

DOI: <https://doi.org/10.29378/plurais.2447-9373.2021.v6.n1.12212>

## MODELO 5E E APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA: a luz e seus impactos na tecnologia cotidiana

*Fábio Ferreira Monteiro*<sup>1</sup>

Universidade de Brasília  
<http://orcid.org/0000-0002-6597-5859>

*Marcello Ferreira*<sup>2</sup>

Universidade de Brasília  
<http://orcid.org/0000-0003-4945-31>

*Olavo Leopoldino da Silva Filho*<sup>3</sup>

Universidade de Brasília  
<http://orcid.org/0000-0001-8078-3065>

*Wendell da Silva Cruzeiro*<sup>4</sup>

Centro de Ensino Médio (SEEDF) - Ceilândia/DF  
<http://orcid.org/0000-0002-5786-6193>

### RESUMO:

A abordagem didática sobre a luz, no Ensino Médio, é usualmente realizada de maneira fragmentada e descontínua. Ela aparece em momentos curriculares distintos, como no estudo da óptica, da ondulatória, do eletromagnetismo, e, geralmente, não é reconhecida como fenômeno físico contemporâneo. Nesse sentido, com base em uma articulação entre a teoria psicológica de aprendizagem por descoberta, de Jerome Bruner, e a metodologia de ensino de ciências baseada na investigação na perspectiva 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*), este artigo discute a possibilidade de uma intervenção didática de quatro aulas, na qual o estudo da luz é usado como tema transversal, de modo que a óptica, a ondulatória, o eletromagnetismo, e algumas tecnologias modernas são apresentadas como temas-satélites em uma abordagem de ensino por descoberta.

**Palavras-chave:** Aprendizagem ativa. Ensino por descoberta. Modelo de ensino 5E. Luz. Tecnologias.

### ABSTRACT:

#### THE 5E MODEL AND THE DISCOVERY-BASED LEARNING: light and its impacts on everyday technology

The didactic approach to light, in high school, is usually carried out in a fragmented and discontinuous way. It appears at different curricular moments, such as in the study of optics, waveforms, electromagnetism, and, generally, it is not recognized as a contemporary physical phenomenon. In this sense, based on an articulation between the psychological theory of learning by discovery, by Jerome Bruner, and the science teaching methodology based on investigation in the 5E perspective (*Engage, Explore, Explain,*

---

1 Doutor em Física (UnB). Professor no Instituto de Física (UnB). E-mail: [fmonteiro@unb.br](mailto:fmonteiro@unb.br).

2 Doutor em Educação em Ciências (UFRGS). Professor no Instituto de Física (UNB). E-mail: [marcellof@unb.br](mailto:marcellof@unb.br).

3 Doutor em Física (UNB). Professor no Instituto de Física (UNB). E-mail: [olavolsf@unb.br](mailto:olavolsf@unb.br).

4 Mestre em Física. Centro de Ensino Médio (SEEDF). Professor do ensino médio. E-mail: [df.wendell@gmail.com](mailto:df.wendell@gmail.com).

*Elaborate, Evaluate*), this article discusses the possibility of a didactic intervention of four classes, in which the study of light is used as a transversal theme, so that optics, waveform, electromagnetism, and some modern technologies are presented as satellite themes in a discovery teaching approach.

**Keywords:** Active learning. Discovery-based learning. 5E Instructional model. Light. Technologies.

## RESUMEN:

### MODELO 5E Y APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO: la luz y sus impactos en la tecnología cotidiana

El abordaje didáctico de la luz en la escuela secundaria se suele realizar de forma fragmentada y discontinua. Aparece en momentos curriculares distintos y, como en el estudio de la óptica, las ondas, el electromagnetismo y, en general, no se reconoce como un fenómeno físico contemporáneo. En este sentido, a partir de una articulación entre la teoría psicológica del aprendizaje del descubrimiento de Jerome Bruner y la metodología de la enseñanza de la ciencia basada en la investigación desde una perspectiva de cinco fases (5E – Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate), este artículo discute la posibilidad de una intervención didáctica de cuatro clases, en la que el estudio de la luz se revisita como tema central, mientras que la óptica, las ondas, el electromagnetismo y algunas tecnologías modernas se presentan como temas satelitales en un enfoque de enseñanza por descubrimiento.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo. Aprendizaje por descubrimiento. Modelo de enseñanza 5E. Luz. Tecnologías.

## Introdução

Nos livros didáticos do Ensino Médio, o tema “luz” aparece de forma descontínua e fragmentada, em momentos curriculares distintos, como no estudo da ótica, da ondulatória e do eletromagnetismo. Sua abordagem, por vezes, distorce, simplifica, ressignifica e reconstrói os fatos científicos e pode, não raro, repercutir em equívocos diversos (MELO; CRUZ, 2008, p. 10).

Assim, a luz, apesar de ser a base de vários fenômenos e múltiplas aplicações tecnológicas, ainda é abordada de modo bastante descritivo e descontextualizado dos estudantes que se encontram em uma cultura amplamente tecnológica e têm acesso a informações, por diversos meios, além de pelo livro didático (ARAUJO, 2018). Mais ainda, as diatribes históricas sobre a luz têm impacto direto na maneira como surgiu, e foi interpretada, a moderna Física Quântica (OLAVO, 2016). Iniciando-se com Newton e sua perspectiva corpuscular da Luz, Huygens e sua abordagem ondulatória (ambas no contexto de uma Óptica Geométrica), e posteriormente, já no século XIX, com o Eletromagnetismo e a Óptica Física, tais questões desembocaram, no século XX, em outras relativas ao princípio de dualidade onda-partícula e sua concretização nos fenômenos do efeito fotoelétrico e no efeito Compton, para citar apenas alguns. Neste sentido, a luz pode cumprir papel agregador de conhecimentos, articuláveis inclusive sob uma perspectiva histórica que lhes dê maior contextualização e uma *ratio essendi*.

Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o tema “luz”, na perspectiva de sua natureza e de sua propagação, é introduzido nas séries iniciais do ensino fundamental, na unidade temática “Matéria e Energia”, no objeto do conhecimento “efeitos da luz nos materiais” e, particularmente, na habilidade EF03CI02: “experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano). Já nas séries finais, é retomado na mesma unidade temática, desta vez nos objetos de conhecimento “aspectos quantitativos das transformações químicas”, “estrutura da matéria” e “radiações e suas aplicações na saúde”, com as habilidades: (EF09CI04) “planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina”; (EF09CI05) “investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana; (EF09CI06) “classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.”; e (EF09CI07) “discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.)”. No ensino médio, a BNCC não faz há menções específicas a competências e habilidades relacionadas ao estudo da luz, embora se reconheça que ele (associado, *sensu lato*, à energia) é basal para a discussão interdisciplinar de várias das competências e habilidades específicas ao longo da formação básica, sempre com associação ao uso, à compreensão e à crítica às tecnologias associadas.

A convivência nos ambientes *on-line*, com vídeos, imagens e fóruns, somada ao acesso a tecnologias modernas, oferece experiências que parecem estar distantes do que se estuda na escola (MONTEIRO, 2021). Nela, os estudantes assumem uma postura passiva, demonstram pouca interação e estão mais preocupados em lembrar as informações apresentadas pelo professor ou pelo livro didático, quando solicitadas (MONTEIRO; ALVES; MELLO, 2018).

