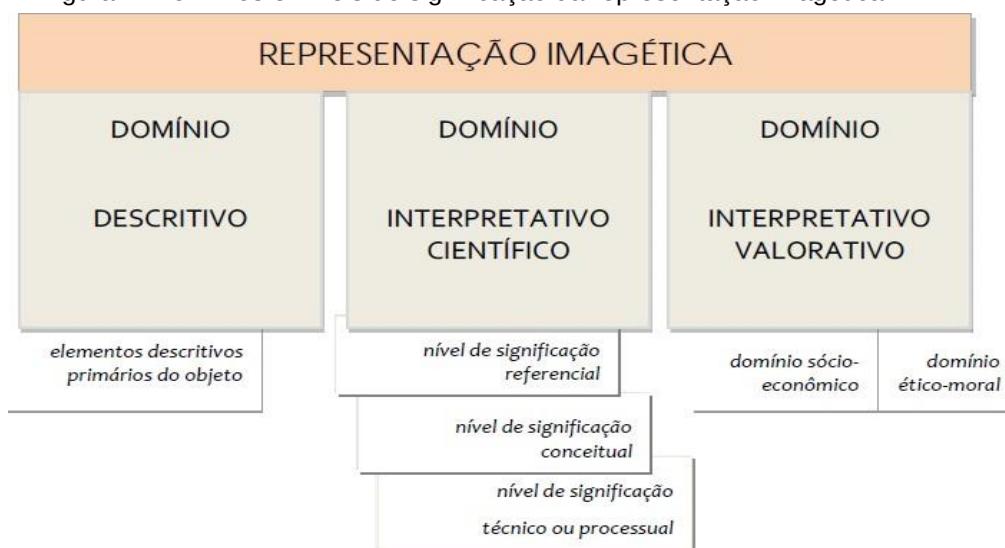
ênfase em perturbações eletromagnéticas.

No segundo momento, foi solicitado aos alunos que montassem um pêndulo com os materiais previamente solicitados e observassem o que acontecia quando eles aproximavam e afastavam um canudo eletrizado do pêndulo, quando ele estava ora descoberto e ora coberto com a gaiola metálica. No terceiro momento, foi apresentado o problema investigativo aos alunos. O tempo para conclusão desta etapa foi de 40 minutos.

No quarto momento, o professor pesquisador orientou uma discussão onde os alunos compartilharam suas explicações a respeito do problema investigado, em seguida foi solicitado aos mesmos que fizessem um desenho para explicar suas respostas ao problema proposto. Escolhemos analisar, nesta pesquisa, os desenhos dos estudantes e as escritas neles contidas. Após o término da aula, as produções foram escaneadas e enviadas para o e-mail do professor pesquisador.

Para análise dos dados da pesquisa, foram estabelecidos critérios para observar os elementos contidos nos desenhos produzidos, inspirados no instrumento analítico de Klein (2011). Este instrumento propicia uma análise imagética a partir de categorias nominadas domínios, com subcategorias chamadas de níveis de significação. Os domínios apresentam os aspectos mais gerais acerca do conceito, e os níveis de significação expressam itens específicos dentro de cada domínio. Os domínios são divididos em três partes: domínio descritivo, domínio interpretativo científico e domínio interpretativo valorativo, representados na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Domínios e níveis de significação da representação imagética.



Fonte: Klein (2011).

O domínio descritivo refere-se às produções em que aparecem os objetos principais do experimento. Os elementos que podem ser associados a esse domínio, levando em consideração o que foi solicitado após a atividade experimental investigativa, são os materiais principais como canudo e gaiola metálica. No domínio descritivo temos dois níveis de significação, elencados a fim de observar se a produção dos estudantes enfatiza ou não os aspectos basilares referentes à blindagem eletrostática, tais como os aspectos estruturais do canudo e da gaiola metálica, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Níveis conceituais para análise das produções.

Domínios	Níveis de Significação
Descritivo Conceitual	Aspectos estruturais do canudo
	Aspectos estruturais da gaiola metálica
Interpretativo Científico	Interação dos materiais
	Uso de convenções representacionais
	Campo elétrico nulo
Interpretativo Valorativo	Aparelhos tecnológicos/eletrônicos

Fonte: Adaptado de Klein (2011).

