

844 - PRODUÇÃO DE ARTEFATOS ARTÍSTICOS E SISTEMAS ROBÓTICAS POR MEIO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS.

Rejane de Barros Araujo⁽¹⁾

Engenheira Eletricista (UFPA). Mestre em Engenharia Elétrica (UFPA). Doutora em Engenharia de Automação e Sistemas (UFSC). Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) Campus Belém. Coordenadora do Grupo de Estudos em Robótica Aplicada e Educacional (GERAE) do IFPA. Membro do Grupo de Pesquisa em Controle e Automação de Sistemas.

Vanessa Souza Alvares de Mello⁽²⁾

Engenheira Sanitarista (UFPA). Especialista em Gestão de Saneamento em Áreas Urbanas (UFPA). Mestre em Engenharia Civil (UFPA). Doutoranda em Desenvolvimento Rural e Sistemas Agroalimentares (IFPA). Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) Campus Belém. Membro do Grupo de Estudos em Robótica Aplicada e Educacional (GERAE) do IFPA. Membro do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Biologia e Ensino de Ciências (IFPA). Diretora da ABES Seção Pará.

Ana Beatriz da Silva Machado⁽³⁾

Discente do curso Técnico em Eletrônica Subsequente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil.

Evelin Saemi Monteiro Yoshida⁽⁴⁾

Discente do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

Letícia Gonçalves Soares⁽⁵⁾

Discente do Curso Técnico Integrado em Desenvolvimento de Sistemas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

Endereço⁽¹⁾: Travessa Pirajá, 520, apto 2024 A leste – Pedreira – Belém – Pará – 66.083-513 – Brasil - Tel: +55 (91) 98386-4035 - e-mail: rejane.barros@ifpa.edu.br.

RESUMO

A crescente geração de resíduos eletrônicos e seu descarte inadequado representam um sério problema ambiental contemporâneo. O presente artigo descreve o desenvolvimento e os resultados do projeto de extensão intitulado EARTH (*Electronic Art and Recycling for a Thriving Habitat*), implementado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Belém. O projeto teve como objetivo principal desenvolver a consciência ambiental dos alunos e da comunidade acadêmica do IFPA Campus Belém, por meio do aproveitamento dos resíduos eletrônicos para a produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos sustentáveis, e dentre os específicos promover a educação ambiental por meio de ações interativas, com a realização de palestras e oficinas para alunos de escolas públicas, municipais e estaduais, e privadas. A metodologia empregada envolveu revisão bibliográfica, seleção de participantes, coleta e reaproveitamento de resíduos, bem como visitas a escolas públicas e privadas. As atividades foram organizadas em quatro etapas: planejamento, execução, monitoramento e avaliação, e compartilhamento dos resultados. Os resultados do projeto demonstraram um impacto positivo e significativo no cotidiano dos alunos e professores das escolas beneficiadas, bem como no processo de ensino-aprendizagem dos acadêmicos do IFPA envolvidos como voluntários. Os alunos desenvolveram habilidades e competências importantes para suas trajetórias acadêmicas, incluindo a produção de artigos e relatórios técnicos, a criação de protótipos em 3D e a aplicação prática dos conceitos de economia circular e sustentabilidade. A avaliação do projeto, realizada por meio de questionários estruturados e observação direta, evidenciou a ampliação do conhecimento dos participantes sobre a temática dos resíduos eletrônicos, seu reaproveitamento e os impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado. O projeto impactou mais de 200 alunos e promoveu o protagonismo juvenil, o letramento digital e a educação ambiental, alinhando-se à Política Nacional de Educação Digital (Lei nº 14.533/2023). Conclui-se que o projeto EARTH contribuiu significativamente para a formação cidadã, o desenvolvimento de competências técnicas e a conscientização ecológica, influenciando positivamente a comunidade acadêmica e as instituições escolares envolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos eletrônicos, robótica sustentável, educação ambiental, economia circular, extensão escolar.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é a crescente produção de resíduos e seu despejo incorreto no meio ambiente, acarretando efeitos negativos na saúde da população e na preservação do meio ambiente. Entre os materiais que são descartados estão os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), também conhecidos como resíduos eletrônicos, lixo eletrônico ou e-lixo (Serafim; Maia, 2013). Reciclar os resíduos eletrônicos é essencial para minimizar seu impacto negativo no meio ambiente e na saúde pública. A reciclagem adequada desses dispositivos permite a recuperação de metais valiosos, como ouro, prata e cobre, reduzindo a necessidade de mineração desses recursos. Além disso, ajuda a preservar ecossistemas naturais (Alves, 2023).

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os resíduos eletrônicos, os processos de tratamento desse tipo de lixo têm dois objetivos: remover os elementos perigosos (como metais que contaminam o meio ambiente), e retirar o máximo possível de materiais para reciclagem (PNUMA, 2016). Ao longo de 2023, o PNUMA ajudou países a reduzir o desperdício, o qual, com o apoio do *Global Environment Facility* (GEF), em português Fundo Global para o Meio Ambiente, liderou projetos em todo o mundo para remoção de resíduos perigosos, resultando no descarte adequado de 216 toneladas de resíduos eletrônicos na Nigéria (PNUMA, 2023).

Para efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, os resíduos são complexos e diversos e são classificados quanto à origem e à periculosidade (Brasil, 2010). Sabe-se que qualquer política de tratamento de resíduos sólidos, eletrônicos ou não, deve levar em conta a conscientização e apropriação dos atores sociais da localidade para a importância da disposição adequada desses materiais, assim como da possibilidade de reaproveitamento destes.

Outro importante fator a destacar é em relação a economia circular, a qual nela os fluxos de materiais são contínuos e os resíduos são transformados em matéria-prima; o sistema é regenerativo, ou seja, nada se perde e tudo se transforma, como na natureza. Compartilhar, conservar e reutilizar são conceitos importantes na economia circular, ou seja, o que se extrai do meio ambiente volta naturalmente ao final do ciclo, sendo regenerado e reutilizado (Campello, 2020).

Contudo, observa-se que o aproveitamento dos resíduos eletrônicos para a produção de sistemas robóticos, é uma tendência mundial, pois essa prática, além de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente e os danos à saúde pública, ela também impacta no fortalecimento da educação tecnológica. Segundo Albuquerque (2023) em palestra realizada no 20º Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas, “os resíduos eletrônicos podem ser reaproveitados como matéria-prima para a confecção de robôs, por exemplo, além de auxiliar no processo de educação tecnológica e trazer impactos econômicos, ambientais e sociais para escolas e comunidades”.

Diversos projetos de pesquisa, extensão, ensino e inovação vêm sendo desenvolvidos por instituições de ensino com o objetivo de desenvolver a consciência ambiental e o fortalecimento da educação tecnológica de seus alunos, professores e toda a comunidade acadêmica. Esses projetos não envolvem somente os alunos e professores, mas também os pais, familiares e a comunidade local, pois estes acabam participando, direta ou indiretamente, das ações promovidas pelas instituições de ensino, sendo também impactados pelos projetos (Obana et al., 2021; Araujo et al., 2023).