A proposição de qualquer mudança metodológica, neste contexto já estabelecido, desafia estruturas cristalizadas e modelos de ensino tradicional. No cenário de aprendizagem por recepção e repetição, quase sempre descontextualizado, em que nem sempre o estudante consegue estabelecer relação do novo conteúdo com o anterior, faz-se necessário mobilizar metodologias com as quais seja possível interagir com o concreto, vivenciar experiências e aprender por descoberta.

O ensino de ciências baseado em investigação tem potencial de aumentar o envolvimento, promover o pensamento científico e desenvolver o entendimento conceitual dos fenômenos (SAÇKES, 2015; AKMAN; ÖZGÜL, 2015; BULUNUZ, 2013).

A aprendizagem personalizada, continuada, colaborativa e situada – que passa pelas etapas de envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação – auxilia o professor a identificar a etapa na qual o estudante se encontra e possibilita desenvolver modelos com mais agilidade e mais intensificadores do pensamento crítico-científico (TAVARES; ALMEIDA, 2015).

Nesse sentido, este artigo faz uma análise de uma sequência didática, desenhada com base na articulação entre a teoria psicológica de aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner e a metodologia de ensino de ciências na perspectiva de cinco fases (5E – *Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) – envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação. Nela, a luz é revisitada como tema central, apoiando-se em experimentos da óptica, da ondulatória e do eletromagnetismo, com base em tecnologias modernas e em uma abordagem de ensino por descoberta (CRUZEIRO, 2020).

## Referenciais teóricos

### *Aprendizagem por descoberta*

A teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner (1969) defende que o estudante precisa: i) assumir maior controle da própria atividade mental; ii) empenhar-se para que o que for aprendido faça sentido; iii) compartilhar o que se aprendeu com o grupo; e iv) negociar a construção da realidade. Em outros termos, agência, reflexão, colaboração e cultura. Além disso, o processo de aprendizagem deve ser desafiador para os envolvidos e tal desafio deve ser aceito. Assim, a investigação se inicia quando o indivíduo aceita confrontar os problemas (BRUNER, 1972).

Quando um estudante de Ensino Médio, por exemplo, aprende a construir e/ou a moldar um objeto, e tenta compartilhar, constantemente, o seu aprendizado, também se coloca em condições de ensiná-lo aos colegas que apresentam dificuldades. A colaboração é um passo importante para transformar a educação em cultura e, por isso, é necessário refletir a respeito dos meios de informação e de comunicação que podem auxiliar neste processo e que são a base da atual cultura tecnológica digital.

Contudo, a manutenção da cultura não significa transformar a escola em um ponto de encontro da comunidade para discutir fracassos e/ou sucessos. A escola deve ser o local em que os problemas possam ser transformados em situação controlável; e a cultura será um modo

de lidar com problemas humanos. Portanto, visualizar as representações feitas pelos estudantes é reconhecer indícios de aprendizagem acerca de símbolos, ícones e ações em contexto cultural (BRUNER, 2001).

Para Bruner, o desenvolvimento de processos cognitivos está associado a: i) solução de problemas; ii) conceituação; iii) raciocínio; e iv) reconhecimento perceptivo. No entanto, a percepção faz com que o estudante extrapole a informação recebida e adquira pensamentos autônomos. A percepção proporciona o envolvimento e o desenvolvimento intelectual, e este se caracteriza por independência crescente da resposta, em relação à natureza imediata do estímulo (BRUNER, 1969).

A aprendizagem e o pensamento estão sempre situados em um contexto cultural e, ao mesmo tempo, o uso de recursos culturais poderá produzir estímulos à aprendizagem. Para Bruner, a combinação de elementos biológicos e culturais pode produzir processos racionais que dão significado às práticas cotidianas dos indivíduos. Desse modo, o desenvolvimento intelectual se relaciona às situações vivenciadas pelos sujeitos, ao longo da vida, e promove a capacidade de fazer simulações e previsões (BRUNER, 2001).

Para Bruner (2001), o desenvolvimento intelectual auxilia também na formalização da linguagem, por meio de palavras ou de símbolos. Esse é um ponto importante do processo de aprendizagem, uma vez que é indício da evolução acerca do entendimento da informação recebida e, posteriormente, transferida para um símbolo ou uma palavra.

Para que o processo de aprendizagem seja satisfatório, é necessário que haja predisposição a aprender e, que o conhecimento seja estruturado, de forma que o indivíduo o interiorize da melhor maneira possível. Desse modo, a aquisição do conhecimento se apresenta em três estágios de compreensão adquirida: i) acerca de um conhecimento prático (aprendizagem ativa); ii) por meio de estímulos visuais, como leituras, filmes, animações etc. (aprendizagem icônica); e iii) por meio da linguagem (aprendizagem simbólica) (BRUNER, 1969).

Ao professor, cabe a função de motivação da aprendizagem, por meio da construção de um diálogo ativo com e entre estudantes, bem como da organização dos conteúdos e conceitos, em forma de espiral, situação na qual os níveis de abordagem e de desafios são gradual e logicamente hierarquizados e sequenciados. Os fundamentos teóricos da aprendizagem indicam um caminho a ser seguido no processo de ensino. Essa construção pode ser viabilizada por aulas motivadoras, estruturadas, sequenciadas e que gerem reforço mental (MONTEIRO, 2021).

## **Ensino investigativo: uma proposta com base na metodologia 5E**

No final da década de 1980, uma equipe de educadores foi convidada, especialmente, para propor melhorias no currículo de ciências biológicas. A equipe do BSCS (*Biological Sciences*

*Curriculum Study*), como assim ficou conhecida, propôs uma metodologia de ensino de conceitos de ciência com uma abordagem de cinco fases, que ficou conhecida como 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) (BYBEE; LANDES, 1990; BYBEE; TAYLOR *et al.*, 2006).

A primeira fase do 5E se propõe a envolver (*engage*) os estudantes, provocar o seu interesse e a sua curiosidade; além de incentivar para que eles se concentrem em uma tarefa, um objeto, uma situação-problema, um evento, um fenômeno, dentre outros. O objetivo maior dessa fase é evidenciar os conhecimentos prévios dos estudantes e suas concepções alternativas. Nesse sentido, o professor pode realizar uma demonstração, ou apresentar um vídeo que estimule a atenção dos estudantes e os faça questionar acerca de algo que pareça inovador, ou que contradiga suas expectativas, mas que os deixem intrigados e motivados a buscar respostas (BYBEE; LANDES, 2009; BYBEE, 2014).

A segunda fase se propõe a encontrar respostas e implica em explorar (*explore*) conceitos, procedimentos, fatos, princípios, encorajando, concretamente, os estudantes para buscarem a experimentação. Desse modo, o professor pode formar pequenos grupos com objetivo de desenvolver habilidades da aprendizagem colaborativa, ao oferecer os recursos e os questionamentos que ajudem a adquirir compreensões conceituais (BYBEE; LANDES, 2009; BYBEE, 2014).