O domínio interpretativo científico refere-se as produções que enfatizam a interação canudo-gaiola e seu efeito. Como o problema solicitado exigia uma explicação sobre como a gaiola metálica impede a perturbação eletromagnética do pêndulo, neste domínio estão inseridos elementos dos desenhos dos estudantes que tentaram resolvê-lo. Neste domínio temos três níveis de significação: (i) a interação entre os materiais, onde pode ser observada mediante a proximidade do canudo a gaiola metálica, seja por uma seta, ou pela posição do canudo em relação à gaiola no espaço desenhado; (ii) o uso de convenções representacionais, como por exemplo, o uso de unidades de medida em relação as cargas elétricas, sendo sinal negativo para referir-se aos elétrons e sinal positivo para os prótons; (iii) campo elétrico nulo, ou seja, indicação clara que o campo elétrico esteja nulo, seja por escrito ou com a utilização de fórmulas.

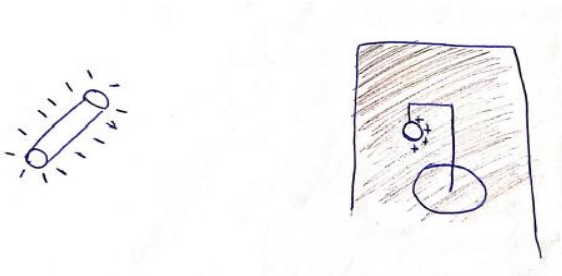
O domínio interpretativo valorativo, abrange desenhos que buscaram representar a importância da blindagem eletrostática de uma maneira contextualizada. Os níveis de significação elencados a partir deste domínio são as aplicações do fenômeno em aparatos eletrônicos. É esperado nas produções, instrumentos tecnológicos/eletrônicos como micro-ondas, carro, entre outros, citados durante a aula, destacando a relevância do fenômeno investigado para prevenção de descargas elétricas nesses tipos de aparelhos.

Como discutido no tópico anterior, quando o estudante utiliza signos de maneira complexa e com linguagem científica, sendo expresso corretamente em situações similares, há apropriação do conceito investigado.

6 Análise e discussão das representações

Iniciaremos nossas análises na ordem em que foram concluídos os desenhos pelos estudantes. Conforme as imagens foram sendo apresentadas, elaboramos um quadro com os níveis conceituais observados na produção de cada um dos estudantes, para melhor visualizar a análise das representações, começando pela Figura 2 que se refere a representação do estudante E1.

Figura 2: Representação do estudante E1



Fonte: Dados da pesquisa.

Como pode ser observado em sua produção, o estudante E1 desenhou o canudo e a gaiola metálica, assim como o pêndulo no interior da mesma, porém, não foi identificada nenhuma representação adicional como o uso de palavras em sua produção. Houve uma tentativa de resolver o problema por meio das cargas elétricas evidenciadas no desenho, visto que é sinalizado a eletrização do canudo que está correta, porém, é observado a presença de cargas elétricas na esfera do pêndulo, ou seja, no interior da gaiola metálica, o que é considerado um equívoco, pois a distribuição das cargas ocorre na superfície externa da gaiola. A eletrização do canudo é a única correta. Fica nítido, através da representação, que o estudante não conseguiu obter uma resposta satisfatória ao problema proposto na aula.

O estudante atingiu três níveis de significação, sendo presente em sua produção os dois primeiros níveis do domínio descritivo conceitual e o segundo nível do domínio interpretativo científico. As estruturas do canudo e da gaiola correspondem ao aparato experimental usado na aula, e, os sinais das cargas elétricas representadas no canudo (-) e no pêndulo (+), evidenciam o uso de convenções representacionais. Como mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Níveis conceituais observados na produção do estudante E1

Domínios	Níveis de significação	Observação
Descritivo conceitual	Aspectos estruturais do canudo	Presença
	Aspectos estruturais da gaiola metálica	Presença
Interpretativo científico	Interação dos materiais	Ausência
	Uso de convenções representacionais	Presença
	Campo elétrico nulo	Ausência
Interpretativo valorativo	Aparelhos tecnológicos/eletrônicos	Ausência

Fonte: Elaborado pelos autores.

