



Robótica Sustentável na perspectiva do Ensino por Investigação e a abordagem STEAM

Adiane Maria Pereira^a, Rosina Djunko Miyazaki^b, Sandra Satiko Matsuda^a e Edna Lopes Hardoim^b

^aUAB/UFMT, ^bUFMT

ARTICLE INFO

Recibido: 5 de enero de 2023

Aceptado: 16 de abril de 2023

Disponível on-line: 31 de mayo de 2023

Palabras clave:

Ensino de Ciências,
Lixo Eletrônico,
Ensino por Investigação,
Aprendizagem com Prazer.

E-mail:

adiane_dica@hotmail.com
rosinamiyazaki@gmail.com
sandramatsuda@gmail.com
hardoimel@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2023 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

O lixo eletrônico, ou “e-lixo”, é o resultado da rápida obsolescência dos equipamentos eletrônicos e configura um grave problema para o meio ambiente e todas as formas de vida existentes no Planeta. Esta questão foi trazida para a sala de aula na perspectiva do Ensino por Investigação utilizando a abordagem STEAM numa Sequência de Ensino por Investigação com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental II. O objetivo foi a criação de projetos de robótica sustentável. Os estudantes criaram, experimentaram, trabalharam em equipe, descobriram novas formas para tratar do assunto e apresentaram os resultados na Mostra da Escola. Este projeto trouxe inovação e incentivo à descoberta e instigou os estudantes a buscarem e compartilharem os conhecimentos, tornando-os agentes ativos durante todas as fases do trabalho. Também repercutiu positivamente na escola, e recebeu a doação de materiais das comunidades escolar e externa, além do interesse dos alunos de outras turmas.

Electronic waste or "e-waste" results from rapid obsolescence of electronic equipment and is a severe threat for environment and all living organisms. From the perspective of an investigative teaching this issue was brought into the classroom using an Investigative Teaching Sequence and STEAM approach with 7th-grade students to developed sustainable robotics projects. The students created, experimented, worked in teams, discovered new ways to address the subject and presented their results at the School Showcase. Innovation and incentive to the discovery was brought to the activities and inspired the students to seek and share knowledge, allowing them to be active students during all phases of the project. The project positively impacted the school, received donations of materials from the internal and external communities, and boosted the enthusiasm of different groups of students.

I. INTRODUÇÃO

A utilização de robôs na educação tem como principal pioneiro, Seymour Papert, que no final dos anos setenta, foi o responsável pelo desenvolvimento da linguagem *LOGO*, uma linguagem adversa ao uso de softwares educativos que replicam o lugar-comum dos livros didáticos, acessível às crianças e com o intuito de proporcionar um ambiente que favoreça a aprendizagem (Cysneiros, 1999; 2007) de forma construcionista, desafiadora, criativa e significativa para os alunos. “Para Papert, a habilidade mais importante dos indivíduos devia ser a capacidade de desenvolver competências, aprender conceitos, avaliar circunstâncias e lidar com o imprevisto” (Conchinha, Leal & Freitas, 2016, p.53).

Nos meados dos anos oitenta, surge a robótica educacional, da junção da linguagem *LOGO* e dos brinquedos da LEGO®, e a possibilidade de criar seus próprios protótipos (Cysneiros, 2007; Silva, 2009). Desta maneira, surge a

robótica educacional, a robótica pedagógica ou a robótica tradicional e proporciona um ambiente de aprendizado que aproxima estudantes e robôs, envolve motivação, colaboração e (re)construção do conhecimento (Silva, 2009; Thomaz et al. 2009).

De acordo com Silva (2009), “a robótica pedagógica é um conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino-aprendizagem que tomam dispositivos robóticos como tecnologia de mediação para a construção do conhecimento”, e caracterizada por plataformas bem estabelecidas e tradicionais. (Medeiros, Wunsch & Bottentuit, 2019).

É importante diferenciar a Robótica Sustentável (RS) da robótica tradicional na qual a primeira utiliza a bricolagem de materiais de sucata, recicláveis ou reutilizáveis e propõe um meio alternativo para o aprendizado a partir do pensamento concreto (conforme a ótica construcionista de Papert) para uma linha mais aprofundada e flexível que da robótica tradicional (Medeiros et al., 2019).

Vale a pena destacar que várias escolas têm dificuldades com recursos para aquisição da robótica tradicional, sendo a robótica de baixo custo, como a RS, uma boa opção, bem como a adoção de simuladores de robótica virtual, “que permitem a montagem e programação de robôs virtuais, e conseqüente redução dos custos.” (Conchinha, Leal & Freitas, 2016, p.52), além de oportunizarem a inclusão de alunos com deficiência por terem como base atividades livres e com diferentes níveis de complexidade, permitindo a aprendizagem colaborativa. Ainda conforme Conchinha, Leal e Freitas, (2016)

Piaget (1971), o pai do construtivismo, defendia que o sujeito aprende através da interação com os outros e com o seu próprio meio, construindo ativamente o conhecimento através da exploração, interação e resolução de situações motivadoras e reais. (Conchinha et al., 2016, p.53).

A RS não requer a programação para o trabalho com a sucata e o lixo eletrônico é utilizado para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de mediar a construção de conhecimentos ao mesmo tempo reutiliza os materiais que seriam descartados. (Albuquerque, Baldow, Leite & Leão, 2019).

