

Cultura digital na Educação Ambiental: explorando a metodologia *STEAM* segundo Gagné e Papert

*Fábio Ventorim Siqueira*¹

*Daniel Moreira dos Santos*²

*Carlos Roberto Pires Campos*³

*Márcia Gonçalves de Oliveira*⁴

RESUMO

Com o apoio das teorias de aprendizagem de Gagné e Papert, juntamente com metodologias ativas e a abordagem STEAM, esta pesquisa buscou conscientizar jovens estudantes sobre a importância do reaproveitamento e descarte correto de resíduos comuns e eletrônicos. Seguindo a hierarquia de aprendizagem de Gagné e a teoria construcionista de Papert, os estudantes construíram um labirinto elétrico, usando componentes eletrônicos e materiais reaproveitados. A atividade foi desenvolvida com 11 estudantes do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental em dois encontros, no contraturno escolar, com 4 horas de duração. Os participantes responderam a dois questionários, antes e após a atividade, o que permitiu verificar o ganho de aprendizagem no processo. Assim, por meio da exploração prática e da construção de conhecimento em um contexto real e significativo, desenvolvemos habilidades de resolução de problemas e criatividade nos alunos. Os resultados mostraram que essa combinação de abordagens pedagógicas foi eficaz para conscientizar os alunos sobre a

¹ Mestre em Educação Profissional e Tecnológica. Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-0586-3059>. E-mail: fabioGUIU2014@gmail.com.

² Mestre em Educação. Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4526-1154>. E-mail: daniel-htm@hotmail.com.

³ Doutor em História Social da Cultura - Letras. Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7708-4597>. E-mail: carlosr@ifes.edu.br.

⁴ Doutora em Engenharia Elétrica. Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9027-0976>. E-mail: clickmarcia@gmail.com.

importância da sustentabilidade. Além disso, o currículo STEAM despertou o interesse dos estudantes pela criação de novas tecnologias, abrindo caminho para soluções inovadoras que contribuem para a redução dos impactos do lixo eletrônico e comum no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: *STEAM* currículo. Sustentabilidade. Lixo eletrônico. Eletrônica. Tecnologia.

Digital culture in environmental education: exploring the STEAM methodology according to Gagné and Papert

ABSTRACT

With the support of Gagné and Papert's learning theories, Active Methodologies and the STEAM approach, this research sought to raise awareness among young students about the importance of reusing and correctly disposing of common and electronic waste. Following Gagné's learning hierarchy and Papert's constructionist theory, the students built an electrical maze, using electronic components and repurposed materials. The activity was developed with 11 students from the 6th to the 9th year of Elementary School in two meetings, after school, lasting 4 hours. Participants responded to two questionnaires, before and after the activity, which made it possible to verify the learning gain in the process. Thus, through practical exploration and knowledge construction in a real and meaningful context, we develop problem-solving skills and creativity in students. The results showed that this combination of pedagogical approaches was effective in raising students' awareness of the importance of sustainability. Furthermore, the STEAM curriculum sparked students' interest in creating new technologies, paving the way for innovative solutions that contribute to reducing the impacts of electronic and common waste on the environment.

KEYWORDS: *STEAM* curriculum. Sustainability. Electronic waste. Electronics. Technology.

Cultura digital en Educación Ambiental: explorando la metodología STEAM según Gagné y Papert

RESUMEN

Con el apoyo de las teorías de aprendizaje de Gagné y Papert, junto con metodologías activas y el enfoque STEAM, esta investigación buscó concientizar a los jóvenes estudiantes sobre la importancia de reutilizar y disponer correctamente de los residuos comunes y electrónicos. Siguiendo la jerarquía de aprendizaje de Gagné y la teoría constructivista de Papert, los estudiantes construyeron un laberinto eléctrico utilizando componentes electrónicos y materiales reutilizados. La actividad se desarrolló con 11 alumnos de 6° a 9° año de Educación Primaria en dos encuentros, extraescolares, con una duración de 4 horas. Los participantes respondieron a dos cuestionarios, antes y después de la actividad, que permitieron verificar el avance del aprendizaje en el proceso. Así, a través de la exploración práctica y la construcción de conocimientos en un contexto real y significativo, desarrollamos en los estudiantes habilidades de resolución de problemas y creatividad. Los resultados mostraron que esta combinación de enfoques pedagógicos fue eficaz para concientizar a los estudiantes sobre la importancia de la sostenibilidad. Además, el plan de estudios STEAM despertó el interés de los estudiantes en la creación de nuevas tecnologías, allanando el camino para soluciones innovadoras que contribuyan a reducir los impactos de los desechos electrónicos y comunes en el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Currículo STEAM. Sostenibilidad. Correo basura. Electrónica. Tecnología.

* * *

Introdução

O plástico ocupa o primeiro lugar do *ranking* em quantidade, nocividade e tempo de decomposição entre todos os materiais produzidos pelo homem que acabam nos ecossistemas marinhos, representando 85% do total de resíduos presente nos oceanos (Geographic, 2023). Embora muitas vezes usadas como

sinônimos em algumas situações informais, há uma distinção técnica entre lixo e resíduo, especialmente no campo ambiental. O lixo geralmente se refere a materiais descartados sem utilidade imediata ou valor econômico, enquanto o resíduo é um termo mais amplo que inclui materiais que podem ser reutilizados, reciclados ou recuperados de alguma forma. Portanto, o resíduo muitas vezes tem potencial para ser transformado em recursos úteis, enquanto o lixo é visto como descartável sem nenhum uso futuro direto (Vieira, 2011).

Estima-se que, anualmente, cerca de 11 milhões de toneladas de plástico sejam despejados no mar. Conforme pesquisa publicada em 2018 pela Coreia do Sul, em parceria com a Greenpeace, é possível concluir que os impactos da poluição marinha não ficam restritos aos animais desse meio, mas estende-se também aos seres humanos, uma vez que a presença de microplásticos foi encontrada em 36 das 39 marcas de sal de cozinha analisadas em várias regiões do mundo (Kim, 2018).

O descarte irregular de resíduos ainda desencadeia outro problema que merece especial atenção, qual seja, o lixo eletrônico (*e-lixo*), isto é, todo equipamento eletrônico descartado, entre os quais, computadores, telefones celulares, tablets, televisores, impressoras, eletrodomésticos em geral, entre outros. O problema de descartar esses materiais em local inadequado é que eles possuem elementos químicos prejudiciais ao ser humano, como chumbo, mercúrio e cádmio. Quando essas substâncias são despejadas em locais impróprios, e incineradas, poluem o ar; quando depositadas em lixões, contaminam o solo e o lençol freático. Como consequência desse processo de descarte, atualmente, é possível encontrar indícios da presença desses metais em produtos agrícolas ou manufaturados disponíveis para exportação (ROBINSON, 2009), atingindo um número incalculável de pessoas.

De acordo com o relatório *The Global E-waste Monitor* (Forti, 2020), em 2019 foram gerados 53,6 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em todo o mundo, representando um aumento de 21% em relação a 2014. Desse montante, apenas 17,4% foram adequadamente coletados e reciclados.

Segundo o relatório, o Brasil produziu mais de 2,1 milhões de toneladas de lixo eletrônico, ocupando a posição de 5º país mais poluidor no *ranking* mundial. Como a maior parte dos resíduos eletrônicos acabam sendo descartados de forma inadequada, existem diversos impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana decorrente dessa atividade.

Diante dos desafios ambientais complexos e urgentes, a educação ambiental tem se tornado uma questão relevante em nossa sociedade. A necessidade de formar cidadãos conscientes, capazes de compreender e agir de forma sustentável, tem impulsionado a busca por abordagens inovadoras no ensino dessa temática. Nesse contexto, a metodologia *STEAM*, que integra ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática surge como uma abordagem transformadora, pois enfatiza a interdisciplinaridade, a resolução de problemas e a aprendizagem prática (Mauri, 2009). Ao trazer essas diferentes disciplinas para o contexto da educação ambiental, a metodologia *STEAM* busca promover uma abordagem abrangente, conectando conhecimentos teóricos e práticos, estimulando a criatividade e a inovação.

