

## APLICAÇÃO DE PROTÓTIPO DE MICROSCÓPIO DE BAIXO CUSTO COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL

APPLICATION A LOW-COST MICROSCOPE PROTOTYPE AS A STRATEGY FOR  
SCIENCE TEACHING AND ENVIRONMENTAL AWARENESS

Isabela Maria Martins<sup>i</sup>  
Aline da Graça Sampaio<sup>ii</sup>  
Gabriela dos Santos Simões<sup>iii</sup>  
Júlia Gaspar Barbosa Corrêa<sup>iv</sup>  
Caroline Souza Senkio<sup>v</sup>  
Laura Caldini Fujji<sup>vi</sup>  
Mariana Raquel da Cruz Vegian<sup>vii</sup>  
Maria Alcionéia Carvalho de Oliveira e Campos<sup>viii</sup>  
Lady Daiane Pereira Leite<sup>ix</sup>  
Clélia Aparecida de Paiva<sup>x</sup>  
Suzelei Rodgher<sup>xi</sup>  
Cristiane Yumi Koga-Ito<sup>xii</sup>

### RESUMO

Aulas práticas de ciências são importantes recursos metodológicos no processo ensino-aprendizagem dos alunos. No entanto, muitas escolas públicas brasileiras possuem escassa estrutura laboratorial, o que dificulta o desenvolvimento de atividades práticas. Este projeto de extensão teve como objetivo relatar o desenvolvimento de uma estratégia pedagógica interdisciplinar, abrangendo diversas áreas no ensino de Ciências, como conceitos de educação ambiental, citologia e óptica, por meio da construção e aplicação de um protótipo

<sup>i</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – ICT/UNESP; Discente do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: isabelammartins@gmail.com

<sup>ii</sup> Doutoranda em Microbiologia e Imunologia -ICT/UNESP; Discente do Programa de Pós-Graduação em Biopatologia Bucal do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: alinnsampaio@gmail.com

<sup>iii</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – ICT/UNESP; Discente do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: gabriela.simoe13@gmail.com

<sup>iv</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – ICT/UNESP; Discente do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: juliagbcorrea@gmail.com

<sup>v</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – ICT/UNESP; Discente do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: carolinesenkio@gmail.com

<sup>vi</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – ICT/UNESP; Discente do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: laauracaaldini@gmail.com

<sup>vii</sup> Doutoranda em Microbiologia e Imunologia -ICT/UNESP; Discente do Programa de Pós-Graduação em Biopatologia Bucal do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: mariana.vegian@unesp.br

<sup>viii</sup> Doutora em Patologia -ICT/UNESP; Discente do Programa de Pós-Graduação em Biopatologia Bucal do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: macoliveira12@gmail.com

<sup>ix</sup> Mestra em Microbiologia e Imunologia -ICT/UNESP; Discente do Programa de Pós-Graduação em Biopatologia Bucal do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: ladydaianepereira@yahoo.com.br

<sup>x</sup> Técnica de Laboratório – ICT/UNESP; Técnica do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: clelia.paiva@unesp.br

<sup>xi</sup> Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos; Professora Assistente Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: suzelei.rodgher@unesp.br

<sup>xii</sup> Doutora em Biologia Patologia Buco-Dental -FOP-UNICAMP; Professora Titular do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – ICT/UNESP. E-mail: cristiane.koga-ito@unesp.br

de microscópio, confeccionado com materiais eletroeletrônicos reutilizáveis, e outros de baixo custo. Participaram do projeto cento e vinte seis alunos, de escolas públicas do ensino fundamental. Foram ministradas oficinas compostas por: a) aula teórica e dinâmica abordando conceitos sobre a célula, física do microscópio e educação ambiental (resíduos sólidos e eletroeletrônicos, reciclagem e reutilização de resíduos, separação e responsabilização), b) aula prática com construção de protótipo de microscópio e c) questionário avaliativo. A atividade foi fundamentada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS - ONU), visando à educação de qualidade e consumo e produção responsáveis, assim como na observação e experimentação como estratégia didática para a obtenção e assimilação de informações. Os resultados indicaram melhora na compreensão, por parte dos estudantes, de conceitos relacionados aos resíduos, células e funcionamento de um microscópio, confirmando a contribuição da atividade na melhoria do processo ensino-aprendizagem de ciências e conscientização ambiental. O protótipo, por ser de baixo custo e de fácil operação, pode aprimorar a infraestrutura de ensino das escolas, além de ser uma ferramenta interessante para auxiliar no ensino à distância.

**Palavras-chave:** Oficinas pedagógicas. Educação ambiental. Protótipo educacional. Resíduos eletroeletrônicos. Materiais recicláveis.