Esse movimento das instituições de ensino no Brasil, de reaproveitar os resíduos eletrônicos, como insumos a serem utilizados na robótica e na educação tecnológica, atende a Lei nº 14.533 de 11 de janeiro de 2023, que institui a Política Nacional de Educação Digital (PNED) e altera as demais as Leis nº 9.448, 10.260 e 10.753, o qual em seu art. 7, parágrafo 11, estabelece que: “A educação digital, com foco no letramento digital e no ensino de computação, programação, robótica e outras competências digitais, será componente curricular do ensino fundamental e do ensino médio”. Ressalta-se no parágrafo único do mesmo artigo que, para efeitos do disposto no inciso XII do caput deste artigo, “as relações entre o ensino e a aprendizagem digital deverão prever técnicas, ferramentas e recursos digitais que fortaleçam os papéis de docência e aprendizagem do professor e do aluno, e que criem espaços coletivos de mútuo desenvolvimento” (Brasil, 2023). Considerando a política institucional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), este projeto contribuiu com os objetivos do Plano de Logística Sustentável 2019-2023, sendo: sensibilizar e capacitar a comunidade do IFPA a adotar práticas de racionalização no uso de recursos naturais e bens públicos, e contribuir para melhoria da qualidade de vida no ambiente de trabalho e da sociedade como um todo (IFPA, 2018).

O IFPA Campus Belém, a alguns anos, já vem trabalhando a questão dos resíduos eletrônicos por meio de projetos de pesquisa e extensão, conscientizando alunos e professores quanto a essa questão, com produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos. A exemplo de projeto de extensão, tem-se o projeto “Reaproveitamento de material eletroeletrônico promovendo a estruturação e utilização do laboratório de protótipos”, onde neste projeto é realizada a seleção dos resíduos eletrônicos, produção de artefatos artísticos e visitas em escolas para palestras e oficinas, com o intuito de conscientizar sobre a questão do resíduo eletrônico. Na área da robótica, o IFPA Campus Belém tem-se o Grupo de Estudos em Robótica Aplicada e Educacional (GERAE), que trabalha com o reaproveitamento dos resíduos eletrônicos para a produção de sistemas robóticos e a robótica educacional, desenvolvendo projetos de pesquisa e extensão, abordando os fundamentos da robótica, da educação tecnológica e da sustentabilidade.

A relevância deste trabalho, fruto do Projeto de Extensão denominado de EARTH (*Electronic Art and Recycling for a Thriving Habitat*), desenvolvido no IFPA Campus Belém, se dá também pela contribuição aos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis (tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis), ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis) e ODS 17 - Parcerias e meios de implementação (fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável). Para tanto, o projeto EARTH visou sensibilizar os alunos e a comunidade acadêmica no desenvolvimento de uma consciência ambiental, por meio do aproveitamento dos resíduos eletrônicos, e ainda para serem utilizados como insumos para a produção de artefatos artísticos, sistemas robóticos e outros.

OBJETIVOS

Desenvolver a consciência ambiental dos alunos e da comunidade acadêmica do IFPA Campus Belém, por meio do aproveitamento dos resíduos eletrônicos para a produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos sustentáveis. Adicionalmente, promover a educação ambiental por meio de ações interativas, com a realização de palestras e oficinas para alunos de escolas públicas, municipais e estaduais, e privadas.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada foi baseada na revisão bibliográfica de livros e artigos científicos, além da análise de vídeos que abordasse a temática, que exemplificasse a reutilização do resíduo eletrônico e as diversas áreas que utilizam o conceito de economia circular. O projeto EARTH iniciou com as etapas de seleção dos alunos dos cursos técnicos médio integrados, organização e elaboração de materiais didáticos que foram utilizados, definição da metodologia de levantamento, coleta e seleção dos resíduos eletrônicos, além de agendamento de reuniões periódicas com a equipe envolvida no projeto de extensão. As atividades e execução do projeto de extensão foram divididas em quatro etapas metodológicas, a saber.

1) Etapa de planejamento: Na primeira etapa foi realizada uma reunião com a equipe multidisciplinar do projeto, a qual incluiu os bolsistas e as professoras coordenadoras, com o objetivo de promover o alinhamento dos objetivos, a definição das responsabilidades de cada membro da equipe e o estabelecimento de um cronograma de execução das atividades subsequentes. Em seguida, ocorreu à elaboração e organização de materiais didáticos, direcionados especificamente aos alunos beneficiados pelo projeto, com o intuito de otimizar o processo de ensino-aprendizagem, abordando os temas centrais do projeto de forma clara, concisa e objetiva, e elaboração de um planejamento para o levantamento, a coleta e a seleção dos resíduos eletrônicos a serem utilizados no decorrer do projeto.

2) Etapa de execução: Já na segunda etapa da pesquisa, procedeu-se à divulgação do projeto e à seleção de trinta alunos do ensino médio integrado aos cursos técnicos do IFPA Campus Belém, seguida da realização de capacitação, abordando de forma abrangente as questões ambientais, a problemática dos resíduos eletrônicos e as potencialidades de seu reaproveitamento, bem como os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses materiais. Concomitantemente, foi organizada e executada uma campanha de coleta de resíduos eletrônicos, contando com a parceria de instituições como a Polícia Rodoviária Federal (PRF), seguida da seleção dos resíduos, visando identificar os materiais adequados para as atividades do projeto. Os alunos beneficiados foram então divididos em seis equipes distintas, com o objetivo de promover a colaboração e a produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos sustentáveis, explorando diferentes abordagens e soluções criativas. Foram selecionadas quatro escolas, tanto públicas quanto privadas, por meio de um convite público e



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



do preenchimento de um formulário de interesse por parte das instituições, que foram visitadas com o propósito de ministrar palestras informativas e promover a conscientização sobre a importância do reaproveitamento de resíduos eletrônicos, tanto aos alunos quanto aos professores, buscando engajar toda a comunidade escolar na temática do projeto.

3) Etapa de monitoramento, avaliação e apresentação de resultados: Na terceira etapa da pesquisa foram realizadas novas visitas às quatro escolas públicas e privadas, com o propósito de realizar a divulgação abrangente dos artefatos artísticos e sistemas robóticos criados no âmbito do projeto EARTH, apresentando exemplos concretos das possibilidades de reaproveitamento de resíduos eletrônicos, assim como para realização de oficinas práticas como: programação plugada e desplugada; programação em Arduino; prototipagem e artefatos artísticos, direcionadas aos alunos, com o objetivo de capacitá-los e motivá-los a implementar iniciativas de reaproveitamento de resíduos eletrônicos em seus próprios contextos educacionais.

4) Etapa de compartilhamento/Realimentação: concomitantemente a todas as etapas supracitadas: Esta etapa se caracterizou por um processo contínuo e transversal, com a realização das seguintes atividades: (1) estudo sistemático e contínuo das metodologias empregadas em cada etapa do projeto, visando garantir a reproduzibilidade da pesquisa e a identificação de boas prática; (2) análise e proposição de melhorias contínuas, com o objetivo de identificar oportunidades de aprimoramento e propor ajustes para as etapas subsequentes do projeto permitindo a otimização dos processos e a maximização dos resultados; (3) avaliação contínua da equipe envolvida, visando identificar as necessidades de capacitação, promover o trabalho colaborativo e garantir o engajamento de todos; (4) documentação dos materiais e métodos utilizados, bem como das experiências e resultados alcançados ao longo do projeto, com o objetivo principal a produção de artigos científicos e outros produtos de divulgação científica, contribuindo para a disseminação do conhecimento gerado pela pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do projeto EARTH demonstraram significância e impacto positivo no cotidiano dos discentes e docentes das instituições de ensino contempladas. O projeto influenciou o processo de ensino-aprendizagem dos acadêmicos voluntários do IFPA - Campus Belém, os quais vivenciaram etapas de formação, tutoria, desenvolvimento de artefatos artísticos e sistemas robóticos, bem como a produção de artigos e relatórios técnicos. Essas atividades proporcionaram o desenvolvimento de habilidades e competências consideradas relevantes para a trajetória profissional dos discentes. As fases iniciais do projeto compreenderam a capacitação de 12 discentes bolsistas, designados como tutores dos alunos beneficiados, por meio de uma oficina de metodologia científica. Concomitantemente, realizou-se a divulgação do projeto no IFPA Campus Belém, com o intuito de convidar os alunos do ensino técnico integrado ao ensino médio dos cursos de Saneamento, Eletrônica, Edificações, Desenvolvimento de Sistemas e Design de Interiores a participarem do projeto de extensão EARTH. A Figura 1 ilustra os materiais de divulgação da oficina de metodologia científica e do convite aos discentes, respectivamente.