A desconstrução do hardware, o uso de softwares livres, licenças abertas e a ação em rede com o intuito de reapropriação da tecnologia para a transformação social são princípios da metarreciclagem, uma forma consciente de reaproveitar o lixo eletrônico, ou também chamado de “e-lixo”, para a reconstrução da tecnologia. (Santos & Oliveira Filho, 2020).

É sabido que após a revolução industrial, houve um crescimento assustador da produção de materiais para atender as necessidades de consumo desenfreado dos seres humanos, a ponto de gerar produtos com má qualidade (Antqueves, Bosa & Dubiaski-Silva, 2015) e a obsolescência programada, na qual se desenvolve e fabrica propositadamente produtos com vida útil mais curta para provocar repetidas compras dos consumidores. O lixo eletrônico é um resíduo altamente tóxico e contaminante devido a presença de metais pesados (Franco, Moreira, Nascimento, Miranda & Cabral, 2021). Isso configura um grave problema, desde a sua produção até o seu descarte, para o meio ambiente e todas as formas de vida no Planeta (Kemerich, Mendes, Vorpapel & Piovesan, 2013). A toxicidade e bioacumulação desses metais pesados deixam danos graves e muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente (Kemerich et al., 2013).

Uma forma de trazer essa realidade para a sala de aula é proporcionada pela RS. É um exemplo de como se pode agregar um problema da sociedade com o ensino da Ciência e Tecnologia para favorecer aos alunos a oportunidade de exercer a criatividade, a experimentação, o trabalho em equipe, a exploração de ideias e o descobrimento de novos caminhos para tratar da problemática (Baldow & Leão, 2017). A RS também pode auxiliar na ampliação de competências e habilidades em diversas áreas do conhecimento (Zilli, 2004).

Neste trabalho, aliamos a RS com o ensino por investigação, no qual o estudante tem participação ativa e um certo controle em sua aprendizagem (Clement, Custódio & Alves, 2015). Quando o ensino de ciências é mediado pela perspectiva investigativa, os conhecimentos científicos e a compreensão de como a ciência é produzida se torna mais acessível aos estudantes. Eles são orientados pelos professores, que conduzem as discussões das problemáticas motivando o aluno a buscar soluções (Bacich & Moran, 2018). Além disso, a abordagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) foi outro recurso utilizado.

A STEAM é um modelo de educação integrada que contribui para lidar com os desafios contemporâneos, ajudando a pensar uma educação que desenvolve competências valiosas, como a criatividade, o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração, sem deixar de lado a excelência acadêmica (Bacich & Holanda, 2020). A STEAM aliada ao ensino por investigação, é um movimento que traz inovação e incentiva a descoberta na sala de aula representando a mudança na abordagem fragmentada no ensino de Ciências.

Neste estudo, procuramos identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o lixo e promover a conscientização sobre a importância em preservar o meio ambiente. Trabalhamos com alunos do 7º ano de uma escola municipal do município de Lucas do Rio Verde - MT reaproveitando o e-lixo na perspectiva do Ensino por Investigação e a abordagem STEAM. Utilizamos uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) com o objetivo de criar projetos de robótica sustentável que foram apresentados na Mostra da Escola.

Segundo Geraldo (2009), é pela pesquisa que o educando percebe que pode ajudar a sociedade, comunicando fatos sobre o planeta que as pessoas ainda desconhecem. Então o aluno sente-se útil ao mundo, sendo esse, um dos objetivos da educação: fornecer as ferramentas científicas para que, incomodados com sua realidade, atuem como agentes transformadores.

Assim, é importante que as atividades façam sentido para os estudantes, e que possam compartilhar o pensamento científico na ambiência escolar. Isso possibilita a investigação, estimula o aluno para a pesquisa e disponibiliza a oportunidade de discussão de temas e questões científicas.

II. METODOLOGIA

A natureza deste trabalho é qualitativa. O projeto foi desenvolvido na Escola Municipal de Lucas do Rio Verde - MT e envolveu 15 alunos de uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental II.

Utilizamos uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) e a abordagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) em 8 etapas que foram sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1. Aplicação da SEI na abordagem STEAM.

Etapas	Atividades
1	Roda de conversa para conhecer a percepção dos alunos sobre os tipos de energia.
2	Questionário realizado em sala de aula com perguntas sobre meio ambiente, lixo, e-lixo e pesquisa sobre robótica sustentável.
3	Apresentação da pesquisa e formação de grupos para os projetos de robótica sustentável.
4	Laboratório de Ciências e Tecnologia – Sala <i>Maker</i> : utilização do produto LEGO® <i>Education WeDo 2.0</i> .
5	Roda de conversa sobre os projetos e tipos de materiais que poderiam ser utilizados na robótica sustentável.
6	Definição das datas de entrega dos projetos.
7	Apresentação dos produtos em sala de aula para discussão e acertos dos produtos.
8	Exibição dos produtos na Mostra da Escola.

Fonte: Elaborado pelas autoras

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta pesquisa, renunciamos a lógica da ciência pronta que organiza os conteúdos escolares a partir de conceitos para adotar uma SEI em que a principal diretriz é “o cuidado com o problema e o grau de liberdade intelectual dado ao aluno” (Carvalho, 2017, p. 144). Utilizamos dois procedimentos para a coleta de informações: o questionário e a observação das aulas feita pela professora-pesquisadora.

As aulas aconteceram de forma híbrida, de 01/09/2021 a 12/11/2021, e as atividades presenciais ocorreram com o revezamento da turma. Metade dos alunos eram atendidos presencialmente a cada semana, seguindo todos os protocolos de segurança sanitária. Além disso, utilizou-se o aplicativo *WhatsApp* para a manutenção da comunicação entre a professora e os estudantes.