## ABSTRACT

Practical science classes are important methodological resources for teaching-learning process. However, many Brazilian public schools have poor laboratory structure, which hampers the development of practical activities. This extension project aimed to report the development of an interdisciplinary pedagogical strategy covering contents of biology, optics and environmental education, through the construction and application of a microscope prototype, made with low-cost and reusable electro-electronic materials. One hundred and twenty-six students from public elementary schools participated in the project. Workshops were held with theoretical and dynamic classes covering: i) a theoretical and dynamic class addressing concepts about cell, microscope physics and environmental education (solid and electro-electronic waste, recycling and reuse of waste, separation, and accountability), ii) a practical activity with the construction of a microscope prototype with recycled and reusable electronics and iii) evaluative questionnaire. The activity was based on the Sustainable Development Goals (SDGs - ONU), aiming at a quality education and responsible consumption and production. Besides, it was based on the concept of observation and experimentation as a didactic strategy for assimilating information. The results indicated an improvement in the students' understanding of the concepts of waste and cell, as well as the operation of a microscope, confirming that the activity improved the teaching-learning process. The low cost and easy operable prototype can improve the infrastructure of the schools, besides being an interesting tool to distance education.

**Keywords:** Pedagogical workshops. Environmental education. Educational prototype. Electro-electronic waste. Recyclable materials.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem de ciências deve compreender a investigação, a comunicação, o debate e a observação direta ou indireta de diferentes fenômenos (BRASIL, 1997b). A aplicação de aulas práticas de ciências são importantes recursos didáticos nesse processo, porém o desenvolvimento dessas práticas é constantemente limitado pela escassez de recursos materiais, particularmente no ensino público. Um estudo realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2017) mostrou que 51,3% e 25,2% das escolas possuem laboratório de ciências nos ensinos médio e fundamental, respectivamente. No entanto, os dados do Censo Escolar 2018 são ainda mais preocupantes, relatando redução desse recurso de ensino para 44,1% (ensino médio) e 11,5% (ensino fundamental) (INEP, 2019).

Segundo Perruzzi & Fofonka (2021), na visão de docentes da área das Ciências da Natureza, a aula prática é um recurso importante na construção do conhecimento científico-metodológico, no desenvolvimento de habilidades e competências e estímulo para o pensamento crítico do aluno. No entanto, as autoras alertam sobre a relação entre a baixa frequência dos discentes e a dificuldade de realização de aulas práticas com a carência de equipamentos. Dentro desse contexto, o microscópio óptico, utilizado para a ampliação de objetos, é um equipamento que pode reforçar, na prática, conteúdos teóricos abordados em aulas de biologia, como a estrutura celular dos seres vivos, e de física, como os conceitos ópticos. Neste sentido, o microscópio pode ser considerado um instrumento educativo de destaque interdisciplinar (TELES & FONSECA, 2019) auxiliando na compreensão de diferentes assuntos teóricos e no desenvolvimento do pensamento crítico (PINTO, 2019). Porém, seu custo elevado dificulta sua aquisição e acesso em escolas, principalmente do ensino público, sem tantos recursos disponíveis.

Neste cenário, a construção e o uso de protótipos educacionais de baixo custo nas escolas auxiliam no desenvolvimento de aprendizagens essenciais na educação básica, possibilitando um ensino inclusivo, democrático e justo, como destacado pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017). Essa estratégia pedagógica auxiliada por protótipo educacional pode ser apresentada na modalidade de equipamento ou conjuntos didáticos,

associados a materiais sofisticados ou simples, como por exemplo, objetos descartados (LOCATELLI & ROSA, 2015).

Alguns recursos que podem ser utilizados na construção desses protótipos são os materiais conhecidos como lixo eletrônico, um termo popular que designa eletrônicos de tecnologia da informação que estão no fim de sua vida útil (BHUTTA *et al.*, 2011). Também conhecidos como resíduos eletroeletrônicos, esses materiais são provenientes de televisores, monitores e *webcams* e possuem substâncias que podem ser tóxicas à saúde (CELINSKI *et. al*, 2011). Em contato com o meio ambiente, podem contaminar a hidrosfera, litosfera e atmosfera, causando danos à saúde humana e à ambiental (TANAUE *et al.*, 2015). Um relatório publicado pelas Nações Unidas, em 2020, alerta que 53,6 milhões de toneladas (Mt) de lixo eletroeletrônico são produzidos mundialmente, enquanto apenas 17,4% são reciclados corretamente (FORTI *et al*, 2020). O Brasil, em 2014, gerou 1,4 Mt de resíduos eletroeletrônicos destacando a necessidade de reutilização e gerenciamento adequado desses resíduos (ONUBR, 2014).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo estimular o aprendizado de ciências, visando o aluno como um ser ativo em contato direto com a construção do seu conhecimento, de modo que, durante o processo, o aprendizado faça sentido para o indivíduo (OGBORN, 1997), através de uma aula com conexão teórico-prática, tendo o aluno como operador desse processo ensino-aprendizagem. A experiência relatada foi realizada por meio de um projeto de extensão em forma de oficina, com alunos do ensino fundamental da rede pública de ensino, utilizando um protótipo de microscópio confeccionado a partir de materiais reutilizáveis, incluindo resíduos eletroeletrônicos. As atividades tiveram como foco a reflexão, a conscientização ambiental e o aprendizado de ciências, além de estimular, como mencionado por Piaget (1989), o surgimento de esquemas cognitivos, relacionados à interação e à experimentação do indivíduo com o objeto, por meio de aula teórico-prática, com a construção e aplicação do protótipo.