Na literatura nacional e internacional, é possível encontrar estudos que buscam trabalhar a interdisciplinaridade proposta na metodologia *STEAM*, associada à conscientização ambiental de estudantes. Robert *et al.* (2018), por exemplo, mostram que a relação entre o ensino de matemática e a produção de hortaliças pode conduzir o aluno à associação de problemas matemáticos com situações do cotidiano, melhorando sua conscientização ambiental. Já Bergamaschi *et al.* (2022) mostram a maneira pela qual a utilização da metodologia *STEAM*, em conjunto com o *design thinking*, favorece uma abordagem interdisciplinar de temas socioambientais, bem como reforça a potencialidade do uso das tecnologias digitais em sala de aula. Apesar dos exemplos citados, são raras as pesquisas que têm como foco trabalhar a conscientização ambiental a partir da construção de novas tecnologias, reutilizando o lixo comum ou o eletrônico.

Visando a contribuir para a Educação Ambiental de jovens estudantes, desenvolvemos uma oficina com a finalidade de demonstrar os impactos

contraproducentes oriundos do descarte irregular de lixo (eletrônico e comum), além de mostrar como podemos, por meio do reaproveitamento de alguns desses materiais, desenvolver novas tecnologias. Para isso, foram apresentados os conceitos de robótica e, de forma introdutória, os conceitos básicos de eletrônica com os aprendizes. Ao término da oficina, os alunos construíram um labirinto elétrico, como primeiro projeto, embasado no reaproveitamento de lixo/*e-lixo*, em que foram colocados em prática todos os conceitos abordados no decorrer da oficina.

Nosso objetivo com essa experiência foi discutir e promover em sala de aula práticas sustentáveis, na perspectiva da Educação Ambiental, no contexto do uso de metodologias ativas, por meio da abordagem *STEAM*, bem como conscientizar jovens estudantes sobre a importância do reaproveitamento ou descarte correto de lixo. O trabalho apresentou também as contribuições do *STEAM* currículo para a aprendizagem de conceitos e procedimentos de eletrônica básica, com vistas a despertar, nesse público, o interesse pela criação de novas tecnologias, podendo minimizar alguns problemas ambientais causados pelo lixo eletrônico.

A proposta aqui apresentada vai ao encontro da orientação dada pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), trazendo na competência de número cinco uma orientação para que, além de compreender e utilizar, os estudantes sejam estimulados a criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma ética, significativa, crítica e reflexiva, possibilitando a resolução de problemas da sociedade atual.

Os princípios da aprendizagem segundo Gagné e Papert

Robert Mills Gagné e Seymour Papert são dois teóricos da educação que abordam perspectivas diferentes, mas complementares, sobre como as pessoas aprendem. Embora suas teorias possam ser consideradas distintas, há pontos de conexão entre elas.

Seymour Papert é considerado o criador da teoria construcionista: uma abordagem educacional apoiada na ideia de construção do conhecimento de forma ativa, por meio da interação com o mundo e da construção de objetos tangíveis. Essa teoria defende que os indivíduos aprendem melhor quando estão envolvidos em atividades práticas, desafiadoras e significativas, além de tal conhecimento ser obtido através da ação concreta e da construção de produtos palpáveis. Ao criar e manipular objetos físicos, os estudantes têm a oportunidade de explorar conceitos complexos de forma concreta e personalizada (Papert, 1980).

A aplicação prática da teoria construcionista de Papert foi evidenciada na pesquisa conduzida por Souza (2020), onde foi possível verificar o sucesso no processo de ensino de conceitos de eletricidade e hidrostática. O pesquisador adotou a abordagem da robótica educacional, permitindo aos alunos a construção de diversos protótipos como parte integrante do processo de aprendizagem científica. Ao término dessa experiência, ficou evidente os benefícios no desenvolvimento da aprendizagem, destacados pela conexão entre a prática de construção de protótipos e a assimilação dos conceitos de eletricidade e hidrostática.

Robert Mills Gagné foi um renomado psicólogo e educador norte-americano, muito influente nas décadas de 60 e 70, destacando-se por meio de sua teoria do aprendizado hierárquico que identifica uma série de condições ou eventos de aprendizado necessários para a aquisição de novos conhecimentos.

Este autor entendia a aprendizagem como um procedimento de transformação no comportamento que ocorre por meio de uma sequência de fases ou estágios hierárquicos. Ele categoriza como "incidente essencial da aprendizagem" o momento no qual a informação é incorporada à memória de curto prazo para, posteriormente, ser armazenada na memória de longo prazo (Gagné, 1980). Esse momento é antecedido por alguns acontecimentos e sucedido por outros. Os primeiros episódios estão vinculados à estimulação externa, impactando o aprendiz, ao passo que os últimos se referem às

atividades internas, realizando-se no sistema nervoso central do estudante. Essa sequência de eventos constitui a concepção "Ato de Aprendizagem" (cf. Gagné, 1980), composta por oito termos: motivação, apreensão, aquisição, retenção, memorização, generalização, desempenho e *feedback*.

Gagné também se apoiava na ideia de que as competências cognitivas mais complexas estavam ancoradas em outras de menor complexidade. Dessa perspectiva, o desenvolvimento de uma solução de alto nível somente seria alcançado por meio do domínio das habilidades de menor complexidade. Assim, caberia ao educador a função de propor atividades que auxiliassem os alunos a desenvolver as capacidades de menor complexidade, as quais serviriam como base para a progressão dos estudantes em direção a habilidades de maior complexidade. Essa percepção sobre a existência de uma espécie de escala de habilidades resultou no método conhecido como "Hierarquia de Aprendizagem" (Borges, 2020, p. 11).

A pesquisa realizada por Siqueira (2020) mostrou que a adoção dos princípios da aprendizagem propostos pelo psicólogo norte-americano possibilitou o desenvolvimento das habilidades do pensamento computacional e o ensino de conceitos básicos de programação de computadores para alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Este estudo destacou que ao respeitar a hierarquia da aprendizagem proposta por Gagné e as fases da aprendizagem, com especial atenção à motivação dos alunos, é possível conquistar resultados surpreendentes no processo de aprendizagem, inclusive em ambientes desafiadores, como em instituições prisionais, onde a prática do estudo enfrenta grandes adversidades.

Apesar das abordagens diferentes, os teóricos enfatizam a importância de fornecer às crianças um ambiente de aprendizado com ferramentas e estratégias de ensino apropriadas. Ambos reconhecem a importância da participação ativa dos alunos e a necessidade de adaptar o ensino às necessidades individuais de cada um. Embora Gagné se concentre em estratégias de ensino sequenciais e Papert defende a aprendizagem construtivista e prática, suas teorias se complementam ao ressaltar a

relevância de fornecer um ambiente de aprendizado estimulante e adaptado para promover a aprendizagem.

O *STEAM* como abordagem de integração curricular

As recentes transformações sociais, econômicas e ambientais têm evidenciado que as mudanças na sociedade implicam mudanças no âmbito educacional, demandando respostas para as urgências desse novo tempo. O surgimento de novas tecnologias, profissões e relações de trabalho têm impulsionado a procura por profissionais criativos, não só no campo da cognição, mas também competências e habilidades nas dimensões produtiva e socioemocional (Bacich; Holanda, 2020b).

As metodologias ativas de aprendizagem surgem neste contexto de urgências educacionais, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo. A valorização da experiência e do fazer sempre esteve presente em debates no âmbito educacional. Dewey (1950), por exemplo, era crítico do pensamento educacional tradicional. Para Dewey, podemos explicar e transformar este mundo a partir da experiência. Suas ideias nos remetem a uma filosofia da educação experimental e ativa. Nos últimos vinte anos, é possível perceber como essas ideias estão ganhando força através da revolução tecnológica digital.