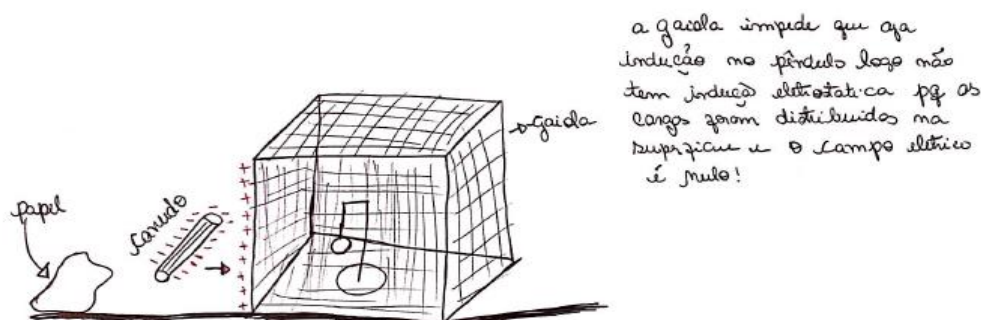
Os elementos evidenciados no desenho do E1 - o canudo, a gaiola metálica, as cargas elétricas e seus sinais convencionais - indicam que o estudante ainda está no processo de construção do conceito/fenômeno abordado, ou seja, ainda está aprendendo. Em seu desenho não houve indícios de interação entre os materiais principais, visto que a posição do canudo está um pouco afastado da gaiola, e não há indicadores como setas ou palavras que direcionasse um sentido de aproximação ou interação entre esses materiais, que, inclusive, faz parte do procedimento experimental. Para Duval (2006), ao se afirmar que um estudante está aprendendo ou que aprendeu algo, quer dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação, também deve ser hábil no uso de sinais entre quaisquer representações. Ao observar a produção do E1, percebemos que o conhecimento sobre o fenômeno focado não se encontra fundado na coordenação das representações utilizadas de forma correta.

É interessante dizer que o estudante relatou durante a aula que tinha dificuldade com o conteúdo de eletrostática, em específico, com os processos de eletrização. Como essa parte do conteúdo é inerente ao procedimento experimental deste trabalho, isso pode ter influenciado a aprendizagem do conceito para o estudante. Contudo, é importante frisar, que as representações além de se tornarem um suporte para esclarecimento dos estudantes, também dão um direcionamento para o professor a respeito das dificuldades conceituais, permitindo-o que elabore meios de solucionar essas dificuldades (Frazoni; Laburú; Silva, 2011). A representação na Figura 2 possibilita aproveitar as falhas semióticas do estudante para discutir os verdadeiros problemas de conceituação, a fim de desenvolver a aprendizagem do conteúdo na sua totalidade.

A Figura 3 mostra a representação elaborada por E2 que desenhou o canudo, a gaiola metálica, o papel (este último foi utilizado no processo de eletrização do canudo), com uso de setas e de uma representação textual. Consideramos, nessa

representação, que houve a resolução do exercício por meio da distribuição das cargas elétricas e argumentos evidenciados no texto, visto que a presença e sinais das cargas elétricas nos materiais correspondem ao que é argumentado no texto do estudante, que está correto.

Figura 3: Representação do estudante E2



Fonte: Dados da pesquisa.

Os domínios descritivos conceituais e interpretativos científicos foram atingidos pelo estudante E2, que apresenta em sua produção características estruturais inerentes ao canudo e a gaiola metálica, bem como as cargas elétricas e sinais de convenção representacional, setas relacionadas a palavras para identificação do instrumento representado, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Níveis conceituais observados na produção do estudante E2

Domínios	Níveis de significação	Observação
Descritivo conceitual	Aspectos estruturais do canudo	Presença
	Aspectos estruturais da gaiola metálica	Presença
Interpretativo científico	Interação dos materiais	Presença
	Uso de convenções representacionais	Presença
	Campo elétrico nulo	Presença
Interpretativo valorativo	Aparelhos tecnológicos/eletrônicos	Ausência

Fonte: Elaborado pelos autores.