## 2 RELATO DE EXPERIÊNCIA

### 2.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto de extensão foi organizado e realizado no modelo de oficina com etapas de conceituação, dinâmica, conscientização, construção e avaliação. A participação do aluno foi autorizada mediante assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelo tutor legal e por meio de assentimento assinado pelo aluno. O projeto foi aprovado pelo CONEP – Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (CAAE 14954719.5.0000.0077). A organização e a execução da pesquisa foram realizadas por discentes de graduação, de pós-graduação, um assistente técnico-administrativo e dois docentes da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de São José dos Campos, SP.

O trabalho foi desenvolvido em quatro escolas públicas municipais de São José dos Campos, durante o segundo semestre de 2019, em turmas do 6º ao 9º ano do ensino fundamental, com participação de 126 alunos que tinham autorização, de acordo com assinatura dos termos necessários. Reuniões prévias com professores foram realizadas para a apresentação do protótipo, discussão de temas a serem abordados e análises dos questionários avaliativos a serem aplicados.

Cada oficina foi aplicada em cinco etapas e teve duração total de 1 hora e 30 minutos. A primeira etapa consistiu na conceituação de resíduos sólidos, incluindo o panorama de geração e reciclagem de resíduos no mundo, destacando o Brasil e a cidade local. Em seguida, foi realizada uma dinâmica, na qual foi solicitada a participação dos alunos para que demonstrassem seus conhecimentos sobre a separação adequada dos materiais gerados pela população, distribuindo materiais selecionados em caixas com etiquetas, que indicavam tipos diferentes de resíduos.

Na segunda etapa, foi abordada a geração e a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e o impacto sobre o descarte incorreto desses materiais para a saúde e o meio ambiente. Na terceira etapa, os alunos conheceram os princípios do funcionamento do microscópio óptico convencional e como esses princípios são representados pelo protótipo desenvolvido. Ainda nesta etapa, foram abordados conceitos sobre as células, a importância do aumento proporcionado pelo microscópio para visualização de estruturas biológicas e conceitos físicos relacionados à ampliação de imagem.

A construção do protótipo foi realizada durante a quarta etapa, com a divisão dos alunos em grupos e apresentação detalhada dos materiais que seriam utilizados. A montagem do equipamento foi orientada pelos condutores da oficina e os alunos puderam participar ativamente manipulando os materiais.

Por fim, na quinta etapa, os alunos puderam observar diversas estruturas de componentes biológicos preparados no momento da oficina e outros retirados de hortas e jardins, cultivados pelos próprios alunos e professores, em cada escola.

Antes das atividades apresentadas, os participantes foram convidados a responder um questionário estruturado, desenvolvido pela equipe e os professores responsáveis, com a finalidade de investigar os conhecimentos prévios sobre os temas apresentados durante a oficina: resíduos e lixo, poluição, células, visibilidade a olho nu, microscópio e seu funcionamento. Após a oficina, o mesmo questionário foi aplicado para verificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos. Foram consideradas adequadas as respostas que continham palavras-chave sobre cada tema. O questionário era formado pelas seguintes perguntas discursivas, apresentadas no quadro 1:

**Quadro 1** – Questionário aplicado aos alunos do ensino fundamental antes e após a realização da oficina e palavras-chave consideradas adequadas nas respostas para a análise do incremento de informação

Perguntas	Respostas / Palavras-chave
Você sabe o que são resíduos? O que podemos fazer com eles?	"lixo", "sobra", "restos" "adubo", "materiais reutilizáveis"
Como os resíduos impactam o meio ambiente?	"poluição"
Do que são formadas as plantas? Do que são formados os animais?	"células"
As células são visíveis a olho nu? Por quê?	Explicação de que não é possível visualizar as células a olho nu devido ao seu pequeno tamanho, com a palavra "pequeno".
Que tipo de instrumento podemos usar para ver uma célula?	"microscópio"
Como funciona esse tipo de instrumento?	Explicação relacionada ao funcionamento do instrumento, com as palavras "lentes", "luz", "aumenta", "fica maior".

Fonte: Elaborado pelas autoras

Para avaliar as respostas dos questionários, foi verificada a diferença entre a quantidade de alunos que utilizaram expressões relacionadas aos temas abordados no questionário pós-oficina com a quantidade que respondeu adequadamente aos questionários prévios. Foram consideradas as respostas dos alunos que responderam ambos os questionários, totalizando 126 alunos. O número de alunos e porcentagem de

acréscimo de respostas corretas, comparando as respostas dos dois questionários, foram apresentados nos resultados e uma análise descritiva foi realizada.

## 2.2 MATERIAIS E PRINCÍPIOS DO PROTÓTIPO EDUCACIONAL

Para a construção do protótipo educacional de baixo custo foram utilizados componentes eletroeletrônicos e materiais reutilizáveis, como *webcam*, leitor de CD/DVD de computador, placa de acrílico e madeira reutilizadas, parafusos, porcas e lanterna. Após, para a adaptação da lente para o aumento necessário, a *webcam* foi conectada a um *notebook* para visualização da imagem.

A seleção dos componentes foi baseada e aperfeiçoada a partir de modelos de microscópios alternativos disponíveis na internet e teve como objetivo utilizar os mesmos princípios de um microscópio óptico convencional, formado por partes mecânicas, ópticas e elétricas, que em conjunto ajudam na ampliação da imagem (Quadro 2).