Figura 1: Materiais de divulgação do Projeto de Extensão EARTH.

Fonte: Autores (2024).

Um dos resultados relevantes do projeto consistiu na elaboração e apresentação de seminários pelos discentes bolsistas (tutores) e pelos alunos beneficiados, com a produção de materiais informativos acerca dos resíduos eletrônicos, seu potencial de reaproveitamento e os impactos ambientais decorrentes de seu descarte inadequado. Essa atividade promoveu, entre os participantes, a internalização da consciência ambiental e o desenvolvimento de uma perspectiva inovadora no tratamento das questões ambientais, com ênfase na problemática dos resíduos eletrônicos.

Desta forma, observou-se a sensibilização para a aplicação prática dos princípios da economia circular entre os discentes bolsistas e os alunos beneficiados pelo projeto. Os seminários apresentados contemplaram as seguintes temáticas: i) Robótica Educacional; ii) Logística Reversa; iii) Educação Ambiental aplicada aos Resíduos Eletrônicos; iv) Resíduos Eletrônicos, arte e reutilização de materiais; v) Economia Circular; vi) Resíduos Eletrônicos: tipologia, classificação, impactos e legislação pertinente. A Figura 2 ilustra os registros fotográficos representativos dos seminários realizados.



Figura 2: Registro fotográfico dos seminários temáticos.
Fonte: Autores (2024).

Os alunos beneficiados pelo projeto participaram de oficinas de formação em prototipagem, ministradas pelos alunos bolsistas, com o objetivo de capacitá-los na produção de modelos tridimensionais (3D) para a ideação e análise de produtos finais. Esta etapa formativa teve como propósito introduzir os alunos aos princípios do design e da prototipagem, consideradas como habilidades fundamentais para o desenvolvimento de soluções inovadoras e para a materialização de conceitos abstratos em objetos tangíveis.

Adicionalmente, os alunos envolvidos no projeto desenvolveram modelos 3D dos artefatos artísticos e sistemas robóticos sustentáveis, que seriam posteriormente produzidos na prática, utilizando software de simulação especializado. A utilização de ferramentas de modelagem 3D permitiu aos alunos visualizar e refinar seus projetos antes da fase de construção física, otimizando o processo de desenvolvimento e reduzindo o desperdício de materiais.



33º CONGRESSO DA ABES
Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



A Figura 3 apresenta exemplos de protótipos modelados em 3D e desenhos elaborados pelos alunos, ilustrando a diversidade de ideias e a criatividade explorada no âmbito do projeto.

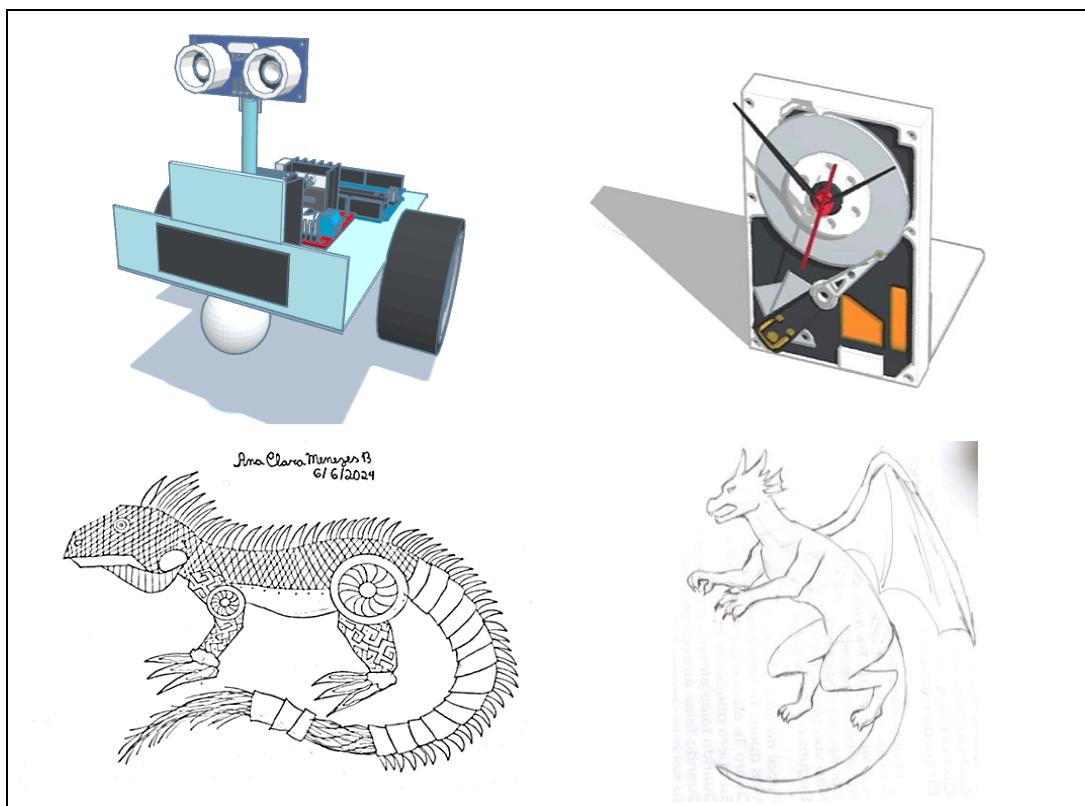


Figura 3: Protótipos modelados em 3D e desenhados.

Fonte: Autores (2024).

Após a modelagem 3D e planejamento para a produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos, os alunos fizeram a coleta e seleção desses resíduos eletrônicos para a produção dos artefatos artísticos e sistemas robóticos, idealizados na etapa anterior. Nas Figuras 4 e 5 tem-se alguns registros dos artefatos produzidos.

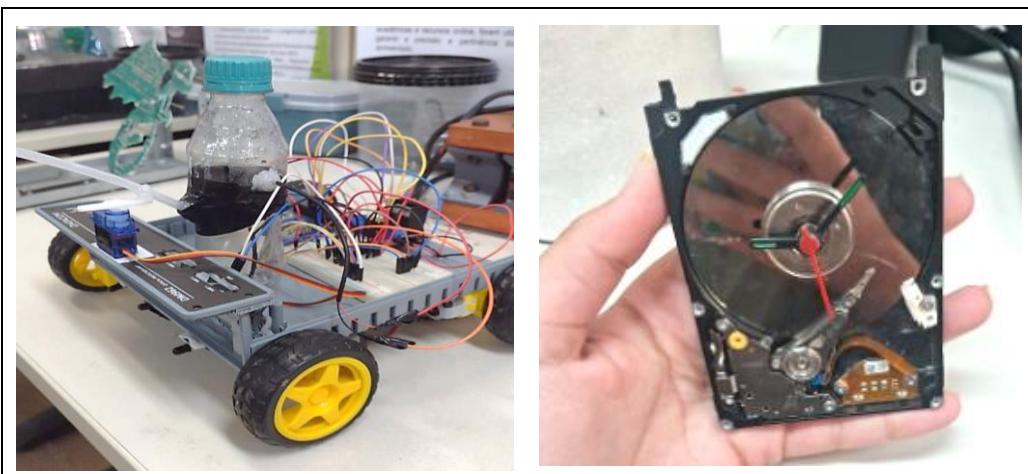


Figura 4: Artefatos artísticos e sistemas robóticos produzidos a partir dos resíduos eletrônicos

Fonte: Autores (2024).