Na primeira aula, fizemos uma roda de conversa para discutir sobre os tipos de energia. Após a formação dos grupos, a professora-pesquisadora iniciou a roda de conversa com uma pergunta: Quais são os tipos de energia existentes no Planeta?

Houve a discussão sobre as fontes que geram os diferentes tipos de energia e o que acontece com as energias renováveis e não-renováveis. Solicitou-se que registrassem suas concepções e ideias sobre o tema. Os estudantes citaram a energia elétrica, eólica, materiais do ecossistema, solar, dos cabos de fiação, industriais, da água, ar, carvão, catavento, hidrelétrica. Sobre as fontes que geram os diferentes tipos de energia, destacamos as respostas a seguir:

Energia elétrica é uma energia dos raios que fazem gerar energia. O que eu entendo sobre a energia elétrica é a energia que passa pelo fio e leva até a televisão, vai até o videogame. Eu acho que a energia dá pra fazer várias coisas. Dá para gerar energia para os barcos a motor, tem casas que precisam de energia. Energia para mim é uma força, que é como a água que gera energia também. (Grupo A)

A energia é feita do ar, da água, carvão, tem cataventos que forma, que vem e bate neles e forma energia. A energia elétrica é feita da água e vai girando a água e vai se transformando em energia. A energia solar é a energia do sol que os raios solares batem nas placas de energia solar e o calor esquenta e se transforma em energia. (Grupo B)

A energia são materiais do ecossistema, elétrica existe energia solar que são bastante usadas com placas solares, energia de fiação nos cabos de fio. Energia juntas são mais fortes como a energia de indústrias. Energia em todos lugares são essenciais para experiências. Energia é usada para aquecer a água, é muito gasto não diretamente de maneira mais material. (Grupo C)

Nesta atividade observamos, que os alunos ainda possuíam pouco conhecimento sobre o que é energia. As definições dadas pelo grupo A são sobre receptores de energia. Nos motores elétricos (TV, rádio, telefone, etc.) a energia elétrica é transformada em outros tipos de energia, ou seja, na TV, a energia elétrica é transformada em energia sonora e luminosa e no rádio, a energia elétrica é convertida em energia sonora. A transformação da energia acontece por ondas eletromagnéticas num circuito transmissor indutor de tensão elétrica em um circuito receptor. (Cenci, Marchesan, Barriquello & Loose, 2013).

O grupo B tratou das formas de energia renováveis e não renováveis. A energia renovável é decorrente de processos naturais como o vento e a luz solar, que são permanentes mas outras como a água podem acabar dependendo da forma como são usadas pelo ser humano. A energia não renovável como o petróleo, o carvão, o gás natural, entre outros, são as fontes naturais esgotáveis (Barbosa, 2014).

O grupo C mencionou tanto os receptores quanto a energia renovável. O conceito de energia surgiu na ciência para dar conta de algo que ao se transformar, conserva-se, e a compreensão da transformação foi fundamental para o estabelecimento da conservação da energia e, portanto, para a emergência do conceito (Assis & Teixeira, 2003, p. 46). A energia é entendida como um princípio de termodinâmica utilizada para medir o grau de desordem de um sistema, ou seja, quanto maior for a variação de entropia de um sistema, maior será sua desordem e menos energia estará disponível para ser utilizada (Assis & Teixeira, 2003, p. 52).

Posteriormente, foi aplicado um questionário composto por quatro perguntas abertas:

1. O que é meio ambiente?
2. Defina o que é lixo
3. O que você entende por lixo eletrônico?
4. Você sabe o que é Robótica Sustentável?

Em grupo, os alunos discutiram e responderam as três primeiras perguntas do questionário, em sala de aula. Em seguida, foi formada uma roda de conversa para o compartilhamento e discussões sobre as questões. Para a quarta pergunta, foi solicitado que os alunos que fizessem uma pesquisa em casa para que pudessem trocar as ideias na aula seguinte.

Os Quadros 2, 3 e 4 contêm as respostas formuladas pelos grupos de alunos e apresentada para toda turma.

QUADRO 2. Respostas dos alunos à pergunta “O que é meio ambiente?”.

Grupo	Respostas
A	O meio ambiente e tudo seco e o conjunto de coisas vivas e não vivas, naturais e não naturais.
B	É um conjunto de fatores físicos
C	E a natureza
D	Tudo aquilo que é natural, tudo a nossa volta.
E	O meio ambiente é uma reserva florestal que ajuda a dar energia e ar para a sociedade

Fonte: Elaborado pelas autoras

No quadro acima os alunos definiram parcialmente o termo Meio Ambiente que pode ser notado nas suas respostas: “Natureza”; “reserva florestal”; “conjunto físico”; “tudo à nossa volta”. Palavras soltas que caracterizam, mas não definem.

Segundo a Resolução CONAMA nº 306 de 05/07/2002, meio ambiente:

É o conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. (Conama, 2002).

QUADRO 3. Respostas dos alunos à pergunta “Defina o que é lixo”.