Há evidências suficientes no âmbito das pesquisas em psicologia e educação (Dewey, 1950; Piaget, 1978; Moran, 2018; Bacich; Holanda, 2020a) de que o processo de aprendizagem é um fenômeno de natureza ativa. Para que uma aprendizagem significativa aconteça, o estudante precisa estar envolvido e engajado em um processo de pesquisa, investigação e resolução, tal qual um problema ou um projeto. De acordo com Moran (2018, p. 41), “metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida”.

Nesse contexto, destacamos o *STEAM* como possibilidade de metodologia ativa. O acrônimo *STEAM* é a sigla inglesa para Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. Na perspectiva adotada por este estudo, o conceito de *STEAM* está associado a uma proposta de integração curricular, cuja metodologia ativa de aprendizagem que conduz o trabalho é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), nos quais, por meio de um cuidadoso planejamento, os alunos terão a oportunidade de estabelecer vínculos entre os saberes de diversas disciplinas, a fim de buscar soluções para desafios de natureza intrincada (Holanda; Bacich, 2020).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) possui uma perspectiva transdisciplinar, envolvendo dois ou mais componentes curriculares, e é delineada a partir de uma situação-problema ou questão de investigação relacionada ao contexto dos estudantes. O caminho metodológico trilhado pelos estudantes segue os mesmos passos do método de experimentação científica: a observação, a formulação de hipóteses, a experimentação e a validação de resultados. Outra característica importante da ABP é o produto resultante do processo de desenvolvimento do projeto. Nesse escopo, o *STEAM* contribui de diferentes maneiras, a saber, para a integração dos diferentes conteúdos curriculares que se articulam no projeto, bem como para o processo de resolução de problemas de forma criativa, característico da engenharia e do design (Bacich; Holanda, 2020b).

Educação Ambiental

A Educação Ambiental é uma área multidisciplinar que envolve diversas visões de mundo e abordagens para promover reflexões e ações em prol da sustentabilidade e do cuidado com o meio ambiente. O conceito de desenvolvimento sustentável, originado em 1987 no Relatório Brundtland da ONU, implica em atender às necessidades presentes sem comprometer as futuras gerações. Este modelo requer consideração pelos aspectos ambientais, econômicos e sociopolíticos, reconhecendo que todos os recursos naturais,

como água, ar, solo, florestas e oceanos, necessitam de cuidados para persistirem. Assim, a sustentabilidade econômica e sociopolítica só é viável se mantida a sustentabilidade ambiental (Torres, 2010).

Em diferentes momentos se discutiu a Educação Ambiental nas concepções conservacionista, ecológica, crítica, entre outras nomenclaturas e compreensões que resultam em abordagens pedagógicas distintas. Layrargues (2004) afirma a necessidade de compreender os fundamentos político-pedagógicos de cada uma dessas concepções. Este estudo está amparado em uma concepção de Educação Ambiental que enfatiza a preservação dos recursos naturais e da biodiversidade. Nessa perspectiva, o estudo pretendeu discutir com os estudantes a adoção de práticas e comportamentos que minimizem os impactos da vida moderna sobre o meio ambiente.

A Educação Ambiental aparece, na legislação nacional, como importante área transversal a ser trabalhada em diferentes modalidades e níveis de ensino (Brasil, 1996). São inúmeras as questões ambientais que podem abordar os conteúdos escolares de forma integrada, por projetos, na perspectiva *STEAM*. Entre elas, destaca-se o impacto do descarte irregular de lixo comum e lixo eletrônico. Portanto, promover a Educação Ambiental, nesta perspectiva, vai além de expor um diagnóstico dos problemas ambientais do mundo moderno, trata-se de possibilitar que os estudantes construam ativamente conhecimentos, valores, habilidades e atitudes sustentáveis.

As discussões sobre a importância do processo educativo para superação das questões ambientais do nosso tempo não ficaram restritas ao âmbito legal. São inúmeras as contribuições acadêmicas na área de educação e ensino que abordam a Educação Ambiental com desenvolvimento de projetos na perspectiva interdisciplinar ou transdisciplinar (Bergamaschi et al., 2022; Campos; Gonçalves, 2020; Muline; Campos, 2016).

Destacamos o trabalho de Bergamaschi *et al.* (2022) que traz resultados iniciais de um estudo sobre o uso da metodologia *STEAM* em sala de aula na

dimensão da Educação Ambiental no currículo. Os autores reforçam a importância do caráter interdisciplinar da Educação Ambiental e de práticas pedagógicas voltadas à pesquisa e experimentação. Seu estudo abrangeu conteúdos ambientais, sociais e econômicos com o uso de tecnologias digitais, ampliando as discussões sobre os princípios da Educação Ambiental.

Em uma pesquisa desenvolvida por Campos e Gonçalves (2020), os autores apontam possibilidades para o desenvolvimento de uma Educação Ambiental Crítica, compreendendo o ser humano e as relações sociais como parte integrante da natureza, como preconizado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional [LDB 9394/96] e pela PNEA. Nessa concepção, a educação ambiental tem um enfoque mais amplo, abordando questões sociais, políticas e econômicas relacionadas ao meio ambiente. Ela busca analisar as causas estruturais da degradação ambiental e promover uma mudança de paradigma em relação ao desenvolvimento sustentável (Carvalho, 2004; Guimarães, 2016).

A preocupação em desenvolver propostas pedagógicas interdisciplinares que ampliam a visão dos estudantes, fazendo-os distinguir as questões ambientais como problema de todos, também é abordada por Muline e Campos (2016). Para os autores, dentre os diversos princípios da Educação ambiental, ressalta-se a utilização de abordagens pedagógicas interdisciplinares, explorando os conteúdos específicos de cada disciplina de forma a construir uma visão global, conferindo assim significado à prática educativa para o aluno (Muline; Campos, 2016).

O princípio da interdisciplinaridade da Educação Ambiental está fortemente associado ao desenvolvimento de projetos na perspectiva *STEAM*, proposta por este estudo, a partir da temática do reaproveitamento de resíduos comuns e eletrônicos. Pretende-se, no escopo deste estudo, promover experimentos sustentáveis em sala de aula, no âmbito da educação ambiental, utilizando metodologias ativas, baseadas na abordagem *STEAM*. Além disso, busca-se conscientizar os jovens estudantes sobre a importância do reaproveitamento adequado ou descarte correto do lixo. Adicionalmente, a

pesquisa visa a analisar as contribuições do *STEAM* para o aprendizado de conceitos e procedimentos de eletrônica básica, bem como despertar o interesse desse público pela criação de tecnologias que possam, eventualmente, auxiliar na solução dos problemas ambientais ocasionados pelo lixo eletrônico.

Cultura Digital

Araújo e Gouveia (2020) buscam o sentido etnográfico do vocábulo cultura, expresso em “todo complexo que inclui conhecimentos, crenças, arte, moral, leis, costumes ou qualquer outra capacidade ou hábitos adquiridos pelo homem como membro de uma sociedade” (Araújo; Gouveia, 2020, p. 364). Cultura Digital, por sua via, é a manifestação da complexidade dessas dimensões das práticas sociais que acontecem em meio digital, online ou offline, porém também se entrecruzam e reverberam ações fora das redes. Corroborando com esta conceituação, Lucena e Oliveira (2014), trazem que culturas digitais são “formas de usos e apropriações dos espaços virtuais feitas pelos sujeitos culturais” (Lucena; Oliveira, 2014, p. 38). O conceito de cibercultura está associado à ideia de cultura digital. Para Lévy (1999), a cibercultura “é o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do ciberespaço” (Lévy, 1999, p. 17). Reflexões assim, revelam a importância de práticas pedagógicas para além do uso de tecnologias enquanto ferramentas para suavizar conteúdos curriculares complexos ou entreter os estudantes. Implicam pensar o uso crítico e reflexivo das tecnologias digitais que fazem parte da cultura humana, e especificamente dessa geração, denominada nativa digital.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aborda a cultura digital e as tecnologias digitais como temáticas transversais, devido à forma como se articulam com as práticas sociais e como podem se associar aos diferentes

conteúdos do currículo escolar ao longo da Educação Básica. O documento estabelece como uma das competências gerais para esta etapa acadêmica:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p. 9).