A seta próxima ao canudo e a gaiola possui um sentido diferente das demais, pois evoca o sentido de aproximação do canudo, logo, houve uma interação entre os materiais basilares do experimento. Ainda, em sua produção, há a explicação textual correta sobre o problema proposto, quando diz que “não tem indução eletrostática no pêndulo pq [porque] as cargas foram distribuídas na superfície e o campo elétrico é nulo!”. A presença de cinco níveis de significação indica uma apropriação do conceito por parte do estudante.

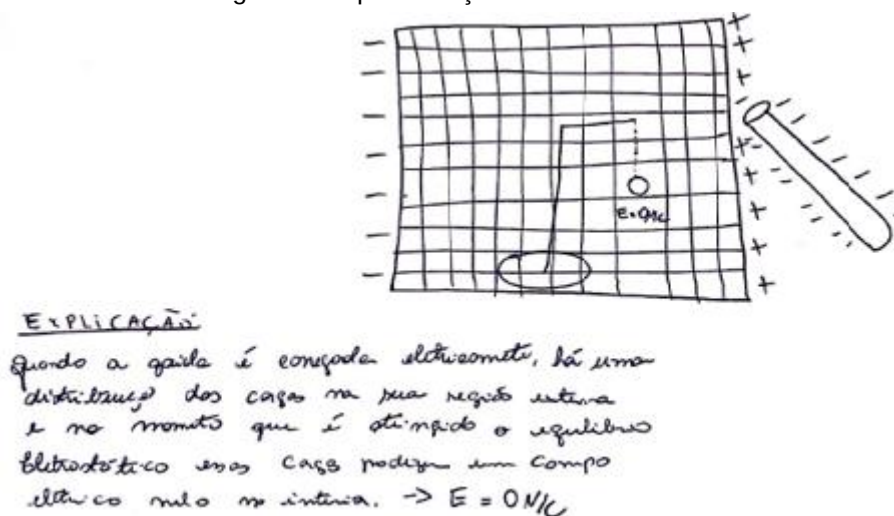
A representação do estudante E2, indica que o estudante se apropriou do

conceito/fenômeno abordado em sala de aula. Em sua produção houve indícios de interação entre os materiais principais como o uso da seta e proximidade dos materiais, fator importante para distribuição das cargas elétricas, que estão representadas de forma correta na superfície da gaiola. É importante dizer que ambas as formas de representação (textual e imagética), presentes na produção do E2, respondem corretamente porque a gaiola metálica impede a perturbação eletromagnética do pêndulo.

No que se refere à aprendizagem de conceitos, esta não pode ser separada de como aprender a representá-los e do que significam. A aprendizagem conceitual é reforçada na medida em que o estudante aprende a reconhecer os distintos aspectos e ulteriores implicações de uma mesma ideia, por meio de diferentes representações (Tytler; Prain; Peterson, 2007). A produção do E2 inclui duas modalidades representacionais que reforçam a aprendizagem. Como aponta Laburú e Silva (2011), essa relação entre as diferentes formas de representação, adequadas cientificamente, dialogam e dão subsídios para que afirmemos que o estudante apresentou aprendizagem efetiva dos conceitos científicos que se pretendia com a atividade.

Na Figura 4 é apresentada a representação do estudante E3, que desenhou o canudo e a gaiola metálica, assim como o pêndulo no interior da mesma. Um diferencial nesta reprodução é a presença da fórmula científica do campo elétrico com resultado nulo, no interior da gaiola. É identificado uma explicação em forma textual, também, com a utilização de fórmula.

Figura 4: Representação do estudante E3



Fonte: Dados da pesquisa.

O estudante conseguiu atingir todos os níveis de significação do domínio descritivo conceitual e interpretativo científico, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4: Níveis conceituais observados na produção do estudante E3

Domínios	Níveis de significação	Observação
Descritivo conceitual	Aspectos estruturais do canudo	Presença
	Aspectos estruturais da gaiola metálica	Presença
Interpretativo científico	Interação dos materiais	Presença
	Uso de convenções representacionais	Presença
	Campo elétrico nulo	Presença
Interpretativo valorativo	Aparelhos tecnológicos/eletrônicos	Ausência

Fonte: Elaborado pelos autores.