Grupo	Respostas
A	Lixo é resto de de outras coisas jogadas fora.
B	Qualquer material sem utilidade e sem valor comida jogado fora ou resto
C	E uma coisa que não se utiliza mais.
D	Lixo é aquilo que é descartável e úmido por exemplo: casca de frutas, garrafa pet tampinha etc.
E	Qualquer material sem valor ou sem utilidade. Lixo são tudo aquilo que podemos e não podemos reciclar

Fonte: Elaborado pelas autoras

Na forma dialógica como foi tratado o questionário, é percebido que o lixo está associado como algo negativo pelos alunos (Quadro 3). Quando mencionado que o lixo é “material sem utilidade e sem valor” ou “coisa que não é mais utilizada” é possível verificar a falta de informação e conhecimento sobre os resíduos produzidos pelo ser humano, e nessa situação a intervenção foi necessária, para sensibilização sobre os cuidados com o Meio Ambiente, o lixo, a reciclagem e a reutilização. Discutiu-se com os alunos que todos os indivíduos são partes integrantes da Natureza e que é responsabilidade de todos, cuidar e preservar tudo que está à nossa volta.

Destacou-se que os resíduos têm um valor econômico, como o alumínio, o papel, o plástico, e que existe uma parcela da sociedade que sobrevive da reciclagem. São os catadores de materiais recicláveis que geralmente estão vinculados a cooperativas de reciclagem e garantem a subsistência familiar. Discutimos a importância de rever os valores que estão norteando o nosso modelo de desenvolvimento e, antes de se falar em lixo, é preciso rever nosso modo de viver, produzir, consumir e descartar. Lembramos das alternativas além do descarte como a redução do consumo, a reutilização do material até o fim de sua vida útil.

Com esta discussão, buscou-se despertar nos alunos a sua importância como semeadores da informação para sua família e sua comunidade.

QUADRO 4. Respostas dos alunos à pergunta “O que você entende por lixo eletrônico?”

Grupo	Respostas
A	É resto de notebook, celular e outras coisas jogadas fora
B	Baterias, pilhas, TV, monitores.
C	Lixo eletrônico é alguma coisa que contém bateria ou que vai a tomada ou até mesmo que tem pilha Por exemplo: computador, celular, bateria etc
D	Lixo eletrônico e lixo com vários peças como, motor, placa, etc.
E	Lixo eletrônico e lixo com várias peças como, motor, placa. Coisas tipo Celular, Computador, Pilhas, Fios, PCs e capas magnéticas que tem que ir para o lixo São consideradas lixo eletrônico.

Fonte: Elaborado pelas autoras

Na questão 3 verificamos que os estudantes têm conhecimento prévio sobre o que é lixo eletrônico (Quadro 4). Contudo, é necessário que haja respeito com o meio ambiente, pois os recursos naturais são fontes finitas. É preciso diálogo e reflexão sobre a interconexão entre o consumismo, a geração de resíduos e as consequências ambientais, como estímulo para a motivação dos alunos a se engajarem em causas que visem práticas de consumo mais responsáveis ambientalmente, iniciando um processo comportamental transformador (Goldman, Alkaher & Aram, 2021) e tornando a prática educativa um fator chave no desafio do consumo sustentável.

A pesquisa sobre a quarta pergunta do questionário mostrou estudantes com uma visão mais clara a respeito da Robótica Sustentável, sendo capazes de citar materiais que poderiam ser (re)utilizados em futuros projetos: garrafa pet, papelão, latinha de refrigerante, restos de material eletrônico como aqueles contidos em DVD e Computadores.

As apresentações foram feitas de forma oral e destacamos algumas falas obtidas na roda de conversa:

Robótica sustentável é um trabalho criativo que podemos usar, garrafas pets, tampinhas de garrafa, coisas que reciclamos no dia a dia. (Grupo A)

Seria uma forma criativa para criar objetos usando a tecnologia. (Grupo C)

Seria tipo um robô reciclável, um robô com coisas fortes, mas que ao mesmo não agridem o planeta. (Grupo D)

O momento de destaque foi quando um estudante do grupo A, por iniciativa própria, levou um protótipo do projeto que ele desejava executar. Ele mostrou aos colegas sua ideia sobre como carregar o celular de forma sustentável, utilizando a energia do vento. O protótipo era composto por uma ventoinha oriunda de um *cooler* de CPU ligada por um fio a um cabo adaptador de acendedor de cigarro para veículo (Figura 1).

Houve muita discussão sobre o desenvolvimento deste protótipo que envolveu toda a sala de aula. O aluno foi intensamente questionado sobre sua construção e houve muitas sugestões de como dar andamento ao trabalho, como uma base serviria para sustentá-lo, a utilização de uma fonte de alimentação, como se fazer a conexão no protótipo. Embora este ainda necessitasse de algumas adaptações (ex. só havia o polo positivo no sistema no momento de sua comunicação, faltava o polo negativo para fechar o circuito necessário para seu funcionamento), a curiosidade, a criatividade, o protagonismo e o desenvolvimento da autonomia intelectual foram os principais fatores intervenientes do processo, já que inserem os alunos em uma cultura de criação na busca da resolução de problema(s), no caso em questão, o carregamento do celular de forma sustentável.

De acordo com Araújo, Silva e Serra (2020) os estudantes sentem-se motivados durante a elaboração de um projeto e permanecem engajados e instigados. Durante as aulas, os alunos mantiveram-se alegres e entusiasmados com as atividades.

A robótica educacional, quando trabalhado em grupos, possibilita a pluralidade do conhecimento, construindo no mesmo ambiente, a troca de experiência e as diferentes habilidades dos integrantes dos grupos (Zilli, 2004). Carvalho (2017) também destaca a necessidade da ação manipulativa para ação intelectual na construção do conhecimento.