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental

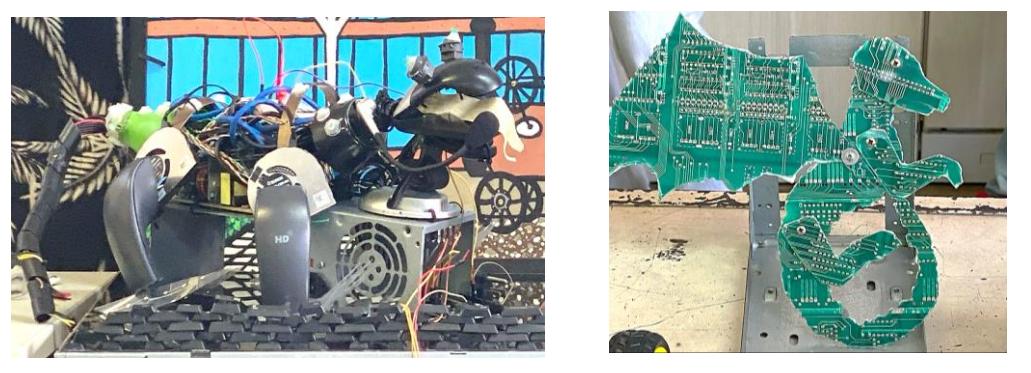


Figura 5: Artefatos artísticos e sistemas robóticos produzidos a partir dos resíduos eletrônicos.

Fonte: Autores (2024).

Após a conclusão das etapas do projeto e a construção dos artefatos artísticos e sistemas robóticos foram selecionadas quatro escolas públicas e privadas de ensino fundamental e médio, para aplicação de palestras e oficinas, mostrando a importância e como reaproveitar o resíduo eletrônico. As escolas beneficiadas pelo projetos foram o Colégio Unamea, Colégio Physics, EEEFM Manoel de Jesus Moraes e EEEFM Pedro II.

Portanto, constatou-se, por meio de questionários de avaliação, que o projeto impactou de forma social e educacional os alunos das escolas públicas e privadas, assim como os alunos beneficiados e bolsistas do IFPA Campus Belém e toda a comunidade acadêmica envolvida nesse processo. No âmbito social, econômico e ambiental, o projeto começou a implantar a cultura do reaproveitamento, o cuidado com o meio ambiente, abordando questões econômicas, ambientais e sociais que o descarte do resíduo eletrônico pode trazer, assim como os benefícios do seu reaproveitamento. Nas Figura 6 e 7, observa-se alguns registros fotográficos das palestras e oficinas nas escolas visitadas, respectivamente.



Figura 6: Registro fotográfico das palestras realizadas nas escolas beneficiadas pelo projeto.

Fonte: Autores (2024).



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



Figura 7: Registro fotográfico das oficinas nas escolas beneficiadas pelo projeto.
Fonte: Autores (2024).

Vale ressaltar que, como impacto educacional, o projeto iniciou o processo de educação dos(as) alunos(as) envolvidos na questão do descarte consciente, na cultura do reaproveitamento, no aprendizado do que é a economia circular e no aprofundamento da eletrônica por meio da construção de sistemas robóticos sustentáveis. O projeto de extensão também conseguiu sensibilizar a Polícia Rodoviária Federal (PRF), para a doação de resíduos eletrônicos inservíveis à serem utilizados como insumo no projeto. Ressalta-se também que todas as etapas do projeto foram certificadas e que foi realizada um momento de culminância em cada escola beneficiada pelo projeto e também foi realizado um momento de culminância com a equipe do IFPA Campus Belém, conforme observa-se na Figura 7.



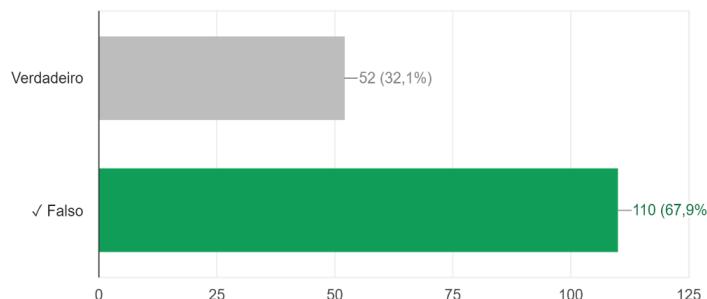
Figura 7: Culminância do projeto reunindo alunos tutores, tutorados e professoras envolvidas no projeto.
Fonte: Autores (2024).

Para a avaliação dos resultados sociais, econômicos e ambientais, foram aplicados dois questionários (Apêndices A e B), elaborados pelos alunos bolsistas do projeto, somando-se a observação direta na realização de cada etapa, o qual por meio da aplicação dos questionários sobre o conhecimento e interesse em reciclagem de resíduos eletrônicos, robótica sustentável, artefatos artísticos e meio ambiente, foi observado uma compreensão da grande maioria. As perguntas foram aplicadas a todos os alunos beneficiados pelo projeto nas turmas das quatro escolas selecionadas.

Para que fosse observado o nível de conhecimento, o questionário foi elaborado quase que em totalidade com perguntas de múltipla escolha e de fácil compreensão, adaptada ainda aos alunos de inclusão. Destacando as perguntas mais relevantes para o entendimento dos resultados alcançados, dados sobre o conceito de resíduos eletrônicos mostram que 67,9% dos alunos sabem seu significado; 74,7% entenderam que o aumento desses resíduos está ligado a obsolescência programada e 87% entendem que o descarte de resíduos eletrônicos contamina o ar, solo e água, já 71,4% não entenderam que a robótica sustentável é uma forma de reaproveitar os resíduos eletrônicos e não utilizar novos componentes eletrônicos. Após a realização das etapas do Projeto pode-se observar os impactos positivos identificado na análise comparativa dos resultados dos dois questionários aplicados aos alunos das escolas.

No Questionário 1, tem-se a quantidade de respostas por colégio. A EEEFM com 61,3% das respostas (aproximadamente 100 respostas), o Colégio Unamea com 21,5% das respostas (aproximadamente 35 respostas) e por último, o Colégio Physics com uma contribuição de 17,2% (cerca de 28 respostas). Ao analisar a distribuição de respostas por turmas, percebe-se um padrão em uma única categoria, a exemplo do oitavo ano que teve a maior participação, com 45,5% das respostas (81 respostas), enquanto o nono ano registrou a menor contribuição, com apenas 14,1% (23 respostas). As séries intermediárias, como o sétimo ano (28,2% ou 46 respostas), tiveram uma participação razoável, enquanto o sexto no representou 17,2% (28 respostas) uma quantidade próxima do nono ano. Com base nesses dados percebe-se um maior envolvimento dos alunos do oitavo ano, bem como a quantidade de alunos juntando as três instituições. O questionário aplicado aos alunos continha 10 questões de múltiplas escolhas, com base nos gráficos da Figuras 8, os alunos mostraram ter um certo conhecimento a respeito de resíduos eletrônicos, considerando a quantidade de respostas certas.