**Quadro 2** – Estruturas de um microscópio óptico convencional, com seus objetivos e materiais correspondentes utilizados para construção do protótipo educacional de baixo custo

Microscópio óptico convencional	Objetivo	Protótipo de microscópio
Lente ocular	Permite a visualização da imagem formada pela lente objetiva.	Tela de <i>notebook</i>
Lente objetiva	Amplia a imagem de um objeto.	Lente de <i>webcam</i> reutilizada
Platina	Placa de apoio para o material a ser observado e onde passam os raios luminosos.	Placa de acrílico reutilizada
Coaxiais (macro/micrométrico)	Permite a focalização do material observado e avanço ou recuo da platina.	Engrenagem do leitor de CD/DVD
Iluminação/ lâmpada	Atravessa a amostra permitindo a visualização da imagem ampliada.	Lanterna
Base	Serve de suporte de sustentação ao microscópio.	Madeira reutilizada

Fonte: Elaborado pelas autoras

## 2.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO EDUCACIONAL

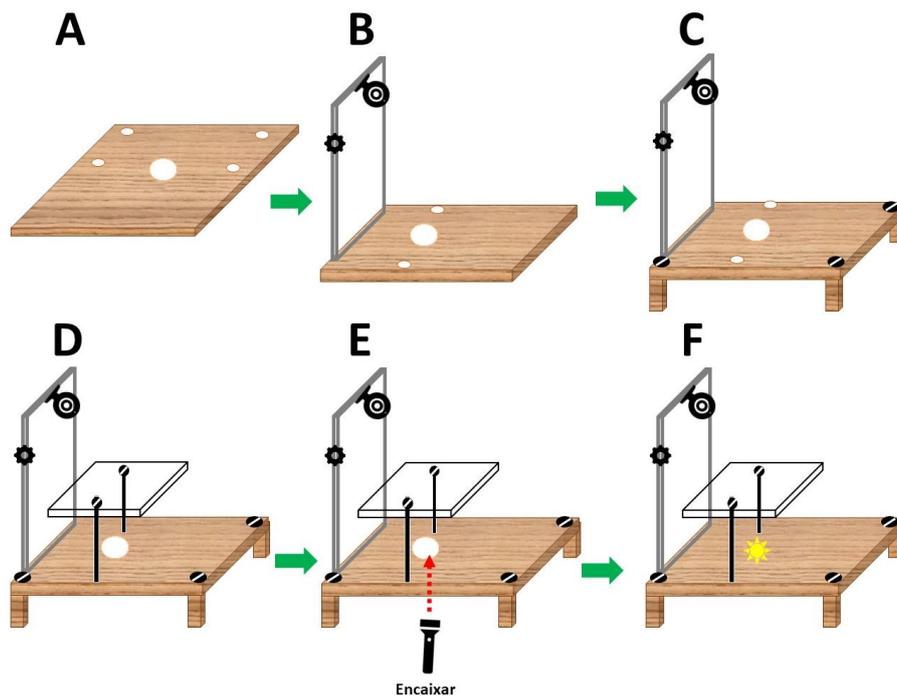
A preparação dos materiais para montagem dos protótipos seguiu algumas etapas realizadas previamente, permitindo a finalização durante a oficina após a exposição teórica.

As etapas prévias incluíram a desmontagem e remontagem da *webcam*, após a inversão de sua lente, a retirada da engrenagem do leitor de CD/DVD e a medição, marcação e perfuração da base de madeira, da placa de acrílico, do leitor, e da base da *webcam*. Em

seguida, a *webcam* foi fixada na engrenagem e o conjunto *webcam*-leitor foi fixado na base de madeira, utilizando-se parafusos e porcas. Por fim, na base inferior da madeira foram colados ou pregados apoios, também de madeira (Figura 1).

**Figura 1** – Etapas para montagem do protótipo de microscópio

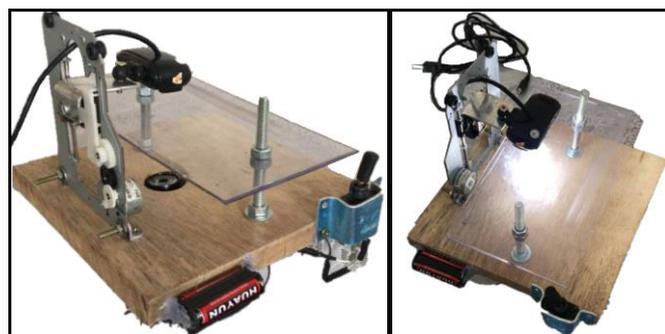
Legenda: (A) Medição, marcação e perfuração da base de madeira, acrílico e leitor de CD/DVD; (B) Perfuração da base da *webcam* e do leitor para fixar na base de madeira; (C) Encaixe dos parafusos e porcas no leitor e *webcam* e colagem ou fixação com pregos dos apoios na base inferior da madeira; (D) Montagem da base de acrílico com parafusos; (E) Fixação da lanterna na base de madeira; (F) Montagem completa.



Fonte: Elaborado pelas autoras

Durante a oficina, com o auxílio dos alunos, foi montada a base de acrílico com os parafusos e as porcas e a lanterna foi encaixada no furo central da base de madeira (Figura 2).