Nesta aula, começaram a despontar os projetos, frutos dessa rica discussão. A troca de ideias foi importante para estimular a criatividade e quando é o aluno que seleciona os temas, existe um envolvimento e motivação mais plenos para o desenvolvimento desses projetos, o que proporciona maior vivência nas atividades de pesquisa, que é permeada por constantes questionamentos (Zilli, 2004).



Figura 1. Protótipo do estudante: carregador de celular sustentável feito com a ventoinha de um cooler de CPU ligada por um fio a um cabo adaptador de acendedor de cigarro para veículo. Fonte: As autoras, 2021.

No método ativo o aluno pode ser o protagonista do seu desenvolvimento em todas as etapas do processo educacional, ser atuante e reflexivo, experimentar, desenhar e criar com a orientação de um mediador (professor). Este, possibilita a flexibilidade quanto ao espaço de aprendizagem, seja de forma híbrida ou presencial, utilizando-se de diferentes materiais e ou tecnologias (Bacich & Moran, 2018). Desta forma, a professora-pesquisadora sugeriu que as próximas aulas poderiam acontecer na Sala *Maker*, que estava disponível na escola, e prontamente os alunos concordaram.

O movimento maker, iniciado em meados de 2001 no Massachusetts Institute of Technology (MIT) onde nasceram os *FabLabs*, traz como premissa o “*do it yourself*” ou “faça você mesmo” que, aliado à tecnologia, motiva os alunos movidos por desafios a buscarem por conta própria soluções para problemas reais, cotidianos. A proposta é estimular o estudante a criar, modificar, consertar seus próprios projetos (Brockveld, Teixeira & Silva 2017). Esta cultura, no campo educacional, estimula a lógica e o pensamento criativo, como observado por Lima (2019) com alunos do Ensino Fundamental, sendo considerada uma nova forma de educar.

Na sala *Maker*, eles utilizaram a ferramenta WeDo 2.0 para a montagem do ventilador, satélite, robô espião e abelha, que são os produtos do kit da Lego®. Foram quatro aulas de 55 minutos que aconteceram sempre às quartas-feiras, durante a disciplina de Ciências.

O primeiro projeto *Maker* construído pelos alunos foi um ventilador, atividade muito significativa para os estudantes, pois a sua construção inspirou e expandiu o olhar deles para montagem de outros projetos: o satélite, o robô espião e a abelha. Durante essas aulas, eles aprenderam a ordenar o raciocínio lógico, a inserir a velocidade no motor (aumentando e diminuindo a sua velocidade), a mudar o sentido de rotação do motor. Segundo Baldow e Leão, (2017) a construção e montagem dos protótipos permitem aos estudantes lembrar dos conhecimentos científicos para entender o funcionamento dos experimentos.

O que chamou a atenção nesta atividade foi o envolvimento dos alunos que estavam engajados na construção e na reflexão sobre os projetos Lego®, assim como foram capazes de ampliar seus conhecimentos, discutir e pensar em como poderiam substituir as peças do Lego® por materiais recicláveis para seus projetos de RS.

Na roda de conversa listamos os outros tipos de materiais que poderiam ser utilizados além do lixo eletrônico, o que foi uma oportunidade para continuar com as discussões sobre a proteção do Planeta. Apesar dos estudantes terem conhecimento do que é o lixo eletrônico, muitos desconheciam como o descarte deveria ser realizado. Destacou-se a cooperativa de reciclagem de resíduos chamada de Ecoponto, no município de Lucas do Rio Verde, como a destinação dos resíduos domésticos deve ser feita antes da coleta, e que este material tem um valor de mercado.

A aula seguinte foi destinada para o planejamento dos materiais necessários para a execução dos projetos de RS. Os estudantes chegaram às aulas repletos de ideias, prontos para a hora de colocar a “mão na massa” e dar vida a elas. Essas ideias eram discutidas ativamente nos grupos, pois a “troca de informações permite uma aprendizagem colaborativa” (Baldow & Leão, 2017) na qual “o trabalho coletivo é fértil em proporcionar a aprendizagem a partir da realidade dos estudantes, em que identificam os problemas e buscam soluções para resolvê-los.” (Bacich & Moran, 2018, p 17).

Dessas discussões, concluíram que executar os projetos apenas durante as aulas seria insuficiente para finalizar todas as atividades e, por isso, os grupos decidiram que os projetos também seriam desenvolvidos após o período das aulas. Desta forma, à medida que eles iam trabalhando em seus protótipos, os alunos chegavam às aulas com muitos questionamentos como por exemplo, onde encontrar a peça para fazer funcionar seu protótipo, onde encontrar um motor, qual bateria utilizar, como manter a construção de uma casa sustentável, etc.

Além do que os grupos passaram a encontrar em suas próprias casas, parte do material foi obtido na própria escola, que guardava alguns materiais eletrônicos obsoletos como impressoras, fios, leds, mouse óptico, pilhas, etc. Outros foram doados por uma empresa de tecnologia e a professora-pesquisadora levou o restante do que faltava. A comunicação entre professora e estudantes ocorreu presencialmente durante as aulas e de forma remota, via o aplicativo de mensagens *WhatsApp*.