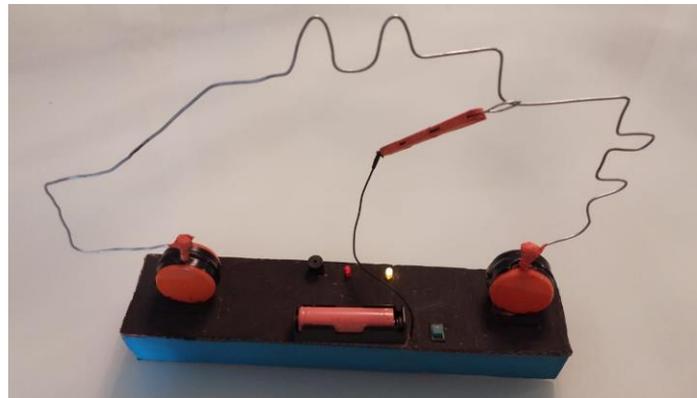
Destaca-se, na quinta competência geral, três dimensões da inserção das tecnologias digitais na vida dos jovens em diferentes contextos, escolares e não escolares: (i) dimensão da compreensão das tecnologias digitais - os estudantes devem entender os conceitos, o funcionamento e as possibilidades oferecidas pelas diferentes tecnologias, tais como computadores, smartphones, internet, aplicativos e redes sociais; (ii) dimensão da utilização - os estudantes devem ser capazes de utilizar essas tecnologias de forma reflexiva e crítica, considerando seus impactos sociais, éticos e culturais, realizando pesquisas, curadoria e organização das informações que encontram na rede; e (iii) dimensão da criação de tecnologias digitais - os estudantes precisam estar preparados para avançar em relação ao uso das tecnologias digitais, alcançando a possibilidade de entender a lógica de construção para criação de soluções de problemas pessoais e coletivos, tornando-se autores de conteúdo, compartilhando suas ideias e conhecimentos.

Além disso, o letramento e a cidadania digital, possibilitam a discussão de temas sobre tecnologia e sociedade e apontam possibilidades de solução para temas sensíveis como o reaproveitamento de resíduo comum e resíduo eletrônico.

Metodologia Pedagógica

A estratégia pedagógica desta oficina teve respaldo nos conceitos de aprendizagem do psicólogo norte americano Robert M. Gagné (Gagné, 1980). Por isso, o primeiro passo adotado foi definir o nível de cognição mais elevado que se espera desenvolver nos estudantes. Para esta prática, tal grau de aprendizado compreende, na construção de um labirinto elétrico, utilizando o reaproveitamento de papelão, tampas de garrafa PET, palitos de picolé, arame e fios, conforme observa-se no exemplo da Figura 1.

FIGURA 1: Exemplo de labirinto elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O Labirinto Elétrico é um jogo físico eletrônico com a finalidade de desafiar o jogador a transportar a argola metálica de uma extremidade a outra do percurso metálico. Vence a competição aquele que consegue percorrer todo o labirinto sem deixar o aro encostar no caminho de arame. Trata-se de uma dinâmica que utiliza eletricidade para criar um desafio de navegação. Quando a argola toca nessa estrutura, o circuito elétrico se fecha, disparando uma resposta sonora ou visual, como uma buzina ou uma luz entre outros tipos de sinalizadores. Com base nessa definição, foi traçada uma estratégia para permitir que os alunos atingissem esse nível de conhecimento desejado.

Percurso Metodológico de Pesquisa

Esta pesquisa possui natureza qualitativa, pois procurou compreender uma situação de aprendizagem particular, vivida pelos pesquisadores e sujeitos envolvidos, descrita em detalhes e analisada de forma interpretativa (Gil, 2021). De acordo com Gil (2021), a pesquisa qualitativa “busca descobrir conceitos e relações entre os dados e organizá-los em um esquema explicativo” (Gil, 2021, p. 15).

A pesquisa contou com a participação de dois públicos distintos, visando validar a proposta em diferentes contextos. O primeiro grupo, formado por oito doutorandos de uma turma do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), teve função de validação e refinamento da proposta. Já o segundo grupo, constituído por onze estudantes do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental da rede municipal de Vitória - ES, possibilitou uma avaliação do aprendizado produzido através da proposta na educação básica. Este estudo traz os resultados obtidos na aplicação da proposta pedagógica com o segundo grupo.

Os onze estudantes fazem parte do projeto "A Escola de Inovação de Vitória, ES: Robótica, Fabricação Digital e Metodologias Ativas (re) inventando a Educação". São alunos de ambos os sexos, com idade variando entre 10 e 14 anos que cursam diferentes níveis escolares, sendo: um aluno do sexto, cinco do sétimo, um aluno do oitavo e quatro do nono ano do ensino fundamental. A aplicação da oficina ocorreu em dois momentos, sendo o primeiro deles no dia 13/06/2023 e o segundo no dia 27/06/2023. Ambos ocorreram na Escola de Inovação, localizada no município de Vitória - ES, no horário compreendido entre 13:30 e 17:30.

Os dados foram coletados por meio de uma abordagem multimodal. Inicialmente, empregou-se a técnica de observação direta, registrando detalhadamente os eventos e os comportamentos durante o experimento. Além disso, com o intuito de obter informações sobre os conhecimentos prévios e os adquiridos durante o processo, os participantes responderam a dois questionários no formato de perguntas fechadas, antes e após a aula. A

enquete continha oito questões sobre os seguintes temas: descarte irregular de lixo eletrônico, poluição dos oceanos e noções básicas de eletrônica. Por meio das respostas do questionário, pode-se verificar quais eram os conhecimentos prévios dos envolvidos na oficina e se houve desenvolvimentos de aprendizagem após a prática de produção do labirinto eletrônico. Tal registro contribuiu para a observação sobre o desempenho dos participantes durante a resolução dos desafios propostos. Essa abordagem de coleta de dados em dois momentos diferentes proporcionou uma visão abrangente e detalhada, permitindo uma análise mais completa dos resultados obtidos na atividade.

Dessa forma, passa-se a detalhar o andamento da oficina: o primeiro dia teve início com a apresentação dos pesquisadores e do assunto a ser trabalhado com os estudantes. Em seguida, iniciou-se a distribuição de um questionário para averiguar o conhecimento prévio dos estudantes sobre a temática abordada. Após os oito estudantes presentes preencherem o questionário, ocorreu a apresentação teórica, contextualizando os problemas decorrentes do descarte irregular do lixo e do *e-lixo*. Depois de apresentar a maneira adequada para o descarte de lixo comum e do lixo eletrônico, os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer o *Interceptor*, um barco robô utilizado para recolher lixo em alguns rios ao redor do mundo. O objetivo dessa apresentação foi ampliar os conhecimentos sobre como a robótica pode contribuir no processo de despoluição do ambiente marinho.

Em seguida, explicou-se sobre o que é considerado um robô, como ele está presente no nosso cotidiano e os pilares da robótica: mecânica, eletrônica e programação de computadores. Apesar de o foco desta oficina não abordar o desenvolvimento de um projeto, usando os três pilares da robótica, foram explicados os conceitos básicos de eletrônica para turma. Neste momento, os alunos utilizaram o simulador *Tinkercad* para a construção dos primeiros circuitos eletrônicos.

Após o primeiro contato dos participantes com a produção de circuitos no *Tinkercad*, realizou-se uma dinâmica com os alunos utilizando a ferramenta

Plickers. Construiu-se *cards* com questões contendo imagens de circuitos feitos no *Tinkercad*, com o objetivo de provocar a reflexão dos participantes sobre seu funcionamento, almejando verificar se estavam corretos ou não.