1. Resíduos eletrônicos são dispositivos eletrônicos descartados que não podem ser reciclados.
 110 / 162 respostas corretas



2. O aumento dos resíduos eletrônicos está relacionado ao rápido avanço tecnológico e à obsolescência programada.
 121 / 162 respostas corretas

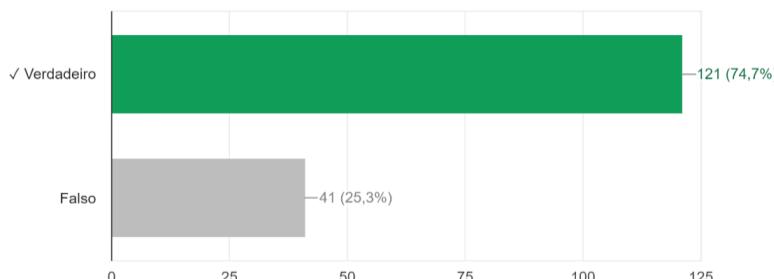
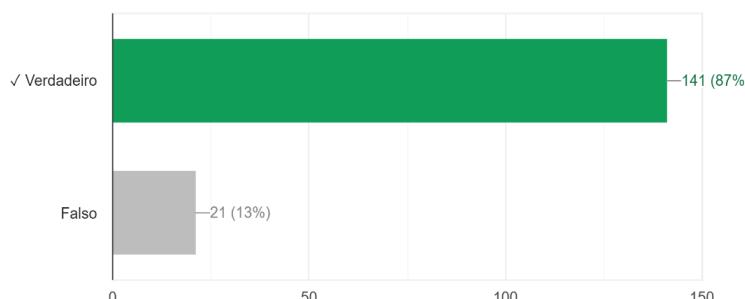


Figura 8: Respostas 1 e 2 do questionário 1.
 Fonte: Autores (2024).

Nos gráficos da Figura 9, as questões 3 e 4 que abordam sobre descarte de resíduos eletrônicos teve uma alta taxa de acertos, demonstrando que os alunos compreendem o conceito explicado durante a palestra.

3. O descarte incorreto de resíduos eletrônicos pode contaminar o solo, a água e o ar.

141 / 162 respostas corretas



4. Baterias e pilhas são classificadas como resíduos eletrônicos.

148 / 161 respostas corretas

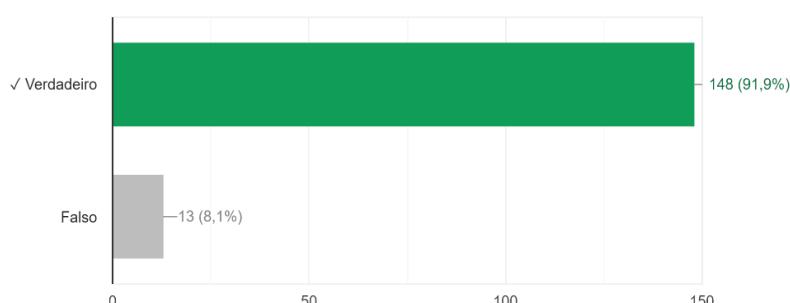


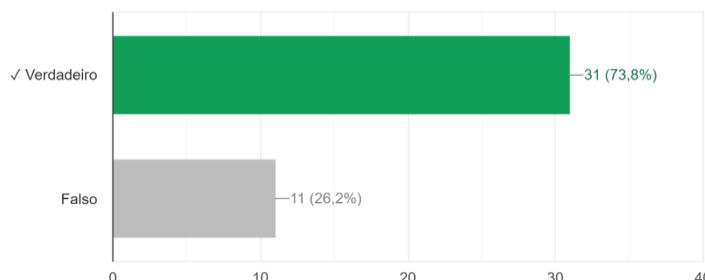
Figura 9: Respostas 3 e 4 do questionário 1.

Fonte: Autores (2024).

Por fim, na Figura 10 tem-se as respostas das questões de 5 a 10 que tratam sobre sustentabilidade e o uso dos resíduos eletrônicos para a criação de artefatos artísticos e outros, tiveram uma taxa de acertos alta, exceto a questão 6, demonstrando que os alunos tiveram dificuldade na compreensão da robótica sustentável como alternativa para reutilização de componentes eletrônicos e não como um incentivo para o uso de novos componentes. Considerando os gráficos das questões 6 e 7, onde aborda-se sobre a sustentabilidade, a quantidade de acertos por parte dos alunos demonstra que os alunos tiveram um bom entendimento sobre o tema, mesmo com os erros, o resultado se manteve satisfatórios.

5. Artistas têm encontrado maneiras de utilizar peças de resíduos eletrônicos, como placas de circuito e cabos, para criar esculturas, instalações...letem sobre o impacto da tecnologia na sociedade.

31 / 42 respostas corretas



(Continua)



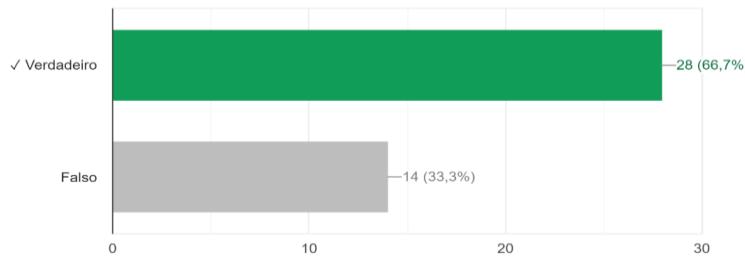
33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

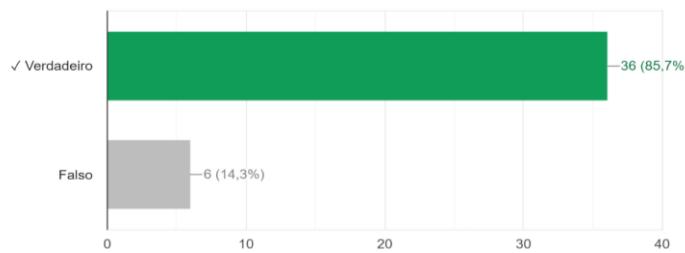
FITABES 2025
Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



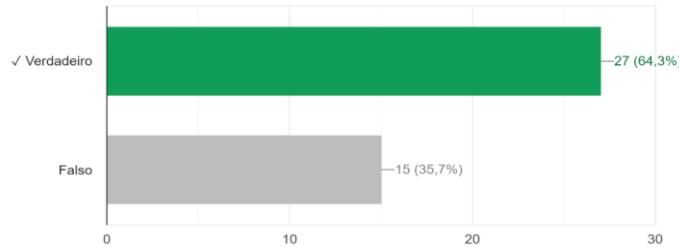
6. Na robótica sustentável, a reutilização de componentes eletrônicos descartados é incentivada para construir robôs funcionais, utilizando peças ...e sensores, em vez de adquirir novos componentes.
28 / 42 respostas corretas



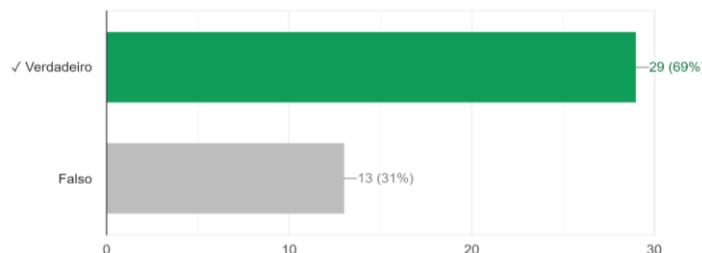
7. Motores de impressoras antigas ou brinquedos descartados podem ser reaproveitados na construção de robôs móveis, permitindo que esses ...nham uma nova utilidade em projetos robóticos.
36 / 42 respostas corretas



8. Robôs artísticos, criados a partir de componentes eletrônicos reciclados, são programados para realizar movimentos criativos, como desenhar ou pi...lógicos em ferramentas de expressão artística.
27 / 42 respostas corretas