No dia 4 de novembro de 2021, uma estudante do grupo B entrou em contato para mostrar como estava desenvolvendo o projeto (Figura 2A). Ela utilizou um pedaço de arame e a chama de um fogão para fazer um orfício em uma tampa plástica. Sua alegria é vista pela dedicação ao editar o vídeo pois é possível notar que ela utilizou um meme com um bebê sorrindo (Figura 2B e C). A aluna demonstrou criatividade, curiosidade e foi protagonista de sua aprendizagem. A forma como desenvolveu seu projeto foi significativa para ela, motivou-a a aprender e, assim, se tornou autônoma na construção da sua aprendizagem (Bacich & Moran, 2018).



Figura 2. Trecho da conversa por Whats App (A) e vídeo editado pela estudante (observar o meme de carinha sorridente de um bebê) para mostrar parte da execução do seu projeto. A estudante utiliza um pedaço de arame que aquece na chama do fogão para produzir uma abertura em tampinha plástica (B e C). Fonte: As autoras, 2021.

Santos e Oliveira Filho (2020) citam que “a história mostra uma utopia de que ciências exatas são áreas restritas a homens e ciências humanas são restritas a mulheres, descartando a contribuição intelectual das mulheres para o desenvolvimento da área de Tecnologia da Informação”. Devido a cultura de diferenciação entre coisas de meninos e coisas de meninas, existe a tendência de menor interesse em abordagens tradicionais de robótica das meninas formando estereótipos sobre as diferentes habilidades entre os indivíduos (Santos & Oliveira, 2020) que em geral, fazem com que elas não se sintam aptas ou capazes de lidar com a tecnologia (Mattos, Silva e Moreira (2015).

A assunção sobre uma situação, mesmo que falsa, acaba gerando a crença que orienta as decisões individuais e

coletivas, a chamada profecia autorrealizadora, que ocorre de forma velada, inconsciente e conduz ao fracasso acadêmico, pois já pode fazer parte do cotidiano de meninas desde os primeiros estágios educacionais. (Villagran, Moura & Killner, 2022).

Como nos aproximávamos da data da Mostra da Escola, fizemos uma reunião e decidimos que, em 08/11/2021, todos trariam seus projetos para testá-los e para eventuais acertos. A Mostra da Escola é um dia destinado à exposição dos trabalhos de todas as turmas da escola.

No dia 08/11/2021 o grupo que produziu o barquinho tinha o casco feito de isopor reaproveitado e uma pilha tamanho AA que deveria girar a hélice que movimentaria este barquinho (Figura 3A). Esta pilha se encontrava solta dentro do barquinho e houve a sugestão de fixá-la no barco com um pedaço de madeira ou escavar o isopor para acomodar a pilha. A utilização do pedaço de madeira foi descartada porque eles pensaram na possibilidade deste ajuste causar o afundamento do barco. Desta forma, decidiram pela segunda alternativa (Figura 4B). Também houve a questão de como colocá-lo em funcionamento. Quando apresentaram o projeto, era necessário segurar, com as mãos, as duas pontas dos fios na pilha. Assim, os colegas sugeriram fixar esses fios. Um colega pensou na instalação de um botão para ligar e desligar o motor. Foi proposto que se passasse o fio por dentro do isopor (que antes estava completamente solta) e que se utilizasse um pedaço de fita isolante para fixar os fios nos polos da pilha.

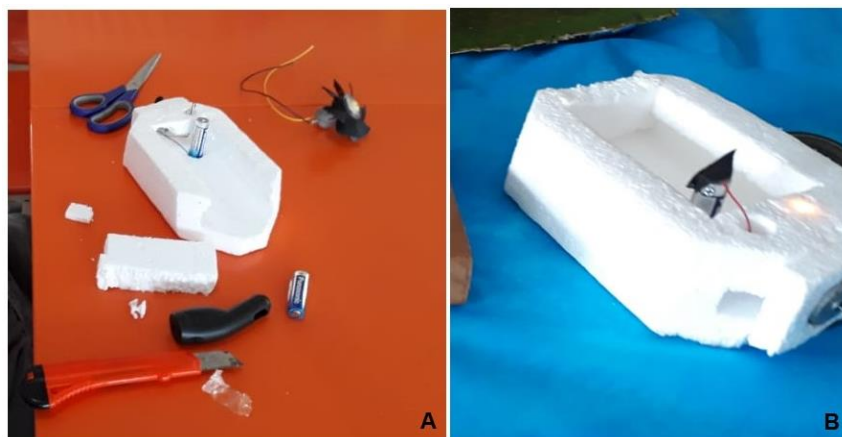


Figura 3. Ajustes no barquinho sustentável (A), e pronto para a Mostra da Escola (B). Fonte: As autoras, 2021.

Outro grupo produziu uma casa sustentável que era composta por papelão, plástico, varetas de palitos em uma base de madeira. Havia também um catavento feito de papelão e que seria responsável para a geração de energia elétrica (Figura 4). Aqui foram debatidas duas questões: a) elas precisavam de uma forma de controlar o acendimento da luz da casa, pois não sabiam como conectar o botão para ligar e desligar a luz, b) ainda era preciso um conversor de energia eólica para elétrica. Mas isso não as deteve para a Mostra da Escola, porque para a exibição, elas conectaram uma luz de led a uma bateria.



Figura 4. Casa sustentável feita de materiais reaproveitados e com catavento para gerar energia elétrica. Fonte: As autoras, 2021.