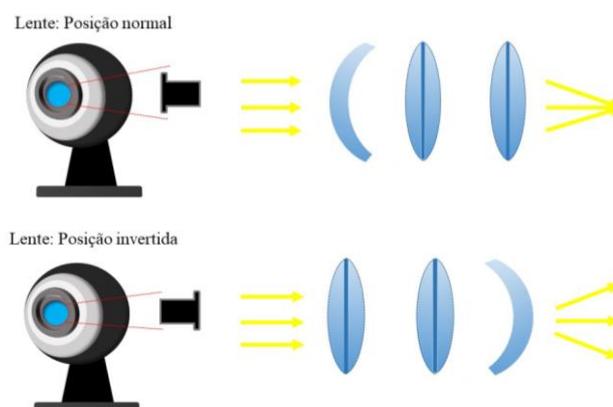
**Figura 2** – Protótipo de microscópio finalizado após etapas de preparação dos materiais e montagem



Fonte: Elaborado pelas autoras

A *webcam* é um artigo eletrônico que possui internamente um conjunto de lentes que em seu uso normal é capaz de reduzir o tamanho real de uma imagem, com lentes convergindo os raios de luz. No protótipo, a lente foi invertida, divergindo os raios de luz (Figura 3), proporcionando aumento de um objeto através de uma imagem ampliada, semelhante a um microscópio óptico.

**Figura 3** – Esquema de formação de imagem pela *webcam* em seu uso comum e na situação com a lente invertida



Fonte: Elaborado pelas autoras

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aula teórica e dinâmica, abordando conceitos sobre educação ambiental (resíduos sólidos e eletroeletrônicos, reciclagem e reutilização de resíduos, separação e responsabilização), células e física do microscópio, foi possível demonstrar a importância do correto gerenciamento de resíduos e como a reutilização desses resíduos, principalmente, eletroeletrônicos, poderia contribuir para práticas pedagógicas no ensino de Ciências. Dessa forma, foi possível oferecer meios para a compreensão da temática do meio ambiente, como descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) sobre o tema Meio Ambiente, para que os alunos desenvolvam suas potencialidades e adotem posturas pessoais e comportamentos sociais que lhes permitam viver numa relação construtiva consigo e com o seu meio (BRASIL, 1997a).

Os alunos participaram ativamente da dinâmica de separação dos resíduos, demonstrando que já tinham certo conhecimento sobre os diferentes tipos de materiais,

mas quando questionados se faziam essa separação em seu cotidiano, muitos negaram e não sabiam explicar o motivo. Como descrito por Sofa e Lopes (2017), apesar do conhecimento sobre as diferenças e formas de separação de materiais orgânicos e recicláveis, muitos alunos não colocam em prática por vários motivos, como falta de incentivo (no ambiente escolar ou em casa), falta de estrutura adequada no ambiente escolar (lixeiras específicas), dentre outros. Após a dinâmica, portanto, foram abordados os principais problemas do descarte inadequado, principalmente, de materiais eletroeletrônicos, além da explicação sobre repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar (5 Rs), para incentivar a conscientização ambiental, finalizando com a construção do protótipo para demonstrar uma possibilidade de reutilização.

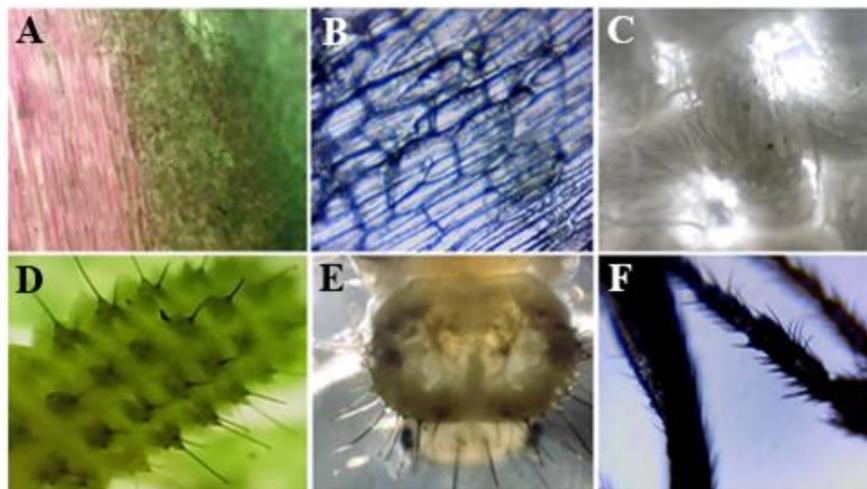
O modelo de oficina deste projeto, com a construção de um protótipo de microscópio com materiais de baixo custo, baseou-se na estratégia pedagógica, descrita por Locatelli e Rosa (2015), de construção de protótipos educacionais a partir de materiais acessíveis. De acordo com as autoras, esses protótipos são recursos projetados como instrumentos didáticos com o objetivo de auxiliar na compreensão dos conteúdos escolares, incluindo equipamentos para aulas experimentais, como o microscópio desenvolvido em nossa oficina. A construção desses instrumentos pode exercitar algumas habilidades relacionadas à curiosidade, à reflexão, à crítica, à imaginação e à criatividade intelectual dos alunos (BRASIL, 2017). Além disso, a possibilidade da utilização de materiais de baixo custo e outros que podem ser reutilizáveis, é descrita nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006), na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, para a realização de atividades experimentais, e permite ao aluno proximidade com manipulação de materiais antes “impossíveis”, em suas perspectivas. De acordo com Zanovello *et al.* (2014), procedimentos de observação e experimentação podem auxiliar na compreensão de informações e estabelecimento de relações entre elementos dos ambientes, sendo fundamental para um aprendizado eficiente e para a contextualização do conteúdo.