A terceira fase se propõe a explicar (*explain*) o que foi explorado, e os estudantes devem ser estimulados a falar acerca do que eles experimentaram, de suas expectativas e daquilo que observaram. Com base nos resultados dessa interação, o professor pode explanar o assunto, ajudando-os a entender conceitos que possam ser úteis na construção do aprendizado (BYBEE; LANDES, 2009; BYBEE, 2014).

A quarta fase se propõe a elaborar (*elaborate*) uma síntese que combine a experiência e as explanações a respeito do novo conhecimento, fomentando a recontextualização em situações diversas (BYBEE; LANDES, 2009; BYBEE, 2014).

A quinta fase se propõe a avaliar (*evaluate*) a aprendizagem, e a estimular que estudantes e professores revisem e reflitam acerca do processo de aprendizagem (BYBEE; LANDES, 2009; BYBEE, 2014).

Desse modo, a aprendizagem baseada no modelo de ensino 5E se desenvolve em um contexto mais específico, mas tem potencial para ser aplicada a outros contextos, desde que haja regularidade nos dados e vinculação com o problema. Isso porque, ao mesmo tempo que vivenciam a educação científica, os estudantes desenvolvem habilidades cognitivas como adaptabilidade, comunicação complexa, solução de problemas não cotidianos, autoadministração e pensamento sistêmico. Vale ressaltar que a adaptabilidade está relacionada à capacidade e estruturação para lidar com relações instáveis, condições que se modificam rapidamente, resposta eficaz a emer-

gências ou situações de crise e aprendizagem de novas tarefas, tecnologias e procedimentos, além da lida com o estresse no trabalho, adaptando-se a diferentes personalidades, comunicações, estilos e culturas (BYBEE; TAYLOR *et al.*, 2006).

## Descrição da intervenção ditática

Recorrentes análises acerca dos livros didáticos no ensino de física aponta uma divisão fenomenológica do tema “luz”, com incursões delimitadas, fragmentadas e descontínuas em áreas distintas à óptica, à ondulatória e ao eletromagnetismo. Nesse sentido, uma intervenção didática foi desenhada na perspectiva de teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner e na metodologia 5E, com o objetivo de contribuir para o ensino de física e de ciências, adotando o estudo da luz e de seus impactos tecnológicos como tema central, e as áreas de óptica, ondulatória e eletromagnetismo, como temas-satélites.

Didaticamente, os temas de estudo foram selecionados considerando a possibilidade de representação na aprendizagem por descoberta e de integração com os recursos tecnológicos cotidianos. Também foi considerada a interação entre os estudantes, o contexto escolar e a possibilidade de identificar em que nível de aprendizagem poderia ocorrer cada conceito.

Os tópicos foram divididos em quatro aulas: 1) Interação da luz com a matéria (espectro eletromagnético); 2) Função de onda (gaiola de Faraday); 3) Bobina de Tesla (lâmpada fluorescente); 4) Holografia (Impressora 3D).

As aulas foram organizadas na perspectiva da metodologia 5E, conforme descrito, a seguir:

- a) **Envolvimento:** cada aula inicia com uma atividade que possa ser mentalmente envolvente, com potencial de captar interesses dos estudantes, tais como: experiência, audiovisual ou questão instigante. Em seguida, é aberto um espaço para que eles possam expressar suas expectativas acerca do experimento, do conceito ou do fenômeno apresentado, buscando-se conexões com conhecimentos anteriores.
- b) **Exploração:** é o momento das atividades práticas, nas quais os estudantes podem explorar um conceito (ou uma habilidade) e lidar com um problema (ou um fenômeno). Em seguida, eles são estimulados a tentar explicar, com suas próprias palavras, como compreenderam o que foi observado. O objetivo é permitir que eles ajudem uns aos outros e adquiram um conjunto comum de experiências que permitam compreender o novo conceito ou habilidade.
- c) **Explicação:** o professor fornece explanações acerca dos conceitos necessários para o entendimento acadêmico daquilo que foi observado. Um aspecto importante desta fase é que a explicação é realizada após a exploração pelos estudantes.
- d) **Elaboração:** os estudantes devem tentar aplicar o que aprenderam em uma nova situação, ou revisar as explicações que fizeram na fase de exploração, de modo a elaborar uma nova explicação que demonstre ser mais apropriada ao contexto acadêmico.

- e) **Avaliação:** reflexão a respeito dos novos conceitos ou habilidades aprendidos. Nesta fase, o professor deve observar evidências de mudança no nível de compreensão ou de habilidades dos estudantes.

## Metodologia

A metodologia desenvolvida neste trabalho é do tipo translacional, na qual o ensino de um conteúdo específico, o refinamento de uma técnica, da didática ou do produto educacional produzido, deve ser criticado, refletir o suporte teórico metodológico adotado para o procedimento de ensino, e produzir um conhecimento aplicável e replicável (COLOMB; ANJOS; ANTUNES, 2019; MOREIRA, 2018).

Desse modo, em cada uma das cinco fases da metodologia 5E (envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação), a análise dos efeitos das estratégias didáticas está fundamentada no referencial teórico de Bruner em que a aquisição do conhecimento se apresenta em três estágios:

- a) na **aprendizagem ativa**, a qualidade da interação entre os estudantes apresenta-se ainda em **nível prático**, com perguntas e comentários no sentido de compreender um fenômeno, um conceito e uma experiência, o que indica a capacidade de observação, experimentação, montagem, mas que revela dificuldades de interpretação, tradução e formação de conceitos;
- b) na **aprendizagem icônica**, a qualidade da interação entre os estudantes apresenta-se em **nível visual**, com perguntas e comentários, no sentido de compreender um fenômeno, um conceito e uma experiência, o que indica a capacidade de descrever e de reproduzir uma situação vivenciada, descrever uma experiência vivenciada, ou um fenômeno visualizado por meio de uma animação, um filme etc.
- c) na **aprendizagem simbólica**, a qualidade da interação entre os estudantes apresenta-se em **nível da linguagem**, com perguntas e comentários, no sentido de compreender um fenômeno, um conceito e uma experiência, o que indica a capacidade de compreensão de expressões matemáticas, interpretação de gráficos, formulação de conceitos etc.

## Análise da intervenção didática

A intervenção didática foi realizada em uma turma de 30 estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola privada do Distrito Federal, no período de 19 a 22 de novembro de 2019. Foram desenvolvidas quatro aulas duplas (100 minutos), cada qual constituída por uma a três atividades, sempre relacionadas ao tema “luz”.

Ao longo da pesquisa, a participação da turma foi irregular, com frequência de 70% a 90%. Durante realização das atividades experimentais (ou de demonstração), a turma foi dividi-

da em grupos e os estudantes tiveram a oportunidade de compartilhar suas observações, formular hipóteses, apresentar seus conhecimentos, pedir esclarecimentos ao professor, e ajudarem-se, mutuamente. O professor, por sua vez, em todas as etapas, procurou fazer perguntas que suscitassem a reflexão e o pensamento crítico.

A seguir, apresenta-se uma seleção das principais respostas dadas pelos estudantes, mencionadas na descrição das atividades realizadas em cada uma das aulas, como ilustração do tipo de critério utilizado para identificar indícios de aprendizagem ativa, icônica e simbólica.