Bessa (2017) descreve algumas vantagens do uso pedagógico da ferramenta *Plickers*, entre elas, o crescimento do interesse das temáticas abordadas em sala de aula e maior envolvimento dos estudantes. Com isso, esperamos não apenas verificar avanços na aprendizagem, mas também esclarecer eventuais dúvidas, que podem prejudicar a construção do labirinto elétrico.

Após a dinâmica com a ferramenta *Plickers* e um momento para esclarecer possíveis dúvidas, os participantes formaram duplas e colocaram em prática os conceitos eletricidade, eletrônica e circuito aprendidos na oficina, projetando e construindo seu próprio labirinto elétrico. Para isso, cada grupo recebeu os seguintes materiais: Uma bateria de 3.7 V com suporte, um buzzer, um parafuso, 50 centímetros de cabo metálico para construção do percurso do labirinto, um rolo de fita isolante, uma tampa de garrafa pet e papelão.

A Figura 2 permite observar como cada uma das disciplinas que compõem a abordagem STEAM está presente nesta oficina, ao passo que no Quadro 1, é possível identificar cada uma das fases que compõem o *Ato de Aprendizagem* (Gagné, 1980).

FIGURA 2: Aplicação das disciplinas na oficina



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

QUADRO 01: Ato de Aprendizagem na Oficina

FASE E DEFINIÇÃO	ESTRATÉGIA PENSADA PARA A OFICINA
01. Fase Motivação: Nesta etapa, é criada uma expectativa nos alunos, despertando o interesse e a motivação para aprender.	Ao apresentar um exemplo de labirinto elétrico construído a partir da reutilização de materiais e informar que ao término da oficina, com base nos conceitos que seriam ensinados, os alunos construíram o seu próprio labirinto, foi possível despertar a motivação dos participantes para o conteúdo.
02. Fase Apreensão: Nesta fase, é importante que o aprendiz esteja atento e concentrado no que será apresentado. Por isso, neste momento o educador deve utilizar recursos que ajudem o aluno a não perder o foco do conteúdo ensinado.	Durante a ministração da oficina, foram utilizados slides que privilegiaram a exibição de imagens ao invés de informações textuais. Como forma de reter a atenção do participante ao conteúdo exposto, buscou-se por imagens lúdicas ou impactantes. Foram apresentados dois vídeos curtos, com duração de seis e oito minutos. O primeiro trouxe a explicação do que é lixo eletrônico e o segundo demonstrou como a robótica pode ser utilizada no combate à poluição marinha.

<p>03. Fase Aquisição: Momento em que o novo conteúdo é registrado na memória de curta duração do aprendente para posteriormente ser transportado para a memória permanente.</p>	<p>Para facilitar no processo de armazenamento do conteúdo teórico abordado na oficina, optou-se por utilizar imagens, acreditando que os participantes dariam mais atenção aos conceitos abordados em aula. Como por exemplo, utilizando figuras que mostram pessoas deformadas em decorrência de diferentes tipos de cânceres.</p>
<p>04. Fase Retenção: Momento em que a informação é definitivamente registrada na memória de longa duração.</p>	<p>Com relação ao conteúdo que envolve a eletrônica, optou-se por realizar atividades práticas com os participantes usando o simulador <i>Tinkercad</i>.</p>
<p>05. Fase Rememoração: Nesta fase, o aprendiz é incentivado a recordar e relembrar as informações que foram recebidas anteriormente. A ideia é fortalecer a memória e tornar o conhecimento mais duradouro.</p>	<p>Os participantes responderam a quatro perguntas no Plickers (www.plickers.com) com o objetivo de relembrar o conteúdo apresentado e reforçar o processo de guarda desse conhecimento, após apresentados os problemas decorrentes do descarte de lixo e os conceitos básicos de eletrônica.</p>
<p>06. Fase Generalização: Aqui, o objetivo é aplicar o conhecimento aprendido em diferentes situações e contextos. O aprendiz é desafiado a transferir o que foi aprendido para resolver problemas e tomar decisões em situações do mundo real.</p>	<p>Com o intuito de colocar em prática o conhecimento adquirido, os participantes usaram a criatividade e construíram seus próprios labirintos elétricos utilizando materiais que foram descartados de forma irregular na praia ou na rua, além de alguns componentes eletrônicos. Todos os materiais foram disponibilizados pelos educadores.</p>
<p>07. Fase Desempenho: Permite que o educador avalie se houve ou não aprendizagem por parte do aluno.</p>	<p>A aprendizagem dos participantes foi notada pela observação dos pesquisadores e mensurada pela atividade com a ferramenta Plickers e pela construção do labirinto eletrônico.</p>
<p>08. Fase Feedback: Esta é uma fase importante do processo de ensino, pois marca a percepção do aluno quanto ao conhecimento que foi adquirido por ele durante a etapa de aprendizagem.</p>	<p>Os feedbacks orais sobre os projetos desenvolvidos, a elaboração de circuitos elétricos com <i>Tinkercad</i> foram ferramentas fundamentais para a percepção dos participantes acerca dos seus novos conhecimentos adquiridos na oficina.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Resultados e Discussões

O Quadro 2, mostra as respostas dos alunos para o questionário aplicado no início da aula. Com base nessas respostas, foi possível verificar que todos desconheciam o fato de que os resíduos plásticos presentes nos oceanos estão sendo ingeridos por seres humanos, não sabiam explicar perfeitamente a diferença entre lixo comum e lixo eletrônico, desconheciam os impactos decorrentes do descarte irregular do lixo eletrônico, desconheciam conceitos

básicos de eletrônica e acreditavam que a eletricidade era uma invenção do homem, poucos estudantes haviam tido a oportunidade de construir algo a partir do reaproveitamento de materiais.

QUADRO 02: Perguntas e respostas do formulário inicial

PERGUNTA	OPÇÃO ESCOLHIDA PELOS ALUNOS
O lixo que jogamos nos rios e mares prejudica inúmeros seres vivos, pois pode acabar no estômago dos (as)...	0: Seres humanos 8: Tartarugas 7: Peixe
Você sabe como pode ser encontrado o local mais próximo da sua casa para descarte de lixo eletrônico?	6: Não 2: Sim
Você sabe explicar a diferença de lixo comum e lixo eletrônico?	0: Sim, perfeitamente 6: Mais ou menos 2: Não sei
Você saberia explicar por que o lixo eletrônico prejudica a saúde do ser humano?	1: Sim 4: Mais ou menos 3: Acho que não
A eletricidade é:	0: Uma forma de energia que existe naturalmente na natureza 8: Uma forma de energia inventada pelo homem 0: Não faço ideia
Se você receber um led, pilhas e fios condutores, você saberia como fazer a ligação correta para que esse led ficasse aceso?	1: Sim 7: Não
Você já viveu a experiência de construir algo a partir do reaproveitamento de materiais recicláveis?	3: Sim 5: Não
Você gostaria de viver a experiência de construir algo a partir do reaproveitamento de materiais recicláveis?	8: Sim 0: Não

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

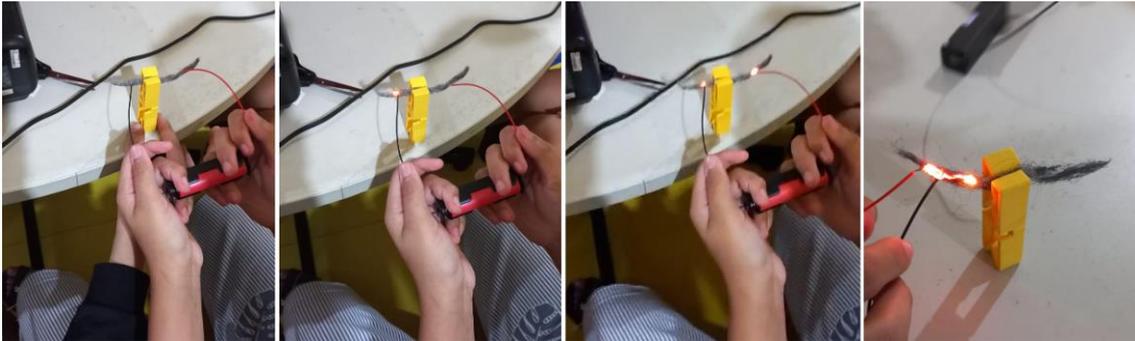
Importante destacar que apenas oito alunos responderam a esse primeiro questionário, pois três deles faltaram ao primeiro dia de oficina. A etapa seguinte contou com uma apresentação dos problemas decorrentes do descarte irregular de lixo eletrônico. Através do material apresentado, os alunos entenderam o que é lixo eletrônico, descobriram que através do site da Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (Abree) é possível identificar o local mais próximo de suas residências para

descarte correto desse tipo de material, e, por fim, conheceram os impactos negativos do descarte indevido do *e-lixo*.