9. Obras de arte cinética, feitas com resíduos eletrônicos reaproveitados, incluem elementos que se movem ou reagem a estímulos externos, como luz o...do motores e sensores que foram descartados.
29 / 42 respostas corretas



10. A reutilização de componentes de resíduos eletrônicos na arte e na robótica não apenas promove soluções inovadoras, mas também contribui ...sado pelo descarte incorreto de tecnologia.
25 / 42 respostas corretas

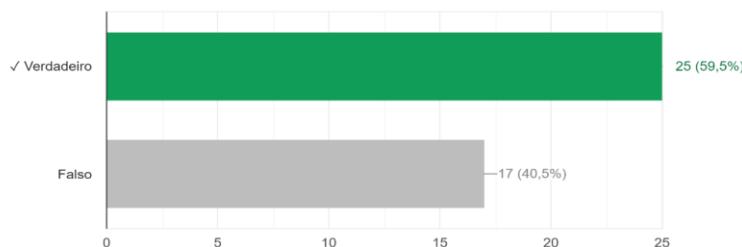


Figura 10: Respostas de 5 a 10 do questionário 1.
Fonte: Autores (2024).

Para o questionário 2, a análise dos dados coletados com 42 respostas, revela importantes questões sobre a distribuição dos alunos e o nível de conhecimento sobre questões ambientais. Observa-se que todas as respostas foram provenientes da EEEFM Dom Pedro II, representando 100% da participação, sem diversidade de outras instituições. Em relação a série escolar, a maioria dos alunos pertence ao 8º ano (59,5%), seguido pelo 7º ano (40,5%), sem registro de participação de alunos do 6º e 9º anos.

Quanto ao conteúdo do questionário, a questão 1 (Figura 11), que aborda resíduos eletrônicos, teve uma grande quantidade de respostas incorretas, evidenciando que grande parte dos alunos não compreenderam corretamente o conceito de resíduos eletrônicos e seus impactos. Já na questão 2 (Figura 12), relacionada ao impacto da obsolescência programada e do avanço tecnológico no meio ambiente, mostra que a maior parte compreendeu corretamente o conceito, mas ainda há uma parcela significativa que demonstra dificuldades com o tema.

1. Os resíduos eletrônicos, também conhecidos como e-lixo, referem-se a todos os dispositivos eletrônicos descartados que não podem ser reaproveitados/reciclados, representando uma ameaça ambiental.
 10 / 42 respostas corretas

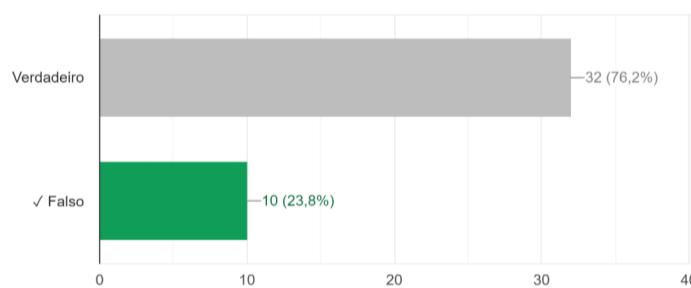


Figura 11: Respostas 1 do questionário 2.
 Fonte: Autores (2024).

2. O rápido avanço tecnológico, juntamente com a prática de obsolescência programada, tem contribuído significativamente para o aumento do...s no mundo, agravando os problemas ambientais.
 26 / 42 respostas corretas

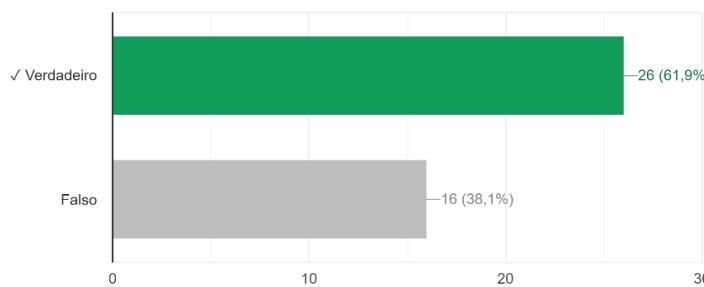


Figura 12: Respostas 2 do questionário 2
 Fonte: Autores (2024).

Em relação questões 3 e 4 (Figura 13) que abordam a respeito dos diversos tipos de resíduos eletrônicos e sobre o descarte deles, respectivamente, observa-se uma porcentagem significativa de erro, mostrando uma dificuldade no entendimento desse tema. Contudo, a questão 5 (Figura 14) que fala sobre arte com resíduos eletrônicos obteve uma quantidade de acertos por parte dos alunos presentes mostrando que os alunos entendem a capacidade de se utilizar resíduos eletrônicos como forma de arte.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

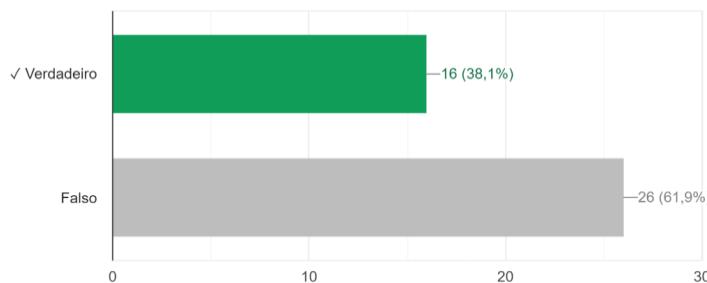
FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



3. Entre os principais tipos de resíduos eletrônicos estão baterias e pilhas, que são classificadas junto com outros dispositivos como computadores, celulares e eletrodomésticos.

16 / 42 respostas corretas



4. Se os resíduos eletrônicos não forem descartados corretamente, eles não representam risco ao meio ambiente, pois os materiais se decompõem de forma segura com o tempo.

11 / 42 respostas corretas

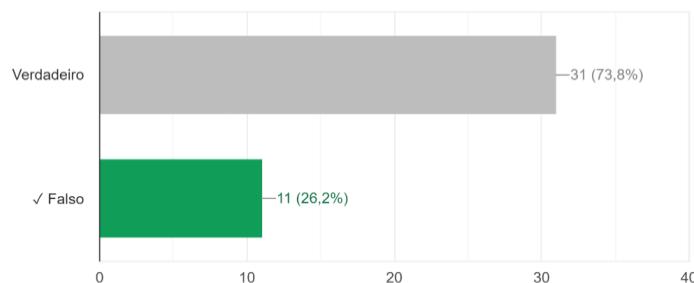


Figura 13: Respostas 3 e 4 do questionário 2.

Fonte: Autores (2024).

5. Artistas têm encontrado maneiras de utilizar peças de resíduos eletrônicos, como placas de circuito e cabos, para criar esculturas, instalações...letêm sobre o impacto da tecnologia na sociedade.