Diante disso, durante o desenvolvimento da oficina, os alunos foram separados em grupos, de forma aleatória, para que os integrantes do projeto pudessem conduzir a construção do microscópio. A partir desse momento, foi observado um aumento do entusiasmo e da curiosidade dos alunos sobre como um objeto conhecido como “s sofisticado” poderia ser construído com materiais tão simples e de baixo custo, e a participação deles foi incentivada para finalizar os equipamentos, permitindo que

compreendessem a função de cada peça. Sofa e Lopes (2017) também observaram maior interesse dos alunos durante a construção de brinquedos a partir da reutilização de materiais, o que pode ser explicado pela percepção dos alunos de que um objeto pode ter uma nova finalidade, sem passar por transformações em sua composição.

Após a construção dos protótipos, foram apresentadas imagens que poderiam ser visualizadas com o equipamento, com excelente qualidade, similares àquelas observadas em microscópio óptico convencional sob aumento de até 200x de um microscópio convencional, possibilitando a visualização de estruturas, muitas vezes com movimentos (Figura 4).

**Figura 4** – Imagens captadas pelo protótipo de microscópio durante o desenvolvimento das oficinas didáticas  
Legenda: (A) células de tecidos da folha de almeirão roxo; (B) células de escamas da cebola; (C) estrutura de tecido de algodão; (D) parte do corpo de uma lagarta viva; (E) região anterior de um pulgão; (F) apêndices articulados de mosca da fruta (*Drosophila melanogaster*).



Fonte: Elaborado pelas autoras

A visualização de materiais selecionados, como escamas de cebola, e outros coletados nas hortas cultivadas pelos alunos (incluindo folhas de manjericão, de almeirão roxo, e pequenos animais, como pulgões e larvas) possibilitou a observação de partes microscópicas antes desconhecidas e a contextualização dos assuntos apresentados em sala de aula com o cotidiano. Essas ações demonstram que a experiência pedagógica pode ser capaz de aproximar o ensino teórico e a realidade do aluno, o que, conforme descrito por Oliveira *et al.* (2016), também pode auxiliar na busca de soluções de problemas que o cerca. Além disso, o uso de metodologias ativas, como a utilizada no presente estudo, é uma opção

para despertar o interesse e ajudar na compreensão de assuntos contidos na literatura que podem ser pouco compreendidos pelos alunos (BRASIL, 2000).

Com relação às respostas obtidas dos questionários, foram consideradas palavras-chave relacionadas aos temas abordados, para definir se foram respondidos corretamente. A partir disso, foi possível observar que vários alunos, que não tinham mencionado no questionário prévio uma ou mais palavras-chave, acrescentaram essas palavras no questionário posterior à oficina (Tabela 1).

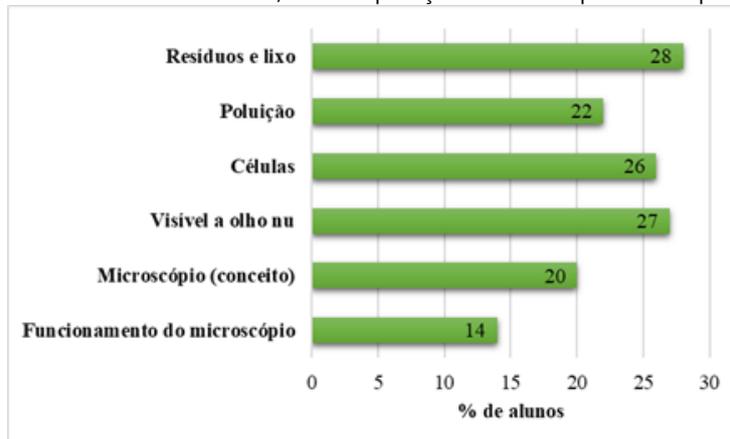
**Tabela 1** – Quantidade de alunos que responderam uma ou mais palavras-chave sobre os temas

Tema	Nº de alunos que responderam corretamente		Incremento
	Questionário prévio	Questionário pós-oficina	
Resíduos e lixo	62	97	35
Poluição	43	71	27
Células	44	77	33
Visível a olho nu	47	81	34
Microscópio (conceito)	83	108	25
Funcionamento do microscópio	21	38	17

Fonte: Elaborado pelas autoras

As porcentagens de acréscimo de alunos que mencionaram uma ou mais palavras-chave no questionário pós-oficina sobre cada tema, em comparação com as respostas do questionário prévio, estão demonstradas na Figura 5. A porcentagem foi calculada baseada no total de alunos (126).