Em seguida, foram abordados os problemas decorrentes do descarte indevido de lixo comum. Através dos *slides*, os estudantes entenderam que boa parte do lixo depositado indevidamente nas ruas tem como destino o oceano e o quanto isso pode ser prejudicial para o ser humano, além de afetar a vida marinha. Para finalizar a abordagem sobre o lixo, exibiu-se o vídeo que apresenta uma solução tecnológica, o *Interceptor*, um barco semiautônomo que foi projetado para coletar lixo de alguns rios mais poluídos do mundo. Dessa forma, a abordagem pedagógica utilizada contribuiu para a sensibilização dos estudantes, e por meio da apresentação a aula promoveu discussões em Educação Ambiental (Carvalho, 2004; Guimarães, 2016).

Com base no conteúdo abordado no vídeo, um exemplo de “barco robô”, foi apresentado aos estudantes exemplos de robôs que estão presentes em nosso dia a dia, como os caixas eletrônicos e as máquinas usadas nos ônibus do transporte coletivo. A partir daí, explicou-se aos alunos que um dos pilares da robótica é a eletrônica e para estudar um pouco desse pilar era importante entender o conceito de eletricidade e como ela era usada pelo homem. Procurou-se, portanto, abordar conteúdos curriculares, como modelos atômicos e eletricidade, a partir de elementos da cultura digital que são reconhecidos pelos estudantes, por exemplo, os robôs (Lucena; Oliveira, 2014; Brasil, 2018).

Para demonstrar na prática como ocorre o deslocamento de elétrons entre os polos de uma fonte de energia, os alunos utilizaram uma bateria de 3.7V e uma palha de aço. Ao ver que a palha de aço “pegava fogo” quando estava em contato com os dois polos da fonte de energia, os alunos ficaram surpresos e puderam perceber na prática o conceito abordado nos slides.

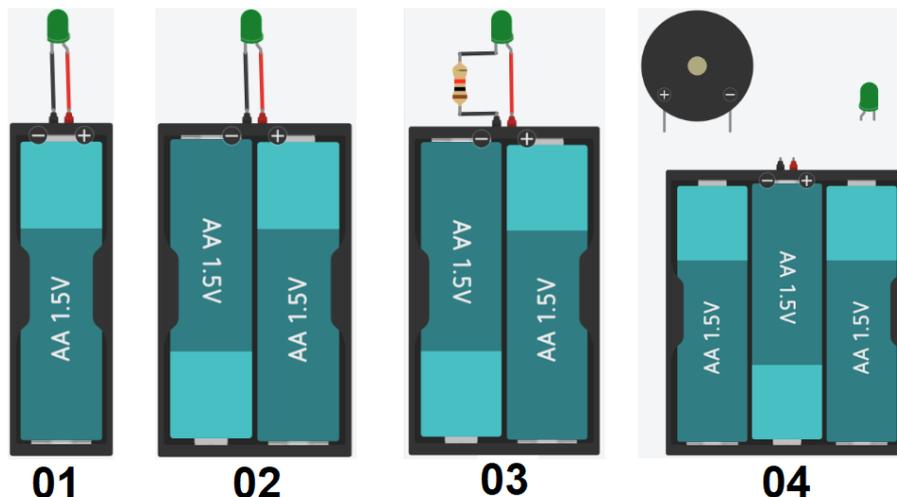
FIGURA 3: Experimento com deslocamento de elétrons

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O segundo dia de aplicação da oficina iniciou com uma breve revisão do conceito de corrente elétrica. Ao exibir o *slide* que explicava o deslocamento dos elétrons do polo negativo em direção ao polo positivo de uma fonte de energia, foi possível observar que muitos alunos se recordaram dos conceitos explicados na aula anterior. Um dos alunos chegou a relatar que havia replicado essa experiência com a palha de aço em sua casa.

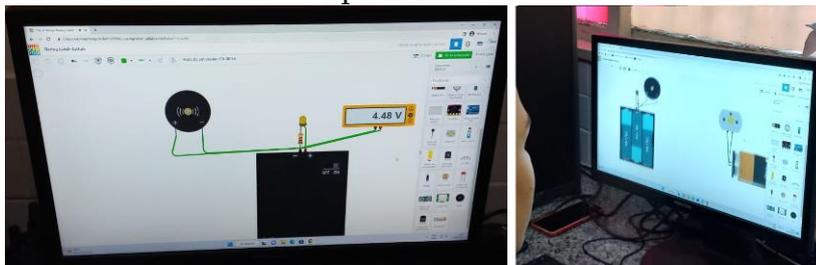
O fato de recordarem de conceitos abordados há duas semanas e o relato de um estudante sobre a reprodução da experiência em casa, reforçam a teoria construcionista de Papert, de que as crianças aprendem melhor quando tem a oportunidade de manipular objetos físicos e estão envolvidas em atividades práticas, desafiadoras e significativas (Papert, 1980). Após passado esse momento inicial, os alunos foram levados ao laboratório. Lá foram divididos em duplas e tiveram acesso a ferramenta *Tinkercad*.

A intenção ao usar o simulador era de que os alunos pudessem construir pequenos circuitos utilizando *leds* e *buzzer*. Eram atividades de menor complexidade que tinham como propósito preparar os estudantes para desenvolver a atividade final: o labirinto elétrico. Assim, respeitando o conceito da Hierarquia de Habilidades (Gagné, 1980), foi proposto aos alunos a construção de quatro circuitos, conforme ilustrado na Figura 4.

FIGURA 4: Circuitos construídos no simulador tinkercad

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Observou-se que todas as duplas conseguiram construir as simulações, inclusive o desafio proposto no quatro e último circuito. Alguns estudantes demonstraram mais afinidade com a ferramenta e maior interesse em explorar o conteúdo que estava sendo ensinado na oficina, tanto que não se limitaram em construir as simulações propostas em aula e tão pouco usar apenas os componentes eletrônicos ensinados. Em um dos casos, um aluno modificou a configuração do conjunto de pilhas do circuito, exibindo uma chave do tipo liga/desliga. Além disso, verificamos a utilização de outros componentes eletrônicos que não eram abordados na oficina, como motores e medidores de tensão. O fato de os estudantes explorarem a ferramenta por conta própria pode ser considerado um indício de que o objetivo traçado inicialmente sobre despertar o interesse dos alunos para criação de novas tecnologias, estava sendo alcançado, como recomenda a quinta competência da BNCC (Brasil, 2018).