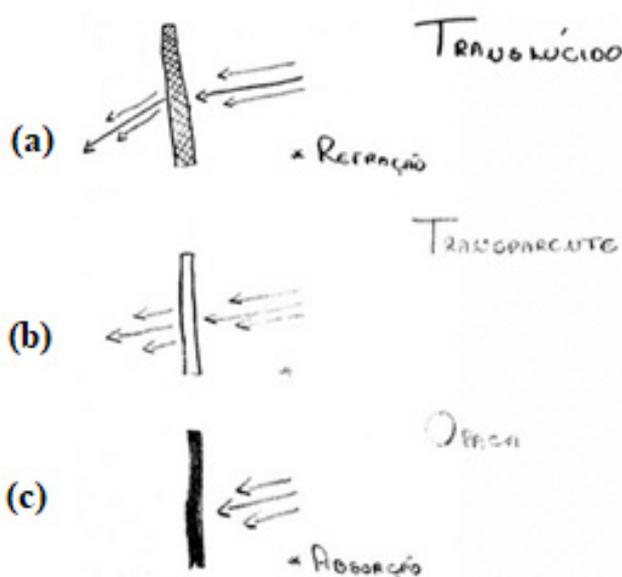
## Aula 01 - Interação da luz com a matéria

### Atividade 1: Meios opacos, transparentes e translúcidos

Nesta atividade, os estudantes observaram a interação da luz com os materiais transparentes, translúcidos e opacos no laboratório da escola e fizeram uma discussão acerca de fenômenos de refração, reflexão e absorção da luz. Após discutir em seus grupos, formular hipóteses e solicitar esclarecimentos ao professor, foi-lhes solicitado que relatassem, por escrito e por meio de um desenho, o que aprenderam a respeito da interação da luz com os materiais transparentes, translúcidos e opacos, e acerca dos fenômenos da reflexão, refração e absorção. Algumas das respostas foram:

- quando a luz passa por um material transparente, ela passa 100% nítida, dá para ver tudo que está do outro lado;
- quando o material é translúcido a passagem de luz não é 100%, ou seja, passa apenas pouca luz pelo material, ou seja, consegue se ver com pouca nitidez;
- no material opaco, não há passagem de luz.

**Figura 1.** Imagem criada por um dos estudantes, acerca da interação da luz com os materiais translúcidos, transparentes e opacos.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2021.

A análise do relato escrito por alguns estudantes revela um equívoco entre “uma imagem nítida” e “a luz [...] passa 100% nítida”, contudo, as afirmações relacionadas ao material translúcido, “consegue se ver com pouca nitidez” e ao material opaco “não há passagem de luz”, indicam nível adequado de compreensão dos três fenômenos, o que sugere indícios de aprendizagem simbólica.

A análise da figura 1, relativa à descrição das interações na forma de desenho, revela uma fragilidade nos conceitos de refração e de absorção. É possível observar que nas imagens 1(a) e 1(c) da figura 1 há o registro explícito de ocorrência dos fenômenos de refração e de absorção, respectivamente. No entanto, não há registro de classificação do fenômeno luminoso na figura 1 (b).

Isso sugere que, para os estudantes que fazem parte desta pesquisa, o fenômeno de absorção está associado ao fato de que a luz não atravessa um meio, o que eles caracterizaram como meio opaco. Também sugere que, na concepção de tais alunos, o fenômeno de refração está associado ao fato de a luz sofrer desvio de trajetória, ao penetrar em um meio, o que eles caracterizaram como meio translúcido. Mas, tudo indica que sua compreensão é que, no meio transparente, não ocorre o fenômeno da refração, conforme ilustrado na figura 1b. De fato, parece ter havido o estabelecimento de uma correlação, indevida, entre as características do meio e a ocorrência do fenômeno de refração, de resto sugerida pelos eventos nos meios translúcido e opaco.

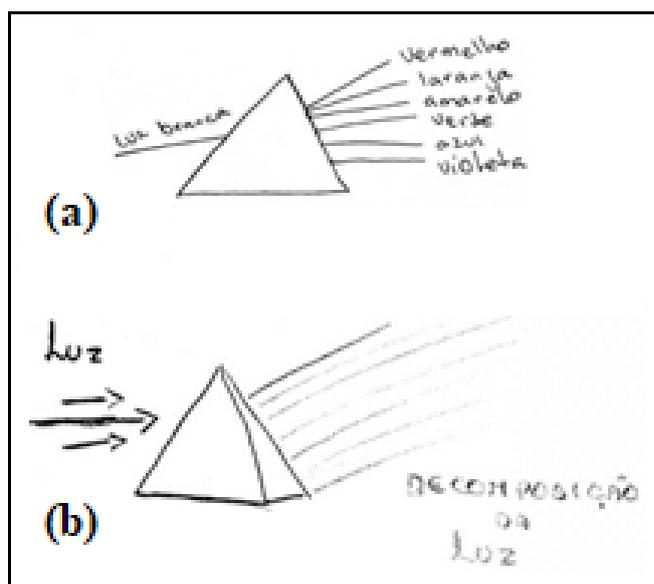
Embora eles tenham classificado o meio como transparente, não conseguiram classificar qual (ou quais) fenômeno(s) estaria(m) acontecendo. Dessa forma, as respostas dos estudantes sugerem indícios de aprendizagem icônica, mas não simbólica.

## **Atividade 2: Dispersão da luz**

Na segunda atividade, os estudantes observaram o fenômeno da dispersão da luz em um prisma obtido no laboratório da escola. Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi requerido que relatassem, por escrito e por meio de um desenho, o que aprenderam a respeito da dispersão da luz. Algumas respostas foram:

- a dispersão é um fenômeno óptico em que a luz é separada em suas diferentes cores quando refratada através de algum meio transparente;
- a dispersão ocorre quando a velocidade de propagação da luz no interior de algum meio depende da frequência da onda eletromagnética;
- a dispersão acontece quando a luz chega na lente do prisma e se espalha.

**Figura 2:** Representação de um dos estudantes sobre a interação da luz com o prisma.



**Fonte:** Elaborado pelos Autores, 2021.

A análise do relato escrito por alguns estudantes revela uma possível confusão entre os dispositivos ópticos “lente” e “prisma”, quando utilizaram a expressão “lente do prisma”; contudo, as informações relacionadas ao fenômeno de dispersão se aproximam do padrão esperado de resposta, o que sugere indícios de aprendizagem simbólica.

A análise da figura 2, relativa à dispersão da luz branca por um prisma, revela uma fragilidade na compreensão do fenômeno. Na figura 2(a), embora a ordem das cores componentes esteja de acordo com o padrão esperado de resposta, há imprecisão quanto à direção de propagação.

É possível observar que algumas cores componentes emergem na segunda face do prisma, com desvio para baixo, outras com desvio para cima e, outras, sem desvio, quando comparadas à direção da incidência da primeira face. Neste caso, o relato em forma de desenho sugere que, para tais estudantes, há indícios de aprendizagem icônica, mas não simbólica. Sobre isso, é preciso ressaltar a importância do comando da atividade para uma posterior análise das respostas: se o comando é dado no sentido de se apresentar um esboço, a análise não pode se fixar em questões de detalhe, como feito acima. Em uma tal situação, os alunos simplesmente focaram seu esboço na questão do desvio, sem levar em consideração as direções em que os raios são desviados.