**Figura 5** – Porcentagem de acréscimo de alunos que responderam corretamente o questionário pós-oficina com uma ou mais palavras-chave sobre os temas, em comparação com as respostas do questionário pré-oficina



Fonte: Elaborado pelas autoras

Os temas que tiveram maior acréscimo na quantidade de alunos foram referentes aos conceitos sobre resíduos e lixos (28%), células (26%) e o que é visível a olho nu (27%). Esses resultados podem indicar que a utilização do protótipo de microscópio contribuiu para processo de aprendizagem desses conceitos, relacionados, principalmente, com a parte experimental, incluindo a reutilização de resíduos eletroeletrônicos para a construção do equipamento. A melhora na aprendizagem também foi relatada por Silva *et al.* (2016) ao utilizarem um modelo didático como metodologia ativa de ensino, que facilitou a explicação de conceitos descritos como complexos e abstratos aos estudantes.

A contextualização teórica com o objetivo de facilitar o entendimento da atividade prática foi um fator essencial para o engajamento e interatividade intelectual dos estudantes. Essa observação está de acordo com Bassoli (2014), que relata que a realização de atividades práticas pode apresentar dificuldades quando há pouca familiaridade dos alunos com atividades dessa natureza durante o processo de escolarização. Diante disso, a exposição teórica foi importante para correlacionar a situação ambiental, demonstrando consequências de ações humanas e meios alternativos para um desenvolvimento sustentável, com a prática de construção de um objeto interativo com materiais disponíveis e que poderiam ser descartados. A correlação dos temas do cotidiano do aluno, assim como de sua rotina escolar, também foi essencial e só foi possível com a participação ativa dos docentes responsáveis.

Essa abordagem abrangendo temas interdisciplinares, como conscientização ambiental e prática para demonstração dos conceitos de ciências, demonstram que existe a possibilidade de interação de vários temas que possam motivar os alunos. A reutilização de materiais, principalmente os eletroeletrônicos, abordada neste projeto, contribui para a popularização dos conceitos de 5R's (Silva *et al.*, 2017) e, adicionalmente, alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visam a melhoria nas condições educacionais, para proporcionar um ensino de qualidade (ONUBR, 2018). Essas ações cooperam ainda com a preservação de ambientes aquáticos e terrestres, ao proporcionarem uma logística de reuso de materiais potencialmente poluidores. De fato, Sobrinho *et al.* (2019) alertam sobre os danos ambientais e de saúde humana gerados pelo descarte de materiais eletrônicos e destacam a importância do incentivo à educação ambiental, tanto para a prevenção ao consumo excessivo, quanto para a conscientização da

oportunidade econômica representada por essas ações, com a reciclagem e reutilização desses materiais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do protótipo foi uma ferramenta adequada para discutir temas sobre reutilização de resíduos eletroeletrônicos nos âmbitos educacional, econômico e ambiental com alunos do ensino fundamental. O protótipo possibilita a geração de imagens na tela de computadores e *notebooks*, que podem ser conectados a projetores ou televisores, permitindo visualização ampla, realização de atividades conjuntas e discussões em grupo.

A realização do projeto ajudou na utilização da ferramenta didática para aulas práticas nas escolas, com o objetivo de tornar o ensino mais dinâmico e atrativo aos alunos. Durante as reuniões iniciais com os professores, um protótipo foi montado e os docentes foram habilitados a construir seus próprios protótipos para que pudessem realizar oficinas semelhantes com outros alunos e outros professores.

Além disso, os alunos que participaram das oficinas são porta de entrada dos conceitos abordados nas atividades, podendo difundir para família e amigos, aumentando a rede de engajamento de sustentabilidade e consciência ambiental. Vale destacar também que o protótipo pode ser utilizado como modelo interdisciplinar, na disciplina de Biologia, abrangendo a área de citologia, ecologia, botânica, zoologia e educação ambiental, e de Física, em assuntos como óptica, além de outras áreas.

Algumas dificuldades, no entanto, foram encontradas no desenvolvimento do projeto. Durante a distribuição dos questionários, alguns alunos foram relutantes em responder, associando os materiais distribuídos com as avaliações realizadas em sala de aula. No entanto, após algumas abordagens individuais para reforçar o objetivo e desvincular a ideia de uma atividade avaliativa, eles aceitaram a proposta e fizeram a atividade. E, apesar dessa insatisfação demonstrada com o questionário prévio, percebeu-se o engajamento deles no decorrer das atividades.

Diante das observações feitas durante o desenvolvimento da oficina e dos resultados positivos verificados com a aplicação dos questionários, o protótipo educacional mostrou-se uma alternativa acessível ao estudo de Ciências para escolas carentes de recursos e pode contribuir no ensino à distância, com potencial para dinamizar as aulas,

despertar a curiosidade e o interesse dos alunos e auxiliar na obtenção e assimilação de conhecimentos, assim como conscientizar a respeito da reutilização de materiais. Dessa forma, foi possível, como proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), estimular um processo investigativo, que pode atuar na formação educacional, transformando a perspectiva que o aluno tem sobre o mundo que o cerca e desenvolvendo ações benéficas que melhorem a qualidade de vida socioambiental.

## REFERÊNCIAS

BASSOLI, Fernanda. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciências(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação. (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BHUTTA, M.Khurrum.S.; OMAR, Adnan.; YANG, Xiaozhe. Eletronic waste: a growing concern in today's environment. **Economics. Research. International.**, p. 1-8, 2011.