FIGURA 5: Alunos explorando a ferramenta tinkercad

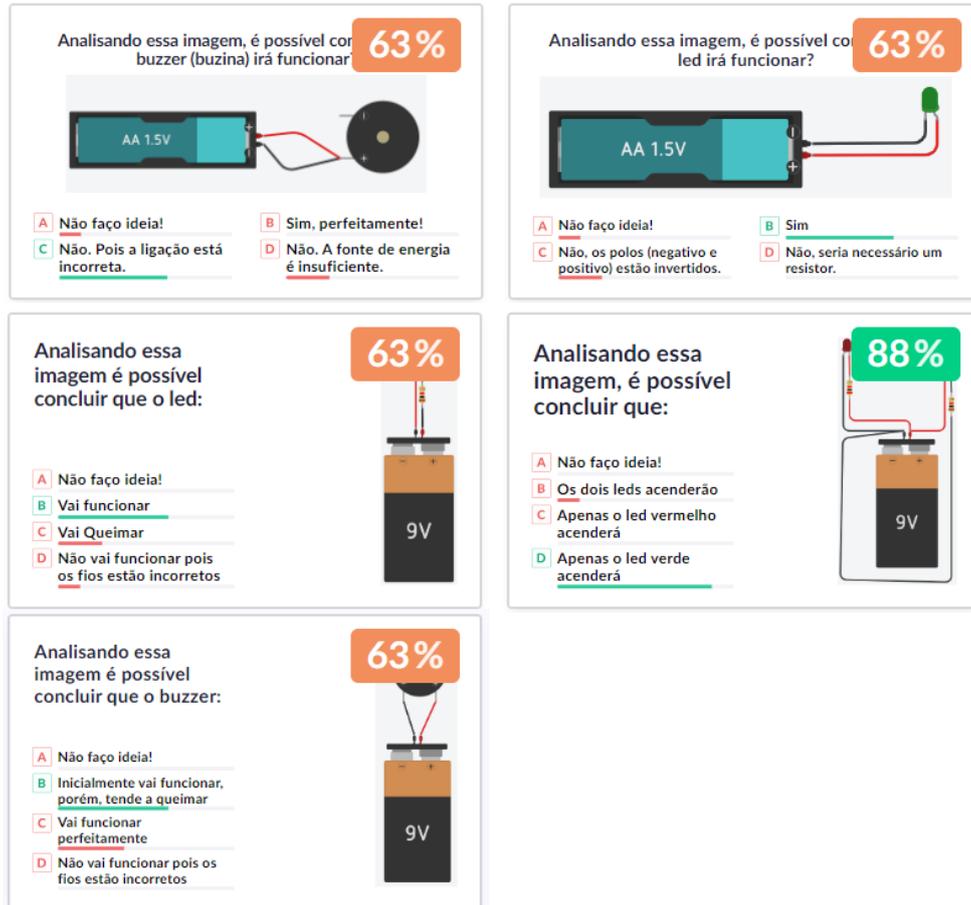
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Após concluída a etapa no simulador, os alunos participaram da dinâmica com a ferramenta *Plickers*. Esse momento da oficina tinha dois objetivos: avaliar o processo de aprendizagem do conteúdo que envolve a parte eletrônica e esclarecer eventuais dúvidas dos alunos. A dinâmica consistia em apresentar cinco questões, sendo todas referentes à criação de circuitos elétricos. Cada pergunta era composta de 4 opções de respostas e havia apenas uma alternativa correta.

A figura 6 mostra as perguntas que foram usadas nessa dinâmica. Como é possível observar, todas elas tinham uma abordagem semelhante, envolvendo a exibição de um circuito eletrônico, permitindo aos alunos selecionar a alternativa que melhor representasse as conclusões possíveis para aquele cenário específico. Em outras palavras, os alunos deveriam prever o que aconteceria se o componente eletrônico (*buzzer* ou *led*) fosse utilizado considerado naquele cenário.

Além disso, pela Figura 6, pode-se observar que na maioria das cinco perguntas, os alunos escolheram a resposta correta, destacada em verde, enquanto as outras três alternativas estão indicadas em vermelho. As barras verticais abaixo de cada pergunta fornecem um indicador da quantidade de alunos que escolheram cada alternativa.

Figura 6: Perguntas usadas no *pickers* com percentual de acerto



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

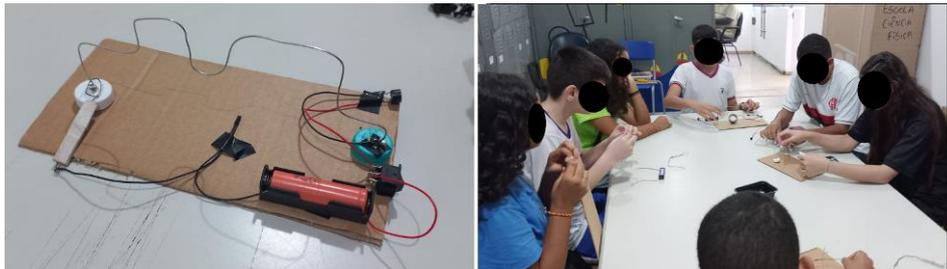
Com relação ao aproveitamento dos estudantes, dois alunos acertaram todas as questões, um estudante acertou 80%, três acertaram 60% e outros dois 40%. Durante a realização dessa dinâmica, aproveitando o fato de estarem de frente para o computador, foi possível observar que alguns estudantes tentaram reconstruir no *Tinkercad* o circuito que estava sendo mostrado na pergunta. Ocorre que essa ação era ineficiente, pois o aluno não construía o circuito em tempo hábil e perdia o raciocínio da pergunta em questão. Essa atitude pode ser uma explicação para o fato de dois estudantes terem alcançado apenas 40% de assertividade na dinâmica.

Além de avaliar o processo de aprendizagem dos alunos, a dinâmica acima foi essencial para esclarecer dúvidas colocadas pelos estudantes. Em alguns casos, os alunos traziam à tona assuntos que não estavam sendo

abordados na oficina, como por exemplo: como saber o valor da resistência de um resistor? Após respondidas todas as dúvidas referentes a construção de circuitos elétricos, os alunos foram convidados a construir o seu próprio labirinto elétrico usando materiais reaproveitados e assim colocar em prática todos os conceitos abordados.

Inicialmente os estudantes apresentaram dificuldades em compreender como todos os equipamentos seriam interligados. Porém, à medida que foram persistindo, os alunos compreenderam que o cabo metálico, assim como o parafuso, atuaria neste projeto apenas como condutores de eletricidade, assim como os fios de cor preta e vermelha que já estavam sendo usados por eles. Após consolidar esse entendimento, as primeiras soluções começaram a surgir. Os estudantes ficaram livres para usar a criatividade e elaborar o formato desejado do labirinto, porém, a maioria das duplas optou em não empreender muitos esforços construindo um projeto mais criativo. Por fim, todas as duplas conseguiram concluir o seu projeto.

FIGURA 7: Estudantes construindo labirinto eletrônico



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao término da oficina os alunos foram convidados a responder o segundo questionário. É importante destacar que, apesar de oito alunos estarem presentes na segunda parte da oficina, apenas quatro deles haviam respondido ao primeiro questionário. Por isso, apenas esses mesmos quatro estudantes responderam ao segundo questionário.

Apesar do pequeno universo de alunos que puderam participar desse segundo momento avaliativo, as respostas indicaram que houve aprendizagem significativa no que se refere à conscientização sobre os

impactos do descarte irregular de lixo e do lixo eletrônico. Todos os alunos mostraram compreender que o descarte irregular desses materiais na natureza pode resultar no acometimento de alguns tipos de câncer, e a maioria citou também a contaminação do solo. Com relação à poluição marinha, ao contrário do que foi constatado no questionário inicial, todos os alunos entenderam que o plástico presente no oceano afeta diretamente o ser humano, além de ser o responsável pela morte de algumas espécies marinhas. Os resultados deste questionário nos mostram a importância do desenvolvimento de atividades interdisciplinares em uma abordagem *STEAM* e seu potencial para fomentar a aprendizagem dos estudantes e a Educação Ambiental, assim como as pesquisas de Muline e Campos (2016) e Bergamaschi *et al.* (2022).