31 / 42 respostas corretas

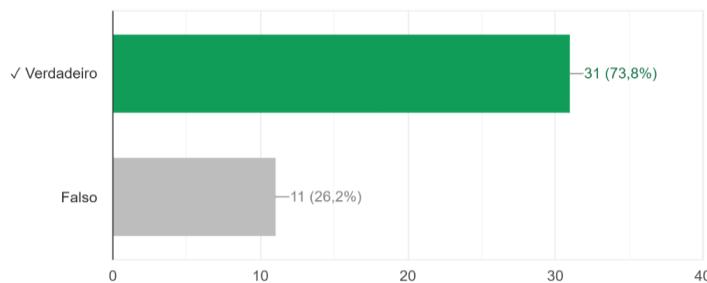


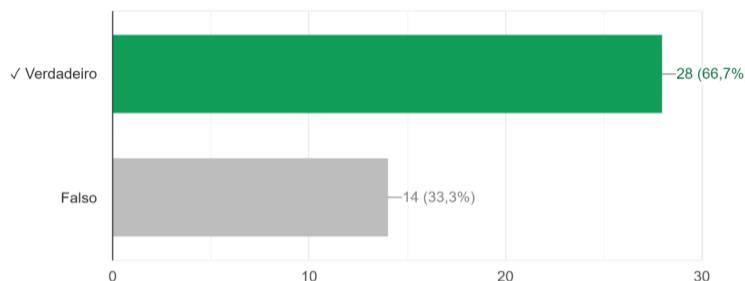
Figura 14: Resposta 6 do questionário 2.

Fonte: Autores (2024).

Considerando os gráficos das questões 6 e 7 (Figura 15), onde aborda-se sobre a sustentabilidade, a quantidade de acertos por parte dos alunos demonstra que os alunos tiveram um bom entendimento sobre o tema, mesmo com os erros, o resultado se manteve satisfatórios. Ao analisar as questões de 8 a 10 (Figura 16) que abordam a respeito da arte com resíduos eletrônicos, percebe-se que as respostas certas tiveram bons resultados, o que é um indicativo interessante, já que os alunos compreenderam a importância da reutilização dos resíduos eletrônicos no meio artístico.



6. Na robótica sustentável, a reutilização de componentes eletrônicos descartados é incentivada para construir robôs funcionais, utilizando peças ...e sensores, em vez de adquirir novos componentes.
28 / 42 respostas corretas



7. Motores de impressoras antigas ou brinquedos descartados podem ser reaproveitados na construção de robôs móveis, permitindo que esses ...nhem uma nova utilidade em projetos robóticos.
36 / 42 respostas corretas

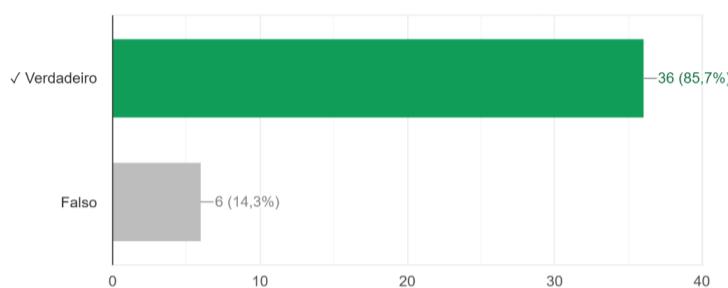
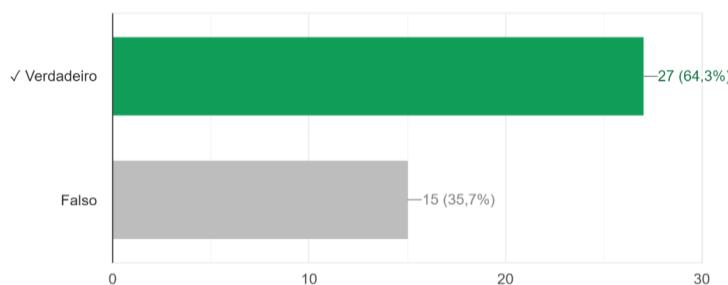
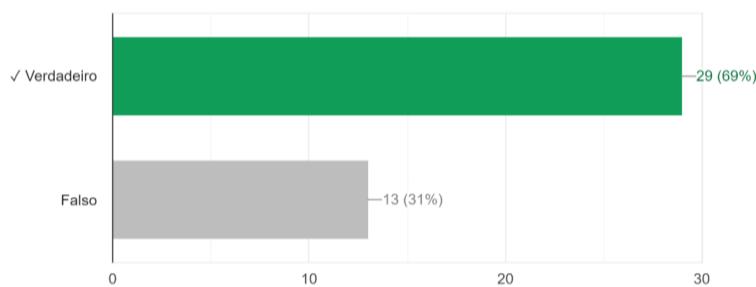


Figura 15: Respostas 6 e 7 do questionário 2.
Fonte: os autores (2024).

8. Robôs artísticos, criados a partir de componentes eletrônicos reciclados, são programados para realizar movimentos criativos, como desenhar ou pi...lógicos em ferramentas de expressão artística.
27 / 42 respostas corretas



9. Obras de arte cinética, feitas com resíduos eletrônicos reaproveitados, incluem elementos que se movem ou reagem a estímulos externos, como luz o...do motores e sensores que foram descartados.
29 / 42 respostas corretas



(Continua)



10. A reutilização de componentes de resíduos eletrônicos na arte e na robótica não apenas promove soluções inovadoras, mas também contribui ...sado pelo descarte incorreto de tecnologia.
25 / 42 respostas corretas

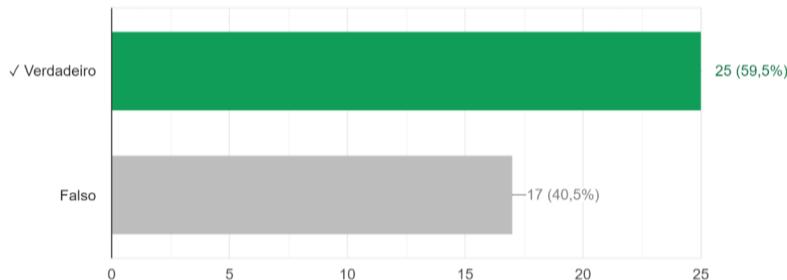


Figura 16: Respostas de 8 a 10 do questionário 2.

Fonte: os autores (2024).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Projeto EARTH, desde o início de sua execução (março/2024) já beneficiou mais de 200 alunos(as) com palestras, oficinas (programação plugada e desplugada; programação em Arduino; prototipagem e artefatos artísticos). Considera-se que o projeto EARTH obteve diversos resultados positivos, dentre estes, a elaboração de materiais com a temática dos resíduos eletrônicos, assim como seu reaproveitamento e impactos ambientais gerados. Desta forma sensibilizando sobre temas como a consciência ambiental e a economia circular aos alunos(as) bolsistas e beneficiados(as).

O projeto também se destacou pela produção de artefatos artísticos e sistemas robóticos sustentáveis, com a utilização do resíduo eletrônico, sensibilizando para a cultura do desenvolvimento sustentável, da economia circular, no aprofundamento da eletrônica por meio da robótica sustentável e fortalecendo o protagonismo destes alunos(as). Sendo impactante na vida dos alunos e das suas famílias, pois esse processo de aprendizado contribuirá significativamente em seu currículo acadêmico.

Considera-se ainda o impacto na vida dos(as) alunos(as) das escolas públicas e privadas visitadas, em virtude de suas participações nas palestras e oficinas para conhecimento de como reaproveitar o resíduo eletrônico, artefatos artísticos e sistemas robóticos. A realização das oficinas nas escolas foi fundamental para a vivência dos alunos tutores do projeto, contribuindo de forma significativa no processo ensino aprendizagem, pois estes foram capacitados por meio de oficinas e desenvolvimento de projetos para posteriormente irem as escolas aplicar os conhecimentos adquiridos, fortalecendo ainda seu protagonismo e criando uma sinergia entre aprender, ensinar e aprender.