CELINSKI, T. M.; CELINSKI, V. G.; REZENDE, H. G.; FERREIRA, J. S. **Perspectiva para reuso e reciclagem do lixo eletrônico**. II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. **Anais [...]**. n 1, p. 1-4. Londrina, 2011. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-020.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

FORTI, Vanessa. *et al.* **The global E-waste monitor 2020: Quantities flows and the circular economy potential**. Bonn/ Geneva/ Rotterdam: **UNU/ UNITAR/ ITU/ ISWA**, 2020. ISBN: 978-92-808-9114-0.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica**: notas estatísticas. Brasília: INEP, 2017.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica**: notas estatísticas. Brasília: INEP, 2019.

LOCATELLI, A.; ROSA, C. T. W. Produtos educacionais: características da atuação docente retratada na I amostra gaúcha. **Revista Polyphonia**, v. 26, p. 197-210, 2015.

BRASIL - Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação é a base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2017.

BRASIL - Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Meio Ambiente. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1997a.

BRASIL - Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1997b.

BRASIL - Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2000.

BRASIL - Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2006.

OGBORN, Jon. Constructivist Metaphors of Learning Science. **Science & Education**, v. 6, p.131, 1997.

OLIVEIRA, Aryanny. Irene. Domingos *et al.* O uso da experimentação nas séries iniciais do ensino médio para abordagem de conteúdos químicos. **Ciclo Revista**, v. set., n. 1, p. 1-6, 2016.

ONUBR - Organização das Nações Unidas do Brasil. **Brasil produzia 1,4 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2014**. Brasil: ONU, 2014. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/brasil-produziu-14-milhao-de-toneladas-de-residuos-eletronicossem-2014-afirma-novo-relatorio-da-onu/>. Acesso em: junho de 2018.

ONUBR - Organização das Nações Unidas do Brasil. **Mundo produzirá 120 toneladas de lixo eletrônico**. Brasil: ONU, 2000. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-produzira-120-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-por-ano-ate-2050-diz-relatorio/>. Acesso em: março 2020

ONUBR - Organização das Nações Unidas do Brasil. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. Brasil: ONU, 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: junho de 2018.

PIAGET, Jean; INHELDER, Barbel. **A psicologia da criança**. 10 ed., Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1989.

PINTO, D. O. **Interdisciplinaridade na Educação: O impacto e importância de adotar**. Blog Lyceum, 2019. Disponível em: <https://blog.lyceum.com.br/interdisciplinaridade-na-educacao/>. Acesso em: 10 jan. 2021.

PERRUZI, Sarah Luchese; FOFONKA, Luciana. A importância da aula prática para a construção significativa do conhecimento: a visão dos professores das ciências da natureza. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 19, n. 74. 2021.

SILVA, A. A.; SILVA, R. T. F; FREITAS, S. R. S. Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino da anatomia celular. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 3, p. 17-25, 2016.

SOBRINHO, Clodoaldo. Ivan. Fávero. et al. Resíduos eletroeletrônicos: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 4, n. 7, p. 3-5, 2019.

TANAUE, Ana Claudia Borlina et al. Lixo Eletrônico: agravos a saúde e ao meio ambiente. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 19, n. 3, p. 130-134, 2015.

TELES, N.; FONSECA, M. J. A importância do microscópio óptico na revolução científica: das práticas à representação museológica. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 20, p. 126-140, 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/44792>. Acesso em: 21 jun. 2020.

ZANOVELLO, R.; HORBACH, R. K.; LIMA, F. O.; SIQUEIRA, A. B. Reforçando práticas pedagógicas experimentais a partir da revitalização de um laboratório de ciências. **Revista Contexto & Educação**. v. 29, n. 94, p. 57-79, 2014

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Idealização: I.M.; G.S.S.; J.G.B.C.; C.S.S.; L.C.F.; C.Y.K.I. Contextualização: I.M.M.; G.S.S.; J.G.B.C.; C.S.S.; L.C.F.; S.R.; C.Y.K.I. Metodologia: I.M.M.; G.S.S.; J.G.B.C.; C.S.S.; L.C.F.; A.G.S.; M.R.C.V.; M.A.C.O.C.; C.A.P.; L.D.P.L.; C.Y.K.I. Software: I.M.M.; S.R.; M.R.C.V. Análise: I.M.M.; S.R.; M.R.C.V. Interpretação dos dados: S.R.; A.G.S.; M.R.C.V.; C.Y.K.I. Recursos: I.M.M.; G.S.S.; C.S.S.; L.C.F.; M.A.C.O.C.; C.Y.K.I. Escrita – preparação original: I.M.M.; G.S.S.; C.S.S.; J.G.B.C.; L.C.F.; A.G.S.; M.R.C.V.; M.A.C.O.C.; C.Y.K.I. Escrita – revisão e edição: I.M.M.; G.S.S.; C.S.S.; J.G.B.C.; S.R.; A.G.S.; M.R.C.V.; L.D.P.L.; C.Y.K.I. Supervisão: C.A.P.; C.Y.K.I. Administração do projeto: I.M.M.; C.Y.K.I. Todos os autores leram e concordam com a versão publicada do manuscrito.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos alunos que se disponibilizaram a participar do estudo. Agradecemos a participação dos docentes responsáveis pelas turmas, que nos inspiraram com suas histórias e vivências no ensino fundamental.

Recebido em: 30/01/2021 Aceito em: 26/04/2021