Na figura 2(b), todas as cores componentes, indistintamente, emergiram na segunda face do prisma, com direções paralelas entre si e com desvio para cima. Desse modo, o relato em forma de desenho sugere que, para estes estudantes, há indícios de aprendizagem ativa, mas não icônica e nem simbólica.

### Atividade 3: Espectro eletromagnético

A terceira atividade consistiu em uma pequena discussão, fomentada pelo professor, após os estudantes terem assistido a um vídeo (ELETROMAGNETISMO, 2016) acerca das características do espectro eletromagnético e de suas diversas aplicações na sociedade moderna. Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Durante a atividade, os estudantes discutiram em seus grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi requerido que respondessem, por escrito, a como o conhecimento do espectro eletromagnético facilitaria o processo de comunicação social e contribuiria para as ciências médicas. Algumas das respostas foram:

- através do conhecimento adquirido pelo homem sobre o espectro eletromagnético, foram desenvolvidos diversos aparelhos e ferramentas que aprimora o nosso dia a dia. A criação de aparelhos como telefone, celular, rádio, são invenções que utiliza do espectro eletromagnético para seu funcionamento, no qual a comunicação de pessoas, dados, informações e computadores;
- facilita no processo de comunicação social através de TV, rádio etc., ajudando assim em vários aspectos como na radiação que é uma das mais utilizadas, que é uma ajuda medicinal podendo descobrir doenças como câncer. A partir dos conhecimentos da frequência é possível saber exatamente o ponto onde cada um desses aparelhos se encaixa;
- basicamente tudo é feito de um composto químico onde ele emite ondas eletromagnéticas que através disso podemos identificar as coisas. Cada objeto tem uma onda diferente, pode ser pequena ou grande como ondas de rádio e ultrassom, que através desses comprimentos podem diferenciar e encontrar o que queremos.

A análise do relato escrito de alguns estudantes indica que as respostas se aproximam do padrão esperado e sugere que, nesse caso, há indícios de aprendizagem simbólica acerca do conceito de espectro eletromagnético. Contudo, alguns deles se referiram à palavra “radiação”, de forma separada, e, ainda, afirmaram que “é uma ajuda medicinal podendo descobrir doenças como câncer”.

Estes relatos indicam falta de clareza a respeito da extensão do espectro das radiações eletromagnéticas e de suas características, o que sugere indícios de aprendizagem icônica, mas não simbólica.

Em resumo, a aula 1 abordou a interação da luz com os materiais transparentes, translúcidos e opacos, os fenômenos da reflexão, refração, absorção e difração e as características do espectro eletromagnético. A figura 3(a) descreve uma representação percentual dos indícios de

aprendizagem referentes à aula 1, com base na análise das respostas dos estudantes, conforme referencial teórico de Bruner. Ela indica que 46% dos estudantes demonstraram indícios de aprendizagem icônica; 26%, indícios de aprendizagem simbólica; e 15%, apenas indícios de aprendizagem ativa. Além disso, revela que 12% dos estudantes ficaram aquém do padrão de resposta esperado, o que impediu a verificação de indícios quaisquer de aprendizagem.

## **Aula 02 – Função de onda**

### **Atividade 1: Blindagem eletromagnética**

Nesta atividade, os estudantes observaram um experimento no qual, após um aparelho telefônico celular ser embrulhado em papel alumínio (THENÓRIO, 2014), tentativas de ligações eram realizadas sem sucesso. Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que relatassem, por escrito, o que aprenderam a respeito do experimento do celular envolvido em papel alumínio. Algumas das respostas foram:

- ao enrolar o papel alumínio no celular, o papel alumínio servirá como uma blindagem, impedindo que a frequência de onda chegue até o celular;
- a onda de sinal emitido pelo celular chegará até o celular que está com papel alumínio, porém esse papel irá expelir qualquer tipo de ondas externas, isolando o celular de qualquer tipo de sinal deixando-o na caixa postal;
- após um aparelho ser envolvido por um material isolante, como o papel alumínio, que reflete as ondas eletromagnéticas, esse aparelho se torna incapaz de receber ou enviar qualquer sinal.

A análise do relato escrito por alguns estudantes revela fragilidades no entendimento do conceito de blindagem eletromagnética, ao utilizarem expressões como: “expelir ondas externas”, em vez de “refletir ondas externas”; “envolvido por um material isolante” ao se referir ao papel alumínio; “impedindo que a frequência de onda chegue” em vez de “impedindo que as ondas cheguem”.

Além disso, as respostas não fazem referência a qualquer propriedade das ondas eletromagnéticas ou de suas interações com meios metálicos. Nesse sentido, para estes estudantes, há indícios de aprendizagem ativa, mas não icônica e nem simbólica.

### **Atividade 2: Função de onda**

Nesta segunda atividade, os estudantes observaram um vídeo que apresentava a reflexão e a refração das ondas se propagando na superfície da água em uma cuba de ondas (UNIVESP,

2017). No primeiro momento, foi adicionado um anteparo na cuba de ondas; e, no segundo momento, foi adicionada uma placa de acrílico triangular, que definia duas regiões dentro da cuba de ondas, com profundidades diferentes. Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que escrevessem a respeito da função de onda e do experimento da cuba de ondas. Algumas das respostas foram:

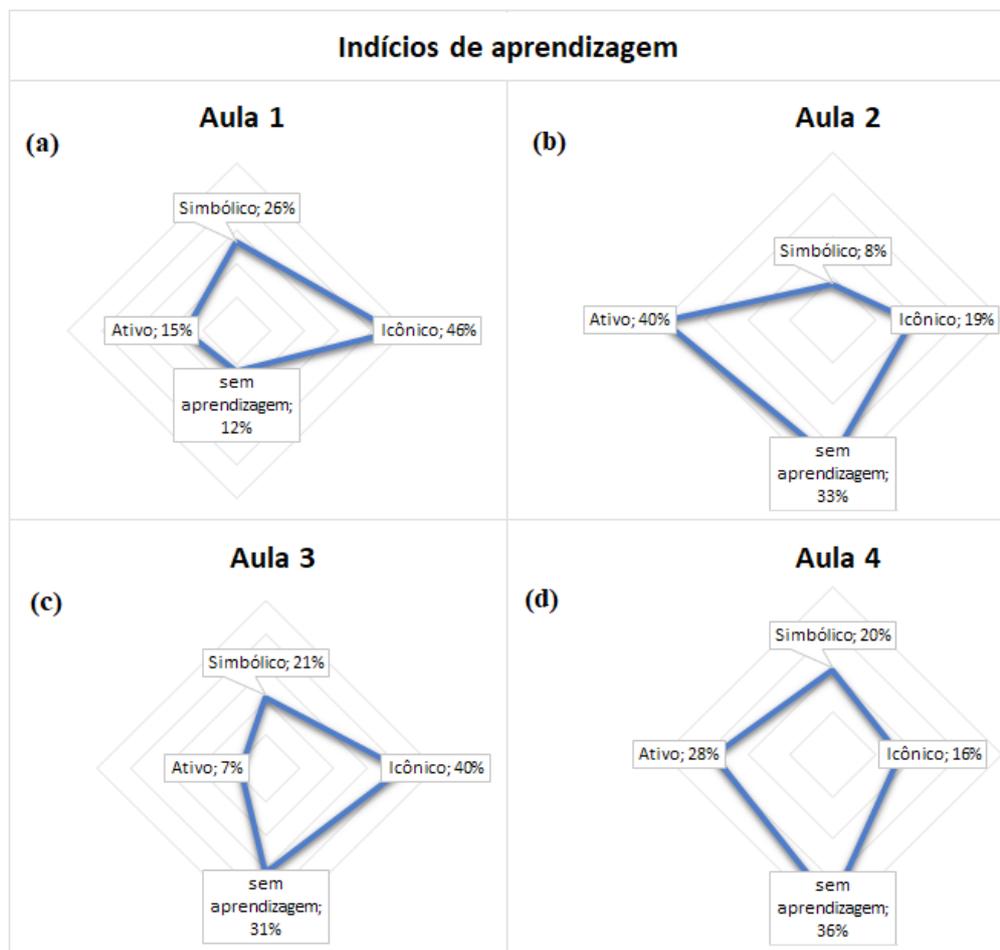
- ela determina o comprimento de onda e a frequência, sendo que quanto maior é a frequência, menor é o comprimento de onda e quanto maior o comprimento de onda menor é a frequência;
- as ondas funcionam da seguinte maneira: quanto maior a frequência menor será o comprimento da onda e vice-versa, para assim o sinal (rádio gama) ficar mais forte,
- ao a onda de água chegar/bater no anteparo, ela voltará, porém, com uma frequência menor e o anteparo apenas sofrerá uma vibração, mas continuará no mesmo lugar.