Além dos resultados alcançados, o projeto impactou de forma social, educacional, econômica e ambiental a toda comunidade acadêmica envolvida nesse processo, interna e externa, despertando sobre a cultura do reaproveitamento, o cuidado com o meio ambiente, as questões econômicas, ambientais e sociais que o descarte do resíduo eletrônico pode trazer, e os benefícios do seu reaproveitamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, André Cardoso. Aprenda a aproveitar resíduos eletrônicos para a Robótica Educacional. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS, 17. 2023, Foz do Iguaçu. *Anais* [...]. Disponível em: https://grade.latinoware.org/index.php/program/day/170?_gl=1*13gxvu*_ga*MTM5NzE3MzQ1NS4xNzEyNDkyNjQ3*_ga_5K1NGTBXEZ*MTcxMjQ5MjY0Ny4xLjAuMTcxMjQ5MjY0Ny4wLjAuMA. Acesso em: 15 jan. 2025.

ARAUJO, Rejane Barros; COSTA, Clarisse Santos; KREFLEN, Jéssica de; CUNHA, Marcos Vinícius Castro; RIBEIRO, Marcos de Jesus Gonçalves, SANTOS JÚNIOR, Nélio Dias. Robótica Sustentável. *Revista Eletrônica do GERAЕ*, Belém, n. 2, 2023. Disponível em: https://www.canva.com/design/DAFX79JITWc/YptldjZrAp4_-5r6J0yW2A/view?website#2:capa. Acesso em: 21 jan. 2025.

BRASIL *Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.* Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. *Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023.* Institui a Política Nacional de Educação Digital (PNED) e altera as Leis nº 9.448, de 5 de junho de 1997, nº 10.260, de 6 de julho de 2001, e nº 10.753, de 30 de outubro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jan. 2023. Seção 1, p. 2.

CAMPELLO, Mauro. Economia circular, sustentabilidade e logística: uma combinação para melhorar o planeta, as pessoas e os negócios. In: CONGRESSO VIRTUAL DE ADMINISTRAÇÃO, 17. 2020. *Anais [...].* Disponível em: https://convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/artigo21794_20201318.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

IFPA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. *Plano de Logística sustentável 2019-2023.* Disponível em: <https://ifpa.edu.br/documentos-institucionais/0000/sustentabilidade-prodin/5007-plano-de-logistica-sustentavel-portaria-2446-2018/file#:~:text=O%20Plano%20de%20Gest%C3%A3o%20de,e%20processos%20na%20Administra%C3%A7%C3%A3o%20P%C3%BCblica>. Acesso em: 15 jan. 2025.

OBANA, Fernando Yotti; MARINHO, Max Robert; SPEROTTO, Lucas Kriesel; ROCHA, Thalita Oliveira; SARUWATARI, Felipe Seiiti. *Reciclar é transformar: eletrônica e robótica com resíduos eletrônicos.* In: Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento 2 – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. p. 238-247.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *Cumprindo a promessa: relatório anual de 2023.* Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44777/UNEP_Annual_Report_2023_Portuguese.pdf?sequence=21. Acesso em: 20 jan. 2025.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *Lixo eletrônico 2.0: Reciclagem para sustentabilidade.* 2016. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/e-waste-20-recycling-sustainability>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SERAFIM, Manuela; MAIA, Manuella. Tratamento do resíduo eletrônico na perspectiva da inclusão social. In: COSTA, Adriano Borges, (Org.). *Tecnologia Social e Políticas Públicas.* São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. p. 85-112.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



APÊNDICE A: Questionário 1.

Projeto de Extensão: Earth Plus: Educação ambiental no ambiente escolar, visando o desenvolvimento sustentável, com a sensibilização para redução de resíduos eletrônicos, estimulando a economia circular, por meio da produção de sistemas robóticos e artefatos artísticos.

FORMULÁRIO 1

1 Resíduos eletrônicos são dispositivos eletrônicos descartados que não podem ser reciclados.

() Verdadeiro () Falso

2 O aumento dos resíduos eletrônicos está relacionado ao rápido avanço tecnológico e à redução da vida útil programada.

() Verdadeiro () Falso

3 O descarte incorreto de resíduos eletrônicos pode contaminar o solo, a água e o ar.

() Verdadeiro () Falso

4 Baterias e pilhas são classificadas como resíduos eletrônicos.

() Verdadeiro () Falso

5 A arte com resíduos eletrônicos serve apenas para criar esculturas decorativas e não possui função educacional ou de conscientização.

() Verdadeiro () Falso

6 A robótica sustentável se baseia no uso de novos componentes eletrônicos para reduzir os resíduos eletrônicos.

() Verdadeiro () Falso

7 Motores de impressoras descartadas podem ser reutilizados na construção de robôs móveis.

() Verdadeiro () Falso

8 O reaproveitamento de resíduos eletrônicos na robótica é uma prática que pode democratizar o acesso à tecnologia.

() Verdadeiro () Falso

9 Peças de arte cinética com resíduos eletrônicos utilizam componentes que reagem a estímulos como luz ou som.

() Verdadeiro () Falso

10 A combinação de resíduos eletrônicos com arte e robótica não contribui para a sustentabilidade.

() Verdadeiro () Falso



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



APÊNDICE B: Questionário 2.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÉNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
CAMPUS BELÉM

INSTITUTO
FEDERAL
Pará Campus Belém

Projeto de Extensão: Earth Plus: Educação ambiental no ambiente escolar, visando o desenvolvimento sustentável, com a sensibilização para redução de resíduos eletrônicos, estimulando a economia circular, por meio da produção de sistemas robóticos e artefatos artísticos.

FORMULÁRIO 2

- 1 Os resíduos eletrônicos, também conhecidos como e-lixo, referem-se a todos os dispositivos eletrônicos descartados que não podem ser reaproveitados ou reciclados, representando uma ameaça ambiental.
 Verdadeiro Falso
- 2 O rápido avanço tecnológico, juntamente com a prática de obsolescência programada, tem contribuído significativamente para o aumento dos resíduos eletrônicos no mundo, agravando os problemas ambientais.
 Verdadeiro Falso
- 3 Se os resíduos eletrônicos não forem descartados corretamente, eles não representam risco ao meio ambiente, pois os materiais se decompõem de forma segura com o tempo.
 Verdadeiro Falso
- 4 Entre os principais tipos de resíduos eletrônicos estão baterias e pilhas, que são classificadas junto com outros dispositivos como computadores, celulares e eletrodomésticos.
 Verdadeiro Falso
- 5 Artistas têm encontrado maneiras de utilizar peças de resíduos eletrônicos, como placas de circuito e cabos, para criar esculturas, instalações interativas e obras visuais que refletem sobre o impacto da tecnologia na sociedade.
 Verdadeiro Falso
- 6 Na robótica sustentável, a reutilização de componentes eletrônicos descartados é incentivada para construir robôs funcionais, utilizando peças de dispositivos obsoletos, como motores e sensores, em vez de adquirir novos componentes.
 Verdadeiro Falso
- 7 Motores de impressoras antigas ou brinquedos descartados podem ser reaproveitados na construção de robôs móveis, permitindo que esses componentes ganhem uma nova utilidade em projetos robóticos.
 Verdadeiro Falso
- 8 Robôs artísticos, criados a partir de componentes eletrônicos reciclados, são programados para realizar movimentos criativos, como desenhar ou pintar, transformando resíduos tecnológicos em ferramentas de expressão artística.
 Verdadeiro Falso
- 9 Obras de arte cinética, feitas com resíduos eletrônicos reaproveitados, incluem elementos que se movem ou reagem a estímulos externos, como luz ou som, utilizando motores e sensores que foram descartados.
 Verdadeiro Falso
- 10 A reutilização de componentes de resíduos eletrônicos na arte e na robótica não apenas promove soluções inovadoras, mas também contribui para a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental causado pelo descarte incorreto de tecnologia.
 Verdadeiro Falso