A estrutura dos materiais basilares do experimento como canudo e gaiola aparecem em sua produção, bem como o uso de convenções representacionais identificadas pelos sinais das cargas elétricas presentes nos materiais e, também na descrição da fórmula científica do campo elétrico e unidade de medida. Embora não haja o uso de setas ou palavras que denomine o material representado, consideramos que a proximidade entre o canudo e a gaiola, e o adequado uso dos sinais das cargas elétricas é suficiente para entendermos que houve uma interação entre os materiais basilares. As posições e o sistema de ligação entre os signos gerados pelo E3, nos transmitem esse significado de interação.

O estudante E3 conseguiu resolver o problema proposto na aula, pois a presença de cargas elétricas no canudo e distribuição das mesmas na superfície externa da gaiola, que estão representadas corretamente, indicam um equilíbrio eletrostático no interior da gaiola, onde o campo elétrico é nulo. A representação textual reforça esse entendimento que completa ou explica mais detalhadamente o desenho quando diz que: “no momento em que é atingido o equilíbrio eletrostático essas cargas produzem um campo elétrico nulo no interior”.

Conforme apontado por Laburú, Barros e Silva (2011, p. 474), “as diferentes representações dos conceitos e dos processos da ciência chegam a alcançar sucesso somente quando se é capaz de traduzir coordenadamente uma representação para outra, bem como empregá-las em um discurso integrado.”. A produção aqui analisada, evidencia a presença de duas formas representacionais diferentes, deixando claro que o estudante conseguiu responder o problema proposto, indicando, ainda, uma apropriação do conceito debatido.

Uma percepção geral a partir das representações dos estudantes foi a que os desenhos dos canudos e gaiolas metálicas, por mais variados que se apresentassem,

mantêm características que as identificam como tais: o comprimento e ondulação, o formato quadrado e quadrilhado. As similaridades apresentadas vão ao encontro da construção cultural de signos defendida por Vygotsky (2001). Os signos desenhados na atividade foram identificados sem a necessidade de uma intervenção de caráter tradutório, evidenciando que o canal de comunicação foi devidamente estabelecido.

A partir da análise dessas representações, podemos perceber ainda que não foi encontrado nesta pesquisa nenhuma produção que atingisse o terceiro domínio, o domínio interpretativo valorativo. Este domínio implicava em uma abstração e generalização do conceito. Embora a atividade experimental investigativa insira o estudante como sujeito autônomo no processo de aprendizagem e viabilize o aprimoramento e o desenvolvimento de algumas habilidades cognitivas (Suart; Marcondes, 2009), nem sempre esses objetivos são alcançados em sua totalidade.

Não é difícil constatar que a dinâmica do ensinar e do aprender numa sala de aula é cercada de diversos acontecimentos que ocorrem simultaneamente. Isto faz com que frequentes falhas de comunicação do professor com seus aprendizes aconteçam, sendo possível presenciar: informações incompletas, insuficientes, confusas, mal localizadas e, às vezes, a ausência de questionamento ou solicitação de que os estudantes pudessem pensar sobre essa abstração e generalização do conceito no momento que faziam as representações. Para o estudante, acaba ficando o malabarismo da difícil tarefa de selecionar e unir a informação correta num todo coerente e sintético e chegar à compreensão do que o professor pretende, ainda mais em um contexto de ensino remoto, por meio de plataformas digitais. Diante disso, torna-se necessário oportunizar que modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados a outros, favorecendo a ultrapassagem das falhas mencionadas.

7 Considerações finais

A partir da experiência descrita, buscamos responder quais os níveis de aprendizagem conceitual foram identificados nas representações imagéticas de estudantes do ensino médio em uma aula de Física. Foi possível destacar a presença de dois níveis conceituais na maioria das representações, sendo o descritivo conceitual presente em todas as produções dos estudantes, e o interpretativo científico presente em duas produções. Os resultados, ainda, mostraram que o

desenho desempenhou um papel estruturante do entendimento do fenômeno de blindagem eletrostática e, ainda, das noções necessárias à compreensão do seu conceito. A representação imagética teve, portanto, um papel de relevância como conclusão da investigação. Porém, não se pode deixar de apontar que os modos de representação verbal e escrita também tiveram sua influência em toda instrução sustentada.