zA análise do relato dos estudantes revela o entendimento de uma relação de proporção inversa entre a frequência e o comprimento de onda no espectro eletromagnético, mas não deixa claro se houve entendimento de que, ao passar de um meio para outro, a frequência de cada onda do espectro permaneceria constante, mas seu comprimento de onda não (o que se reflete sobre a questão da velocidade da luz em diferentes meios).

A observação do padrão de resposta de alguns estudantes sugere falta de distinção entre o conceito de “onda” e o de “função de onda”. Além disso, a afirmação “o sinal (rádio gama)” também revela fragilidade na descrição do espectro eletromagnético. Desse modo, as respostas sugerem indícios de aprendizagem ativa e icônica, mas não simbólica acerca do conceito de função de onda. Também, a afirmação de que após “bater no anteparo [...] (as ondas retornam) [...] com frequência menor” revela fragilidade na compreensão do fenômeno de reflexão de ondas. Houve indícios de aprendizagem ativa, mas não icônica e nem simbólica.

Em resumo, a aula 2 abordou a função de onda e a blindagem eletromagnética. Uma representação percentual de indícios de aprendizagem a respeito desses temas é apresentada na figura 3b. A representação foi realizada com base na análise das respostas dos estudantes, conforme referencial teórico de Bruner, e indica que 40% dos estudantes demonstraram indícios de aprendizagem ativa; 19%, indícios de aprendizagem icônica; e, apenas 8% revelaram indícios de aprendizagem simbólica. Além disso, revela que 33% dos estudantes não seguiram os padrões de respostas esperados. Com isso, não foi possível verificar indícios de aprendizagem.

**Figura 3.** Representação percentual dos indícios de aprendizagem ativa, icônica e simbólica, conforme referencial teórico de Bruner, para cada uma das aulas



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2021.

## Aula 03 – Bobina de Tesla

### Atividade 1: Bobina de Tesla e lâmpada fluorescente

Nessa atividade, os estudantes observaram o funcionamento de uma bobina de Tesla (TENÓRIO, 2021), construída por eles mesmo em aulas anteriores (no laboratório da escola), enquanto o professor tecia comentários a respeito dos componentes do circuito e fazia uma lâmpada fluorescente acender, apenas por aproximação à bobina. Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que escrevessem a respeito de como funcionaria a bobina de Tesla e porque a lâmpada acende. Algumas respostas foram:

- ao acionar o interruptor, é enviado uma carga ao transistor, que é redirecionado

a bobina de tesla, com isso é gerado um campo eletromagnético através das oscilações que o transistor emite ao redor da bobina. Logo o campo eletromagnético se interage com o gás que possui dentro da lâmpada, fazendo que as ondas eletromagnéticas sejam visíveis;

- a bobina cria um campo eletromagnético, quando a lâmpada se aproxima da bobina os gases dentro da lâmpada interagem com o campo eletromagnético fazendo com que ela acenda;
- na bobina há um transistor que está conectado ao polo negativo e a bobina, criando uma frequência de 60 hzs gerando um campo eletromagnético, assim tendo um campo energético em volta da bobina;
- uma luz primária com uma lâmpada necessita de uma fonte, nesse caso o campo energético criado pela bobina de tesla.

A análise do relato escrito por alguns estudantes indica que as respostas se aproximam do padrão esperado, o que sugere indícios de aprendizagem ativa e icônica, no entendimento do fenômeno como um todo, mas não de aprendizagem simbólica, pois revelam fragilidades no entendimento de determinadas partes do processo, como ao afirmar que o transistor emitiria oscilações ao redor da bobina, ou que a interação do campo eletromagnético com o gás faria com que as ondas eletromagnéticas fossem visíveis.

Neste caso particular, a resposta sugere que as ondas eletromagnéticas já existiriam, mas de modo invisível, e a interação com o gás as tornariam visíveis. Além disso, a análise indica que há também, por alguns estudantes, fragilidade na formulação do conceito de fonte de luz, ao usar “uma luz primária” em vez de “uma fonte primária de luz”, e acerca do emprego da escrita de uma unidade de medida, ao fazer mau uso do plural no símbolo de hertz, quando menciona “uma frequência de 60 hzs”.

Em seguida, foi solicitado que eles relatassem, por escrito, o que haviam aprendido a respeito da luz até aquele momento. Algumas respostas foram:

- durante as 3 aulas aprendemos sobre a luz ou lâmpada que é uma fonte primária. Outro assunto comentado foi sobre a bobina que ela cria um campo eletromagnético que faz a lâmpada acender porque os gases dentro dela interagem com o campo;
- a luz nada mais que uma onda eletromagnética em uma frequência muito alta. Uma onda de rádio pode ser tão grande quanto uma montanha, isso por conta de sua frequência, o raio x é bem menor em comparação com isso. A luz como meramente conhecemos são fótons vibrando em uma alta frequência, viajando em alta velocidade e produzindo luz como nos enxergamos claro algumas vezes dentro do espectro eletromagnético visível e as vezes não;
- a luz é construída através dos princípios básicos do eletromagnetismo. No experimento de Maxwell foi construída uma estrutura formada por fios de cobre, e neste experimento foi utilizado imã, no qual se oscila o imã em movimentos

verticais. Ocasionalmente os campos eletromagnéticos, gerando uma energia induzida ao redor da estrutura, no qual interage com o gás que se encontra dentro da lâmpada. Proporcionando a ligação da luz.

A análise do relato escrito por alguns dos estudantes indica que as respostas se aproximam do padrão esperado, sugere indícios de aprendizagem icônica acerca do conceito de luz, de maneira ampla, mas não de aprendizagem simbólica, uma vez que revelam fragilidades como ao afirmar que “a luz [...] são fótons vibrando [...] produzindo luz”, ou ao tratar como “experimento de Maxwell” a experiência de acender a luz por meio do uso de uma bobina de Tesla.