No que se refere a questões referentes ao conhecimento básico de eletrônica, a partir das respostas foi possível perceber que, existiu consenso nas questões mais simples, porém as questões que exigiram um pouco mais de raciocínio geraram dúvidas em metade dos alunos que responderam ao questionário. No entanto, a julgar pelo desempenho observado dos estudantes no decorrer da oficina, acredita-se que se todos os alunos presentes na segunda aula respondessem ao questionário final, o percentual de acerto apurado poderia ser mais elevado.

Considerações Finais

Este trabalho de pesquisa mostrou com êxito a eficácia das práticas sustentáveis no contexto da educação ambiental, utilizando metodologias ativas e a abordagem *STEAM*. Assim como ocorreu na pesquisa de Siqueira (2020), a aplicação de conceitos da teoria de aprendizagem do psicólogo norte-americano Robert Mills Gagné proporcionou um ambiente de aprendizagem engajador, onde o aluno sentia-se desafiado e ao mesmo tempo capaz de resolver os problemas propostos, estimulando sua participação ativa e a

internalização dos conceitos relacionados a eletrônica básica, à sustentabilidade e ao cuidado com o meio ambiente.

A teoria construcionista de Papert, por sua vez, permitiu que os estudantes desenvolvessem habilidades de resolução de problemas e criatividade, por meio da exploração prática e da construção de conhecimento em um contexto real e significativo. Esses resultados assemelham-se aos alcançados por Souza (2020) em sua pesquisa, que visava ensinar conceitos de eletricidade e hidrostática a alunos do ensino médio por meio da construção de protótipos utilizando a robótica tradicional e sustentável.

A pesquisa mostrou que, ao envolver os alunos em atividades práticas e significativas, a Educação Ambiental ganha sentido, tornando-se mais envolvente e relevante para a vida dos estudantes. A pesquisa também mostrou que a abordagem *STEAM* pode ser usada para promover a integração entre diferentes disciplinas, estimulando o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas, habilidades essenciais para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a sustentabilidade.

Desta forma, entendemos que a principal colaboração desta pesquisa para a educação está em demonstrar que a combinação da educação ambiental com as metodologias ativas e a abordagem *STEAM* é uma estratégia efetiva para engajar os estudantes na compreensão dos desafios ambientais e incentivá-los a buscar soluções inovadoras. Ao despertar o interesse dos jovens pela criação de novas tecnologias, o currículo *STEAM* pode contribuir significativamente para a redução dos impactos do lixo como e do lixo eletrônico no meio ambiente.

Por fim, acreditamos ser fundamental que os educadores e formuladores de políticas reconheçam a importância de incorporar práticas sustentáveis e a educação ambiental nas salas de aula, utilizando abordagens pedagógicas inovadoras. Além disso, é necessário fornecer recursos adequados e incentivos para promover a integração da educação ambiental com as disciplinas científicas, tecnológicas, de engenharia, artes e matemática, a fim de formar

indivíduos conscientes, capacitados e comprometidos com a construção de um futuro mais sustentável.

Referências

- BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Porto Alegre: Grupo A, 2020a. *E-book*. ISBN 9786581334062. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581334062/>. Acesso em: 23 abril de 2023.
- BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Porto Alegre: Grupo A, 2020b. Cap. 1. p. 1-12. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581334062/>. Acesso em: 20 maio 2023.
- BERGAMASCHI, Christyan Lemos et al. O USO DA METODOLOGIA STEAM EM SALA DE AULA NA DIMENSÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CURRÍCULO: reflexões iniciais. *Revista Pedagógica*, v. 24, p. 1-26, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22196/rp.v24i1.7168>. Acesso em 15 de maio de 2023.
- BORGES, Tatiane Daby de Fátima Faria et al. Teoria da Instrução de Gagné e o Ensino da Matemática. *Cadernos da FUCAMP*, v. 19, n. 40, 2020.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional. Dispõe as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 20 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.
- CAMPOS, Carlos Roberto Pires; GONÇALVES, Mariana Aguiar Correia Lima. Vamos ao manguezal? Produção de um vídeo documentário para a conscientização da comunidade escolar sobre a preservação da biodiversidade. *Rev. Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande, v. 37, n. 3, p. 283-304, ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/11343/7720>. Acesso em: 21 maio 2023.
- CARVALHO, I. C. M. Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da educação. In: LAYRARGUES, P.P. (Org.) *Identidades da Educação Ambiental Brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. p. 13-24.
- DEWEY, J. *Vida e Educação*. São Paulo: Nacional, 1950.

FORTI, Vanessa et al. *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. 2020. Disponível em: <https://collections.unu.edu/view/UNU:7737>. Acesso em: 05 de jun. de 2023.

GAGNÉ, Robert M. *Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino*. Editora Globo, 1980.

GEOGRAPHIC, Redação National. A rota do plástico: do lixo aos ecossistemas marinhos. *National Geographic*, 20 de abr. de 2022. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/04/a-rota-do-plastico-do-lixo-aos-ecossistemas-marinhos>. Acesso em: 05 de jun. de 2023.

GIL, Antonio C. *Como Fazer Pesquisa Qualitativa*. Barueri - SP: Grupo GEN, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770496/>. Acesso em: 07 mai. 2023.

GUIMARÃES, Mauro. Por uma educação ambiental crítica na sociedade atual. *Revista Margens Interdisciplinar*, [S.L.], v. 7, n. 9, p. 11, 2, 2016. Universidade Federal do Pará. <http://dx.doi.org/10.18542/rmi.v7i9.2767>.

HOLANDA, Leandro; BACICH, Lilian. *A aprendizagem baseada em projetos e a abordagem STEAM*. Porto Alegre: Grupo A, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581334062/>. Acesso em: 21 mai. 2023.

KIM, Ji-Su et al. Global pattern of microplastics (MPs) in commercial food-grade salts: sea salt as an indicator of seawater MP pollution. *Environmental science & technology*, v. 52, n. 21, p. 12819-12828, 2018. Disponível em <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04180>. Acesso em: 05 de jun. de 2023.

LAYRARGUES, P.P. apresentação: (re)conhecendo a Educação Ambiental brasileira. In: LAYRARGUES, P.P. (Org.) *Identidades da Educação Ambiental Brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. p. 7-9.

MAURI, Teresa. O que faz com que o aluno e a aluna aprendam os conteúdos escolares? In: COLL, Coll et al. *O construtivismo na sala de aula*. 6. ed. São Paulo: Ática, 2009.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

MULINE, Leonardo Salvalaio; CAMPOS, Carlos Roberto Pires. Uma sequência didática para trabalhar a Educação Ambiental crítica com alunos das séries iniciais do ensino fundamental. *Revista Práxis*, [s. l], v. 8, n. 16, p. 105-114, dez. 2016.

PAPERT, S. *Mindstorms: Computers, children, and powerful ideas*. Basic Books. 1980.

PIAGET, J. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

ROBINSON, Brett H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *Science of the total environment*, v. 408, n. 2, p. 183-191, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>. Acesso em: 05 de jun. de 2023.

SOUZA, Rodrigo Baldow. Robótica sustentável no ensino dos conceitos de eletricidade e hidrostática: a aprendizagem colaborativa como fundamentação teórico-metodológica. 2020. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2020. Disponível em: <http://tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/9423>. Acesso em: 27 de fev. de 2024.

SIQUEIRA, Fábio Ventorim. *Recompilando o futuro: o pensamento computacional como parte do processo de educação de pessoas privadas de liberdade*. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/699>. Acesso em: 27 de fev. de 2024.

TORRESI, Susana I.; PARDINI, Vera L.; FERREIRA, Vitor F. O que é sustentabilidade? *Química Nova*, v. 33, p. 1-1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100001>. Acesso em: 05 de mar. de 2024.

VIEIRA, Elias Antônio. A questão ambiental do resíduo/lixo em Ribeirão Preto (SP). *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 170 p.-170 p., 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/223611703945>. Acesso em: 05 de mar. de 2024.

Recebido em setembro de 2023.

Aprovado em março de 2024.