Nos desenhos produzidos pelos estudantes na atividade experimental investigativa sobre o conteúdo de Ondas, foram observados elementos discutidos durante a aula, antes de iniciar a produção dos desenhos, os pêndulos, gaiolas e canudos desenhados pelos estudantes baseados no experimento desenvolvido, bem como a distribuição de cargas elétricas mencionados pelo professor-pesquisador nas discussões acerca do fenômeno da Blindagem eletrostática. Assim, é possível inferir que houve contextualização por parte dos estudantes.

Todas as produções, encaixam-se em uma tentativa de resolução do exercício proposto, sendo considerado as produções dos estudantes E2 e Ee3 como satisfatória ao conceito do fenômeno abordado, onde a destruição de cargas elétricas ocorreram na superfície do aparato metálico, e houve a ocorrência do equilíbrio eletrostático e campo elétrico nulo no interior do aparato. Em contrapartida, a produção do E1 representa alguns elementos da atividade desenvolvida, mas evidencia um equívoco na posição de cargas elétricas no pêndulo, no interior da gaiola metálica, demonstrando uma interação das cargas elétricas externas e internas, mesmo com a blindagem já realizada.

O domínio descritivo conceitual pode ser entendido como um domínio mais superficial, simples, que indica os elementos mais básicos que remetem à blindagem eletrostática. Todas as estudantes atingiram este domínio. O domínio interpretativo científico envolve uma maior complexidade de processos cognitivos para ser associado ou representado, sendo uma contextualização do conceito de blindagem eletrostática. A maioria dos estudantes atingiu este nível por completo, indicando que a abordagem experimental investigativa aliada as múltiplas representações, utilizada durante o percurso metodológico, contribuiu para a o processo de construção do conceito.

De acordo com a definição de conceito apresentado nesta pesquisa, como um conjunto de objetos e situações que atribuímos um mesmo signo ou símbolo por meio

de um complexo processo de pensamento e contextualização. Os elementos desenhados pelos estudantes na atividade sobre blindagem eletrostática foram traduzidos na forma de um novo conjunto de elementos, mais complexos e com linguagem científica na rede semântica deles, processo considerado como conceito por Giordan e Vecchi (1996). Com isso, são estabelecidas novas aprendizagens, que, segundo Ausubel (2000), são um importante aspecto para a criação de significados e resolução de problemas.

A produção do E1 não apresentou interação entre os elementos basilares de blindagem eletrostática, indicando uma fraca apropriação do conceito, como se o estudante estivesse no processo de formação conceitual, ainda testando e generalizando os elementos acerca do conceito. Por outro lado, os estudantes E2 e E3 estão no processo de assimilação conceitual, criando outras conexões ao que está apropriado do conceito.

Sugerimos ainda, para o alcance do nível interpretativo valorativo, novas abordagens metodológicas, como Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTSA, cuja proposta é desvincular a ciência neutra para uma ciência que se aproxima da realidade do estudante e de questões relativas às relações que a ciência mantém com aspectos da tecnologia, da sociedade em geral e do meio ambiente (Osborne, 2011; Fernandes; Pires, 2013; Marinho, 2019). Promover debates e situações-problema que envolva o movimento CTSA pode permitir discussões relacionadas à produção de Ciências e tecnologias com consequências para a sociedade e para o meio.

Contudo, ressaltamos que o princípio semiótico maior que está por detrás do que se tentou aqui mostrar é que a formação e apropriação de conceitos permanecem essencialmente ligadas às suas produções semióticas. O nível de domínio do conceito demonstrado pelos estudantes nas suas representações forneceu indicativos de que isso é defensável e a estratégia envolvendo aplicação de múltiplas representações para aprendizagem serve para fortalecer esse argumento.

Nesse contexto, a presente investigação pode contribuir para a área de Ensino de Ciências, especialmente, a área da Física, visto que traz resultados animadores na perspectiva do engajamento ativo dos estudantes mediante o desenvolvimento de práticas associadas à cultura científica. Por fim, esperamos contribuir para o surgimento de novas pesquisas que visem à utilização de atividades desenvolvidas

com instrumentos simples, com caráter investigativo e com o uso das múltiplas representações.

Referências

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira; ABID, Márcia Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun.2003.