Em resumo, a aula 3 abordou a bobina de Tesla e a lâmpada fluorescente, e uma representação percentual dos níveis aprendizagem relativo a tais temas é apresentada na figura 3c. A representação foi com base na análise das respostas dos estudantes, conforme referencial teórico de Bruner, e indica que 40% dos estudantes demonstraram indícios de aprendizagem icônica; 21%, indícios aprendizagem simbólica; 7%, revelaram apenas indícios de aprendizagem ativa. Além disso, 31% dos estudantes se posicionaram aquém dos padrões de respostas esperados, e, assim, não foi possível verificar indícios de aprendizagem.

## **Aula 04 – Holografia**

### **Atividade 1: Holografia**

Nesta atividade, os estudantes construíram uma pirâmide de papel acetato para observarem a formação de um holograma<sup>5</sup> com o uso de um celular (FABRÍCIO, 2018). Em seu decurso, os estudantes discutiram em seus grupos, possibilidades de explicação acerca daquilo que estavam observando, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que escrevessem um relato a respeito de como eles explicam a formação da imagem 3D na pirâmide de papel acetato. Algumas respostas foram:

- no experimento feito, são refratadas 4 imagens no papel acetato, as imagens se encontram em um ponto e são refletidas, dando a impressão de que a imagem saiu do aparelho. Lembrando que para que não haja distorção, as 4 imagens devem ser iguais, para que quando se encontrem e formem uma única imagem a ser refletida;
- nesse experimento utilizamos 1 trapézio de folha de acetato, ela é considerada transparente logo permite a passagem da luz refratando. É necessário que todas as imagens sejam exatamente para que no momento que a luz for projetada no meio, todas as imagens têm que estar em sincronia. Todos os raios de luz se encontram em uma altura específica e forma a imagem.

---

5 Embora o termo “holograma” não seja rigorosamente correto neste contexto (SCHIVANI, SOUZA e PE-REIRA, 2018), a ilusão da tridimensionalidade e a própria construção da pirâmide apresenta potencial pedagógico interessante, justificando a sua manutenção.

A análise do relato escrito por alguns estudantes indica que as respostas se aproximam do padrão esperado, o que sugere indícios de aprendizagem ativa e icônica.

## **Atividade 2: Realidade aumentada**

Nesta segunda atividade, os estudantes utilizaram um *Google Cardboard*, (BARBA, 2014) acoplado a um *smartphone* e utilizaram um aplicativo para vivenciar a experiência da realidade aumentada (SARDA, 2016). Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que escrevessem a respeito de como a realidade aumentada pode contribuir na sociedade. Algumas das respostas foram:

- no caso dos óculos de realidade aumentada ele pode ser usado para jogos e filmes 3D, trazendo maior realidade para a ficção, em jogos os óculos VR podem-se juntar com controles que também ajudam no aumento da realidade;
- ela pode ser utilizada para o lazer com vídeos e jogos, como uma experiência mais emocionante como jogos de terror, pelo fato de que aquele monstro no seu jogo “está bem na sua frente”. A realidade virtual tem sido testada na medicina para cirurgias e aulas interativos. Os primeiros testes foram feitos em roedores.

A análise do relato escrito por alguns estudantes indica que as respostas se limitaram às possibilidades de uso em jogos e filmes, não mencionaram outras possibilidades, como mapeamento de superfície, cirurgias, navegação, prospecção, visitação aprimorada, simulações etc. Neste sentido, em termos de percepção social, as respostas sugerem indícios de aprendizagem ativa e icônica. Além disso, o fato de usar na resposta a sigla RV de “realidade virtual”, quando a pergunta tratava de RA “realidade aumentada”, sugere que tais estudantes não reconhecem a distinção entre ambos os conceitos.

## **Atividade 3: Impressora 3D**

Nesta atividade, os estudantes assistiram a um vídeo sobre a impressora 3D (RAFAEL, 2016), suas características, funcionamento e acessibilidade, e um outro vídeo que apresentou a impressão de um objeto 3D (GANO, 2017). Em seu decurso, discutiram nos respectivos grupos, apresentaram seus conhecimentos, formularam hipóteses e solicitaram esclarecimentos ao professor. Ao término, foi solicitado que escrevessem acerca de como funciona a impressora 3D. Algumas das respostas foram:

- uma impressora 3D funciona a partir de um holograma, que é projetado no computador ou celular, e com essa imagem 3D, a impressora projeta um raio de luz e com uma pinça eletromagnética, também da impressora, o objeto é criado;

- a impressora 3D funciona a partir de uma imagem que é holograficamente projetada (3D), a impressora joga um raio de luz no formato da imagem e depois o PLA vai sendo jogado na forma da imagem, fazendo com que aquele holograma se transforme em algo físico;
- simplificando, seria semelhante a uma criança seguindo os traços de um desenho em 2D, seguindo seu contorno e reproduzindo uma imagem igual. Na impressora isso ocorre com um holograma ao qual um feixe de luz seguirá esse holograma com uma pinça eletromagnética e derreter o material e “preencher” como se fosse um molde com espaço vazio.

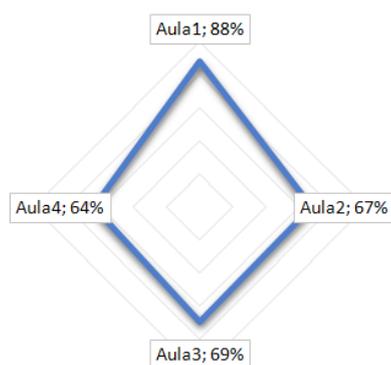
A análise do relato escrito por alguns dos estudantes revela que houve lacunas no entendimento do funcionamento da impressora 3D. A descrição se aproxima de imagens que se vê em filmes de ficção, nos quais um sistema projeta um holograma daquilo que se quer produzir e um raio luminoso “especial” realiza a produção. Neste sentido, para tais estudantes, as evidências sugerem indícios de aprendizagem ativa, mas não icônica ou simbólica.

Em resumo, a aula 4 abordou a holografia e a impressora 3D, e uma representação percentual dos níveis de aprendizagem relativos a estes temas é apresentada na figura 3d. A representação foi realizada com base na análise das respostas dos estudantes e indica que 20% deles demonstraram indícios aprendizagem simbólica; 16%, indícios de aprendizagem icônica; 28%, apenas indícios de aprendizagem ativa. Além disso, 36% não se encaixaram nos padrões de respostas esperados, o que tornou impossível verificar indícios quaisquer de aprendizagem.

Assim, caso sejam considerados todos os níveis de aprendizagem (ativa, icônica e simbólica), a figura 4 sugere que, em todas as aulas, foi possível verificar indícios de aprendizagem dos estudantes, relativos aos tópicos de ensino, em um percentual que variou de 64% a 88%, o que se constituiu, portanto, um indicador de alcance dos objetivos do produto educacional aplicado.