Nesses dois eventos, o que chamou a atenção foi a capacidade dos alunos levantarem hipóteses e resolver os problemas, baseados em suas pesquisas e estudos durante o percurso. Ter finalizado, ou não, o seu projeto não diminui o valor do processo educativo. E assim, Paulo Freire, em seu livro *Pedagogia da Autonomia*, cita que o pensar certo do ponto de vista do professor, também implica em estimular a capacidade criadora do educando (Freire, 1996, p.29) e que “transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo” (Freire, 1996, p.33).

Na Figura 5 podemos ver o projeto executado com 100% de material reaproveitado: o gerador de energia que foi feito com CD, tampinhas de garrafas, fios, capacitor, bateria de um tablet que foi descartado e uma lâmpada obtida de um enfeite de Natal. Assim, podemos ver o gerador desligado e a lâmpada apagada (Figura 5A) e o gerador em funcionamento e a lâmpada acesa (Figura 5B). Neste projeto, os alunos tinham como objetivo acender a lâmpada, mas também aprenderam a criar um circuito elétrico.

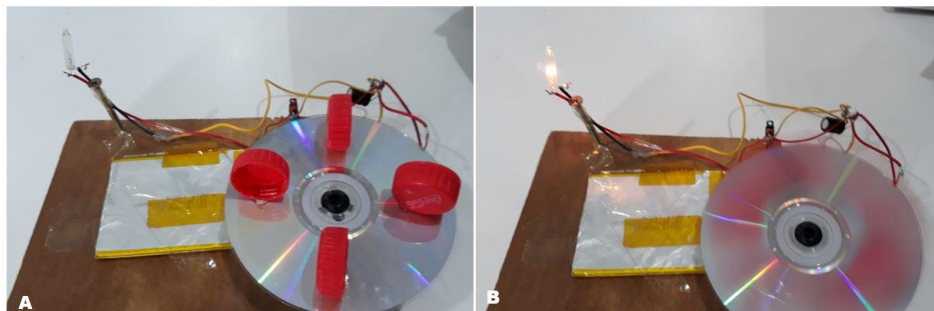


Figura 5. Gerador de Energia com a lâmpada desligada (A) e ligada (B). Fonte: As autoras, 2021.

Aqui é possível visualizar como a abordagem STEAM contribuiu para integrar saberes da Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática durante o processo de investigação de um problema e sua contribuição para a formação integral dos estudantes:

entende-se aqui “integral” como uma formação que desenvolva um cidadão criativo, capaz de usar o conhecimento para elaborar argumentos, resolver problemas de forma crítica e com base em argumentos sólidos e atuar de forma ampla, modificando sua realidade por meio da responsabilidade social, do autocuidado, da empatia, da colaboração com seus pares (Bacich & Holanda, 2020, p. 2).

A abordagem STEAM pode contribuir para lidar com os desafios contemporâneos, manter a excelência acadêmica e desenvolver competências comprometidas com a transformação social (Bacich & Holanda, 2020).

No dia da exposição, foi contagiante a animação dos estudantes que estavam orgulhosos e muitos também se encontravam ansiosos. A experiência de exibir seus projetos foi igualmente enriquecedor, pois eles apresentaram seus trabalhos aos professores, alunos, pais e outros visitantes. Eles demonstraram grande satisfação, e repetiam a todo momento a frase: “fomos nós que fizemos!”, explicando com autonomia e de forma espontânea.

É importante ressaltar que além de apresentar seus projetos, eles envolviam seus espectadores com explicações sobre a importância da consciência de cada indivíduo, nas atitudes que ajudam na preservação do meio ambiente, na reutilização de materiais que seriam descartados como lixo e atitudes sustentáveis para o dia a dia.

Complementando a exposição do 7º ano, como um grupo não conseguiu executar seu projeto porque não foi possível trabalhar durante as aulas e tão pouco se reunir após as aulas, eles apresentaram um estudo sobre a coleta seletiva do resíduo para compor o “Estande da Reciclagem”. Apresentaram as caixas de coleta, demonstraram como deve ser feita a separação dos resíduos para que cheguem em boas condições para serem processados no Ecoponto da cidade. Também trouxeram alguns exemplos de e-lixo (Figura 6).



Figura 6. Estande da Reciclagem: caixas coletoras coloridas e exemplos de e-lixo. Fonte: As autoras, 2021.

Durante as apresentações, os alunos estiveram seguros e confiantes. Foi perceptível a alegria em apresentar seus trabalhos e compartilhar as informações sobre a construção dos projetos e sobre a importância da preservação do meio ambiente.

Este projeto repercutiu na escola dado o interesse de estudantes de outras turmas que expressaram a vontade de participar do projeto. Houve o despertar da curiosidade e a vontade de aprender da comunidade escolar.

IV. CONCLUSÃO

A SEI mostrou como a Robótica Sustentável pode ser uma ferramenta poderosa para trabalhar os conceitos de preservação ambiental e reuso de materiais. Os conteúdos foram disponibilizados de forma natural e instigaram os estudantes a buscarem soluções criativas para trabalhar de forma colaborativa, compartilhando os conhecimentos para desenvolver seus projetos, promovendo e valorizando o seu protagonismo e a apropriação da aprendizagem, bem como ganhando destaque entre seus colegas de escola.

O projeto permitiu aos alunos que fossem agentes ativos durante todas as suas fases, sendo capazes de desenvolver pensamento crítico sobre alguns problemas do mundo em sua volta, conforme é esperado quando usamos a abordagem STEAM.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) no curso de especialização para professores “Ciência é Dez!” UAB – UFMT. Também agradecemos aos discentes que participaram da pesquisa e à escola pelo apoio durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, E. S., Baldow, R., Leite, B. S., Leão, M.B. C. (2019) *Robótica sustentável e o ensino de química: uma prática pedagógica utilizando lixo eletrônico*. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC, Natal, RN.
- Araújo, A., Silva, I. P., Serra, K. C. (2020.) Projeto Engenharia de trânsito: Robótica no Semáforo de Cruzamento. *ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v.10, n. 2, p. 129-139.
- Assis, A., Teixeira, O. P. B. (2003). Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 9, p. 41-52.
- Antqueves, L. M. C., Bosa, C. R., Dubiaski-Silva, J. (2015). Educação Ambiental e Atividades Lúdicas: Um incentivo a mudança de hábitos na geração de lixo. *Revista Monografias Ambientais*, v. 14, n. 2, p. 183-19.
- Bacich, L. & Holanda, L. (2020). STEAM: Integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro (org). *STEAM em Sala de Aula*. Porto Alegre: Penso.
- Bacich, L. & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- Barbosa, G. G. (2014). Recursos Naturais Renováveis e Produção de Energia. *Revista Política Hoje*, v. 23, p. 193 - 215.
- Baldow, R. & Leão, M. B. C. (2017). *Robótica sustentável e aprendizagem colaborativa: contribuições no ensino de eletricidade e hidrostática*. X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Sevilla, Espanha.
- Brockveld, M. V. V., Teixeira, C. S. & Silva, M. R. (2017). *A Cultura Maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais*. Conferencia Anprotec, Inovação e empreendedorismo transformando cidades, Rio de Janeiro, RJ.

- Carvalho, A. M. P. (2017). Um Ensino Fundamental na estrutura da construção do conhecimento científico. *Schema Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas*, v.9.
- Cenci, B. R.; Marchesan, A., Barriquello, C. H. & Loose, F. (2013). *Transmissão de energia elétrica sem fio: uma proposta para integração entre conhecimentos de uma engenharia elétrica e de ensino médio*. XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- Conchinha, C., Leal, M. & Freitas, J.C de. (6-7 de maio de 2016). Robots & NEE: A robótica virtual como promotora de inclusão e da aprendizagem por projetos lúdicos. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança/Escola Superior de Educação. IV Conferência Ibérica de Inovação na Educação com TIC. Recuperado de <http://www.conferencias.ipb.pt/index.php/ieTIC2016>.
- Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002. (2022) Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF. Recuperado de <http://conama.mma.gov.br/>
- Clement, L., Custódio, J. F. & Alves, J. P.Fo. (2015). Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.8, n.1, p.101-12.
- Cysneiros, P. G. (2007). *PAPERT, Seymour*. A máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática. *R. Faced*, n.12, p. 227-231.
- Cysneiros, P. G. (1999). *Resenha crítica. A máquina da crianças: repensando a escola na era da informática*. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v.3, p. 139-144.
- Franco, A. S., Moreira, C. S., Nascimento, V. X., Miranda, P. R. B. & Cabral, A. B. (2021). Danos causados à saúde humana pelos metais tóxicos presentes no lixo eletrônico. *Diversitas Journal*, v. 6, n. 2, p. 2025-2039.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Geraldo, A. C. H. (2009). *Didática de Ciências Naturais na perspectiva Histórico-crítica*. Campinas: Autores Associados.
- Goldman, D., Alkaher, I. & Aram, I. (2021). Looking garbage in the eyes”: From recycling to reducing consumerism - transformative environmental education at a waste treatment facility. *The Journal of Environmental Education*, v.52. n.6. p.398-416.
- Kemerich, P. D. C., Mendes, S. A., Vorpapel, T. H. & Piovesan, M. (2013). *Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo*. *Engenharia Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 208-219.
- Lima, D. M de (2019). O movimento Maker e a Educação: impacto da aplicação de ferramentas computacionais que estimulam a lógica e o pensamento criativo em alunos do Ensino Fundamental.108p.Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Sistemas de Informação)- Campus Universitário da Região dos Vinhedos da Universidade de Caxias do Sul.
- Mattos, G., da Silva, D., & Moreira, J. (2015). A Utilização de Kits de Robótica como Ferramenta para o Ensino de Programação à Meninas do Ensino Médio. In *Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação*, (pp. 376-385). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wei.2015.10254.
- Medeiros, L. F., Wunsch, L. P. & Bottentuit, J. B. Jr. (2019). A robótica sustentável na educação: sucata e materiais elétricos como suporte para a formação do docente atual. *Revista Cocar*, n. 5, p. 197-213.
- Santos, C., & Oliveira Filho, A. (2020). Robótica e Interdisciplinaridade: Aprendizagem Criativa Atraindo Meninas para a Tecnologia. In *Anais do XIV Women in Information Technology*, (pp. 120-128). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wit.2020.11282.

Silva, A. F. (2009). *RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com robótica educacional*. 2009. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Thomaz, S., Aglaé, A., Fernandes, C., Pitta, R., Azevedo, S., Burlamaqui, A., Silva, A. F. & Gonçalves, L. M. G. (2009). *RoboEduc: A pedagogical tool to suport educational robotics*. 39^a ASEE/IEE Frontiers in Education Conference.

Villagran, J. G. T., Moura, A. do R., & Killner, G. I. (2022). O efeito tesoura no Ensino Fundamental. *Momento - Diálogos Em Educação*, 31(02), 624–645. <https://doi.org/10.14295/momento.v31i02.13809>.

Zilli, S. R. (2004). *A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e práticas*. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.