ARRUDA, Sergio de Melo; LABURÚ, Carlos Eduardo. Considerações sobre a função de experimento no ensino de Ciências. *In*: NARDI, Roberto (org.). **Considerações atuais no ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Escrituras, 1998, p. 73-87.

AUMONT, Jacques. **A imagem Campinas**. São Paulo: Papirus Editora, 1993.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2000.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1982.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, jan. 2002.

DUVAL, Raymond. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, v. 61, n. 2, p. 103-131, 2006.

FERNANDES, Isabel Marília Borges; PIRES, Delmina Maria. As inter-relações CTSA nos manuais escolares de ciências do 2º CEB. **Eduser**: revista de educação, Bragança, v. 5, n. 2, p. 35-47, 2013.

FERREIRA, Álex de Carvalho. The dimension of teaching-learning in Physics teaching: interfaces with the choice of high school students. **Journal of Research and Knowledge Spreading**, v. 2, n. 1, p. 1-12, maio, 2021.

FERREIRA, Álex de Carvalho, SOUZA, Ester Maria de Figueiredo. Cotidiano e memória didática como estratégia no ensino de Física. **Revista Práxis Educacional**, v. 15, n. 35, p. 42-60, out./dez. 2019.

FERREIRA, Álex de Carvalho; FERREIRA, Lúcia Gracia. O ensino de física e suas relações: o que dizem os licenciandos dessa área. **Revista Ciências & Ideias**, v. 12, n. 1, p. 50-68, jan/abr., 2021.

FRANZONI, Gilberto; LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura da. O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. **Revista Electrónica de Investigación Educación en Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 33-43, jul. 2011.

GALIAZZI, Mariado Carmo *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências.

Ciência & Educação, v. 7, n. 2, p. 249-263, jan., 2001.

GALVÃO, Idmaura Calderaro Martins; ASSIS, Alice. Atividade experimental investigativa no ensino de física e o desenvolvimento de habilidades cognitivas. **REnCiMa**, v. 10, n.1, p. 14-26, jan/mar. 2019.

GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de física**. uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: LF Editorial, 2014.

GIORDAN, André; VECCHI, Gerard de. **As Origens do Saber**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

KLEIN, Tânia Aparecida da Silva. **Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de Biotecnologia por alunos do Ensino Médio**. 2011. 197f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

LABURÚ, Carlos Eduardo; GOUVEIA, Amândio Augusto; BARROS, Marcelo Alves. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 24-47, maio, 2009.

LABURÚ, Carlos Eduardo; BARROS, Marcelo Alves; SILVA, Osmar Henrique Moura da. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LEMKE, Jay. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. *In*: MARTIN, Joey; VEEL, Robert. (Eds.). **Reading Science**: critical and functional perspectives on the discourses of science. London: Routledge, 1998. p. 87-113.

MARINHO, Juliana Benassi. **Apropriação de conceitos referentes à polinização a partir das representações imagéticas de estudantes do ensino médio**. 2019. 76f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de física 3**. São Paulo: Scipione, 1997.

OSBORNE, Jonathan. Science education policy and its relationship with research and practice: lessons from Europe and United Kingdom. *In*: DEBOER, G. E. **The role of public policy in k-12 science education** Charlotte: Information Age Publishing, 2011. p. 13-46.

PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; FUKUI, Ana; BUENO, Maria Cristina; COSTA, Regina Helena, VALÉRIO, Rosa; MANCINI, Sueli. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p.151-167, ago., 2003.

PIAGET, Jean; INHELDER, Barbel. **A psicologia da criança**. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1980.

PRAIN, Vaughan; WALDRIP, Bruce. An exploratory study of teachers 'and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, fev., 2006.

SANTAELLA, Lúcia. **O que é semiótica?** São Paulo: Brasiliense, 2003.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n.1, p. 50-74, mar., 2009.

TYLER, Russell; PRAIN, Vaughan; PETERSON, Suzanne. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, v. 37, p. 313-331, jul., 2007.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WALDRIP, Bruce; PRAIN, Vaughan; CAROLAN, Jim. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary Science. **Research in Science Education**, v. 40, p. 65-80, fev.; 2010.

ZÔMPERO, Andréia de Freitas; GONÇALVES, Carlos Eduardo de Souza; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 2, abr/jun., 2017.