**Figura 4.** Representação percentual de indícios de aprendizagem em cada aula, que considera todos os níveis ativa, icônica e simbólica

#### Indícios de aprendizagem em cada aula



**Fonte:** Elaborado pelos Autores, 2021.

## Considerações finais

O estudo da luz foi revisitado como tema central em uma sequência didática que se apoiou em algumas tecnologias modernas, tendo por temas-satélite a óptica, a ondulatória e o eletromagnetismo. As aulas apresentaram atividades diversificadas, o que despertou o entusiasmo e o interesse dos estudantes. Os experimentos e as demonstrações combinadas com as discussões em grupo, para elaboração e formulação de hipóteses explicativas a respeito do que foi observado, permitiu que os estudantes se organizassem e se ajudassem, o que contribuiu na promoção da aprendizagem, em um ambiente descontraído e motivador.

Com base na análise das respostas dos estudantes, foi possível identificar indícios de aprendizagem nos níveis ativo, icônico e simbólico em todas as aulas. E, embora tenha sido observado que, para um pequeno percentual de estudantes, não foi possível identificar indícios de aprendizagem, o resultado da aplicação do produto educacional foi produtivo. Ao mesmo tempo, o relato do professor e dos estudantes revelaram que a abordagem estimulou maior interesse dos estudantes pelos temas estudados do que normalmente ocorre nas aulas regulares.

Finalmente, a articulação teórico-metodológica dos pressupostos de Bruner e do modelo 5E utilizado no produto educacional revelou potencial para estimular a aprendizagem e motivar os estudantes em um processo de aprendizagem por descoberta, ao mesmo tempo que fornece aos estudantes uma nova perspectiva de ensino, em contraposição à forma fragmentada e descontinuada da abordagem tradicional.

A sequência didática usada neste trabalho pode ainda ser expandida, no sentido de incluir elementos introdutórios da Física Quântica, como as análises do efeito fotoelétrico e do efeito Compton (eventualmente a partir do uso de simuladores), de modo a introduzir novos conceitos (como aquele de fóton) e dificuldades (como a associada com as questões referentes ao comportamento corpuscular ou ondulatório da luz). Pode ainda ser abordada, neste caso, sob uma perspectiva histórica, capaz de revelar os processos diacrônicos de construção da ciência, em particular da Física. Acreditamos que o método utilizado pode ser facilmente estendido para um tal contexto.

## Referências

AKMAN, B.; ÖZGÜL, S. G. Role of Play in Teaching Science in the Early Childhood Years. In: K., C. T.; M., S. **Research in Early Childhood Science Education**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 237-258. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0_11)>.

ARAUJO, R. F. G. **A utilização de material paradidático no ensino dos conceitos iniciais de óptica geométrica**. Brasília: Dissertação de mestrado, 2018.

- BARBA. O que é o google cardboard. **Nada mole vida geek**, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iAVzPWq7KGA>>. Acesso em: 01 junho 2021.
- BRUNER, J. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Edições Block, 1969.
- BRUNER, J. **O processo da educação**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972.
- BRUNER, J. **A cultura da educação**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- BULUNUZ, M. Teaching science through play in kindergarten: does integrated play and science instruction build understanding? **European Early Childhood Education Research Journal**, v. 21, n. 2, p. 226-249, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.789195>>.
- BYBEE, R. W. The BSCS SE Instructional Model: Personal Reflections and Contemporary. **Science and Children**, v. 51, n. 8, p. 10-13, 2014. Disponível em: <[https://newscenter.sdsu.edu/education/projectcore/files/05329-5E\\_instructional\\_Model\\_R\\_Bybee.pdf](https://newscenter.sdsu.edu/education/projectcore/files/05329-5E_instructional_Model_R_Bybee.pdf)>.
- BYBEE, R. W. et al. **The BSCS SE Instructional Model: Origins and Effectiveness**. Colorado Springs: BSCS, 2006. 65 p. Disponível em: <[https://media.bsccs.org/bsccsmw/5es/bscs\\_5e\\_full\\_report.pdf](https://media.bsccs.org/bsccsmw/5es/bscs_5e_full_report.pdf)>.
- BYBEE, R. W.; LANDES, N. M. Science for Life & Living: An Elementary School Science Program from Biological Sciences Curriculum Study. **The American Biology Teacher**, v. 52, n. 2, p. 92-98, 1990. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4449042?seq=1>>.
- BYBEE, R. W.; LANDES, N. M. **he BSCS 5E instructional model and 21ST century skills**. Colorado: Colorado Springs, 2009. Disponível em: <[https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse\\_073327.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf)>.
- COLOMBO, I. M.; ANJOS, D. A. S.; ANTUNES, J. R. Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 3, n. 1, p. 51-70, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.36524/profept.v3i1.377>>.
- FABRÍCIO. Como fazer um holograma caseiro. **Canal XProjetos**, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iM-dW7mNS1g>>. Acesso em: 01 junho 2021.
- GANO, S. Baby Groot - 3D Printing Time Lapse. **Shawn Bano**, 2017. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=m\\_QhY1aABsE](https://www.youtube.com/watch?v=m_QhY1aABsE)>. Acesso em: 1 junho 2021.
- MELO, A. C. S. D.; CRUZ, F. F. D. S. **O gênero histórico priorizado em textos didáticos de física: contribuições ou distorções para o estudo da natureza da luz**. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008. Curitiba: [s.n.]. 2008. p. 1-12.
- MONTEIRO, F. F. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Pesquisa em Ensino de Física**, v. 43, p. 1-10, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0315>>.
- MONTEIRO, F. F.; ALVES, C. B.; MELLO, B. A. Efeito da penalização em itens dicotômicos no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, p. 1-8, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0232>>.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências – Estudos Avançados**, v. 94, n. 32, p. 73-80, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>>.

RAFAEL. Impressão 3D - Como funciona uma impressora 3D e o que podemos fazer com ela? **STEMbyme**, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nEtvH5kjqdA>>. Acesso em: 1 junho 2021.

SACKES, M. Kindergartners' Mental Models of the Day and Night Cycle: Implications for Instructional Practices in Early Childhood Classrooms. **Educational Sciences: Theory and Practice**, v. 15, n. 4, p. 997-1006, agosto 2015. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=EJ1100899>>.

SARDA, G. Entenda como funciona a realidade virtual para smartphones. **TecMundo**, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=osDyQMCAudo>>. Acesso em: 1 junho 2021.

SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F.; PEREIRA, E. Pirâmide “holográfica”: erros conceituais e potencial didático. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. e2506, p. 1 a 10, 2018. ISSN 2.

TAVARES, R.; ALMEIDA, P. Metodologia Inquiry Based Science Education no 1.º e 2.º CEB com recurso a dispositivos móveis – uma revisão crítica de casos práticos. **Educação, Formação & Tecnologias**, v. 8, n. 1, p. 28-41, 2015. Disponível em: <<http://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/445/213>>.

TENÓRIO, I. faça um mini bobina de tesla caseira. **Manual do Mundo**, 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=w2bZGKNwB4Y>>. Acesso em: 01 junho 2021.

THENÓRIO, I. A terrível gaiola de celular (experiência de Física). **Manual do Mundo**, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CKk0yDRrpDA>>. Acesso em: 01 junho 2021.

UNIVESP. Reflexão e refração de ondas numa cuba. **Física Universitária**, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=sTwCP2VIP-c>>. Acesso em: 01 junho 2021.

**Recebido:** 10 de maio de 2021.

**Publicado:** 14 de julho de 2021.



Este é um artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons.