

ENSINO DE FÍSICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PERCEPÇÕES DE SUSTENTABILIDADE DOS ESTUDANTES EM UMA ATIVIDADE DE ROBÓTICA SUSTENTÁVEL

Teaching physics and environmental education: perceptions of students' sustainability in a Sustainable Robotics activity

Rodrigo Baldow [rodrigobaldow@gmail.com]

Everaldo Nunes de Farias Filho [everaldo_nff@hotmail.com]

Bruno Silva Leite [brunoleite@ufrpe.br]

Carmen Roselaine de Oliveira Farias [crofarias@gmail.com]

Marcelo Brito Carneiro Leão [mbcleo@terra.com.br]

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmão, Recife, PE, CEP: 52171-900

Recebido em: 04/03/2018

Aceito em: 10/09/2018

Resumo

A educação ambiental possibilita discussões sobre uma educação voltada para a cidadania, enfatizando a reflexão e o debate do cidadão-crítico. Nesse sentido, a Robótica Sustentável, por ser uma atividade de baixo custo, contribui com a diminuição do impacto ambiental, no momento que reutiliza lixo eletrônico. Esta pesquisa, de natureza qualitativa, teve como objetivo principal analisar como uma atividade de Robótica Sustentável no Ensino de Física pode contribuir para a construção de uma visão crítica dos estudantes sobre os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico. Participaram da atividade estudantes do Ensino Médio de uma escola técnica estadual, na qual construíram protótipos de Robótica reutilizando materiais. Após a atividade, realizamos uma entrevista estruturada com cada participante e suas respostas foram categorizadas e analisadas. Os resultados mostram que, como esses discentes cursam o Ensino Médio junto com o curso técnico de Informática a prática pedagógica realizada contribuiu no aprendizado das potencialidades de várias peças internas do computador, que no momento do descarte dessa máquina alguns materiais poderiam ser reutilizados em distintos projetos. Observamos também que os estudantes aprenderam na prática, conteúdos de Física, tais como eletricidade e hidrostática, e passaram a ter uma visão mais ampla a partir da Robótica Sustentável e da perspectiva da Sustentabilidade Crítica.

Palavras-Chave: Robótica Sustentável, Educação Ambiental, Ensino de Física.

Abstract

Environmental education enables discussions on citizenship education, emphasizing the reflection and debate of the citizen-critic. In this sense, Sustainable Robotics, that is a low-cost activity, contributes to the reduction of environmental impact, in the moment that reuses electronic waste. This paper, a qualitative research, had as aim to analyze how a Sustainable Robotics activity in the Teaching of Physics can contribute to the construction of a critical view of the students on the environmental impacts caused by the electronic waste. The students participated of the activity in a High School, in which they built prototypes of Robotics reusing materials. After the activity, a structured interview was conducted with each participant and their responses were categorized and analyzed. The results show that, as these students attend high school together with the technical course of Informatics, the pedagogical practice carried out contributed to the learning of the potentialities of several internal pieces of the computer, which at the time of discarding this machine some materials could be reused in different projects. It is also observed that students learn

in practice, physics content, such as electricity and hydrostatics, and have a broader view from Sustainable Robotics and the perspective of Critical Sustainability.

Keywords: Sustainable Robotics, Environmental Education, Physics Teaching.

Introdução

A questão ambiental, como problemática global, emerge no cenário social como expressão de estilos de vida assumidos por uma sociedade guiada pelo sistema capitalista. Esse sistema econômico tem como escopo a geração de lucros por meio do uso desenfreado dos recursos naturais, exploração de trabalho, alienação das pessoas e incentivo ao consumismo, sendo que este último se configura como engrenagem principal para a manutenção desse sistema.

No sentido de acumular riquezas, esse sistema econômico tem a intencionalidade de inculcar uma ideologia consumista nos indivíduos de que precisam comprar bens e serviços não porque necessitam tê-los, mas para atender a desejos pessoais impostos por grupos sociais hegemônicos por intermédio da mídia. Neste sentido, a adesão a esses modos de vida tem impulsionado de forma expressiva o crescimento de uma cadeia linear de extração de recursos naturais de forma insustentável, aumento na produção de bens de consumo carregados de produtos tóxicos, descarte dos rejeitos desses artefatos e, conseqüentemente, o surgimento de doenças provocadas pela contaminação do ambiente.

Reagindo a esses problemas socioambientais, diversos setores da sociedade, entre os quais está a educação, têm procurado desenvolver práticas orientadas por uma sustentabilidade socioambiental (FARIAS FILHO, 2014). Nesse sentido, a Educação Ambiental (EA) se constitui como resultado e promoção de ambientalização social, objetivando desenvolver valores, habilidades e atitudes individuais e coletivas, em favor do ambiente ecologicamente equilibrado (CARVALHO; TONIOL, 2010).

No que diz respeito à inserção da questão ambiental nas escolas, as políticas educacionais de EA como a Lei Federal 9.795/99 (BRASIL, 1999), que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), e a Resolução nº 02 de 15 de junho de 2012 e do Parecer CNE/CP nº 14/2012 que apresentam as Diretrizes Curriculares Nacionais de Educação Ambiental (DCNEA) já expõem um entendimento de que a EA deve ser inserida em todos os níveis e modalidades de ensino (BRASIL, 2012). Apesar desses documentos desencorajarem a criação de uma disciplina específica de EA no currículo da educação básica, evidenciando seu caráter “mais-que-disciplinar” (VELASCO, 2002), estudos (SEGURA, 2001; SATO; CARVALHO, 2005; FARIAS FILHO, 2014) apontam para um senso comum entre os atores educacionais de que a EA limita-se ao campo das disciplinas de Biologia, Ciências e Geografia e que esta aborda exclusivamente conceitos específicos dessas áreas.

Essa visão distorcida limita as práticas ambientais escolares a ações pontuais, comportamentais e acríicas como a preservação de ambientes naturais, a reutilização e reciclagem de materiais e a economia de água e energia de forma descontextualizada da atual crise ambiental, descaracterizando o potencial crítico e emancipatório da EA em proporcionar uma visão holística das causas e conseqüências dos problemas socioambientais. Entretanto, a incorporação de temáticas socioambientais dentro de uma disciplina necessariamente não restringe a EA aos seus conceitos estruturantes. Ao contrário, a EA se utiliza dos saberes de diferentes disciplinas no sentido de estimular a reflexão crítica entre os indivíduos de uma sociedade acerca da problemática ambiental na busca de soluções para minimizar os impactos socioambientais.

Dentre as diversas disciplinas presentes no currículo escolar, o Ensino de Física busca desenvolver nos estudantes um sujeito questionador e que tem desejo de compreender melhor os fenômenos da natureza e os mistérios de todo o universo. Nesse sentido, o uso de atividades como a Robótica Sustentável dentro da disciplina de Física pode se configurar como ponto de partida para a inserção da EA crítica no processo de formação dos alunos no sentido de ampliar os conhecimentos a respeito da questão ambiental. Bogarim e colaboradores (2015) destacam que esse tipo de trabalho contribui com a minimização do impacto ambiental no momento que o lixo eletrônico é reutilizado para construir protótipos, ademais, esses experimentos são de baixo custo.

Neste contexto, é importante que se realizem pesquisas acerca da inserção nas escolas de discussões holísticas sobre as causas e consequências dos problemas socioambientais tendo como base conteúdos específicos das disciplinas. Diante disso, esta pesquisa investiga como uma atividade de Robótica Sustentável no Ensino de Física pode contribuir para a construção de uma visão crítica dos estudantes sobre os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico.

Considerando as dificuldades encontradas nas escolas em relação a debates mais críticos sobre os impactos ambientais causados pelo lixo, em especial o eletrônico, justificamos essa pesquisa pela intenção de contribuir com o avanço nos estudos sobre novas práticas que possibilitem a construção de um pensamento mais crítico dos estudantes sobre o tema a partir de uma atividade com a Robótica Sustentável no Ensino de Física tomando por base referenciais teóricos atuais dentro da sustentabilidade numa perspectiva crítica.

Robótica na Educação

Quando se trabalha com a Robótica na Educação, essa atividade proporciona aos estudantes um ensino que envolve os conhecimentos de Física, de Mecânica, de Artes, de Mecatrônica, de Matemática (CAITANO; AZEVÊDO, 2016). No caso da Robótica Livre e Sustentável, os conhecimentos de Biologia, Química e Educação Ambiental também podem ser inseridos.

Segundo Salamanca, Lombada e Holguín (2010) a Robótica é uma área tecnológica com bastante destaque. Ela pesquisa artefatos que são constituídos de mecanismos que possibilitam controlar alguns movimentos e realizar algumas tarefas. Geralmente esses protótipos funcionam e são montados a partir dos conhecimentos da Eletrônica, da Mecânica, da Hidrostática, da Matemática, da Eletricidade, da Informática, entre outros.

Destarte, Mill e César (2013) destacam que muitas experiências de Robótica na área da Educação estão em crescimento exponencial no Brasil. Na maioria das vezes o material utilizado é os dos kits comerciais que possuem peças pré-confeccionadas, software de controle e acionamento de dispositivos eletromecânicos. Os autores também afirmam que uma atividade com esse tipo de material propicia bons resultados. Todavia, trabalhar com materiais alternativos, que são aqueles de baixo custo e/ou reutilizados e/ou não comerciais, normalmente proporcionam práticas pedagógicas mais ricas dentro da Educação.

A Robótica “Tradicional” na Educação é aquela que trabalha com kits comerciais com materiais pré-fabricados com modelos padronizados, possibilitando aos estudantes aprenderem conceitos científicos, assim como desenvolverem sua criatividade ao construírem seus protótipos de forma autônoma (MILL; CÉSAR, 2013). Todavia, como as peças têm encaixes pré-fabricados, há limitações ao trabalhar com esse material devido à restrições relacionadas à manipulação e construção de artefatos. Vale salientar também que os produtos da Robótica Tradicional e seus programas computacionais proprietários (softwares pagos) são relativamente caros. Apesar do

trabalho pedagógico com esses kits se tornar mais fácil, o alto custo para adquiri-los tende a limitar escolas e professores a terem acesso a esse material.

Entretanto, a Robótica Livre é uma alternativa para se trabalhar a Robótica na Educação sem a utilização dos kits comerciais. César (2013) afirma que a Robótica Livre utiliza materiais de solução livre e/ou sucatas como instrumentos tecnológicos de mediação na construção de conhecimentos científicos nas práticas pedagógicas. Nesse sentido, a Robótica Livre tem a intenção de estimular o trabalho cooperativo, colaborativo, a resolução de problemas assim como a construção de conhecimentos a partir de artefatos que devem ser planejados e montados utilizando descartes de forma crítica e criativa.

Mill e César (2013) destacam que nas atividades realizadas com a Robótica Livre se percebe benefícios nessa prática pedagógica em relação à Robótica Tradicional, tais como:

- ✓ Um maior desenvolvimento na interação, na cooperação, na colaboração e no respeito aos colegas por trabalhar com software livre estimulando um espírito de trabalho em grupo;
- ✓ Proporciona uma prática pedagógica que possa debater e refletir problemas ligados ao meio ambiente discutindo a questão ambiental de forma a politizar os participantes em relação ao desenvolvimento sustentável, à concentração de renda e aos softwares proprietários e livres;
- ✓ Maior envolvimento dos estudantes na concepção e desenvolvimento dos projetos pelo fato de não trabalharem com materiais pré-confeccionados por empresas além da possibilidade de modificar o código do software de controle do mecanismo robótico;
- ✓ Explora mais as questões relacionadas à pesquisa e à Ciência, especialmente questões relacionadas à ética e a democratização do conhecimento científico.

Dentro do “mundo” da Robótica Livre existem protótipos feitos somente com descartes e peças de baixo custo sem a necessidade de utilizar um software. Atividades com esses tipos de materiais fazem parte da Robótica Sustentável. A figura 01 mostra como essas áreas estão localizadas no universo da Robótica voltada para a Educação.

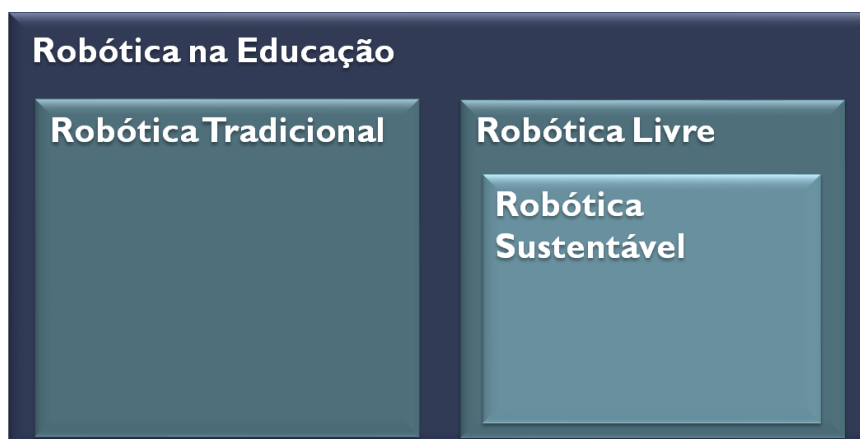


Figura 01. Robótica na Educação e suas Áreas.

É importante destacar que a Robótica Sustentável contribui com a diminuição do impacto ambiental no momento que reutiliza o lixo eletrônico, além de ser uma atividade de baixo custo (BOGARIM et al., 2015). Na próxima seção será discutida a Robótica Sustentável a partir da perspectiva da Sustentabilidade Crítica.

Sustentabilidade Crítica e Robótica Sustentável

No início dos anos 1990, década em que foi realizada no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, o conceito de Sustentabilidade tem estado presente nos debates de várias esferas sociais acerca da questão ambiental. Neste sentido, esse conceito passou a ser discutido também na área da política e da economia sustentando uma ideia de desenvolvimento sustentável aliado ao desenvolvimento econômico de forma a atribuir às atitudes dos cidadãos do presente a responsabilidade do que vai acontecer no futuro. Visto que a sociedade dá tanta ênfase ao imediatismo e efêmero, sugerir uma proposta oposta passa a ser considerada como algo positivo e que tenha seus méritos (LOUREIRO, 2012).

Desde os anos 1990, algumas mudanças estão sendo feitas no setor empresarial, referentes ao trabalho com o meio ambiente. Todavia, tais atitudes só foram iniciadas para atender a orientações de leis ambientais e na expectativa de conseguir benefícios na competitividade do mercado pela inserção na temática ambiental nas suas estratégias de comercialização. Dessa forma, começaram a visualizar que aquilo que era jogado fora podia se tornar um recurso, logo, economizando os recursos naturais e energéticos, diminuindo o desperdício e a poluição. Essas atitudes conseguiram passar para a população uma imagem empresarial positiva a ponto de explorarem isso em campanhas de marketing (LAYRARGUES, 2000).

Diante dessa lógica de mercado, um novo consumidor surge: o consumidor verde que traz a ideia de que este novo ator social tem em suas mãos o poder de escolher o produto além do preço e da qualidade. Para ele, há uma terceira variável: o meio ambiente. O produto agora necessita ser ambientalmente correto, não prejudicar o meio. A ideia desse novo consumidor faz com que o mercado passe para a sociedade a responsabilidade ambiental (LAYRARGUES, 2000). Segundo Layrargues (2000), o consumidor verde, de certa forma, contribui com o que o mercado atual almeja. Ele se tornou um elemento importante no projeto de desenvolvimento neoliberal e ecológico que defende a ideia da tecnologia limpa e da reciclagem sem interferir no consumismo. Dessa forma, os impactos ambientais que são causados pela cultura do consumismo não são debatidos pelo mercado.

No atual mundo capitalista, o consumismo levou a fabricação de aparelhos com a vida útil menor e aumentou a facilidade de comprá-los. Esse processo de diminuir a vida útil do produto é chamado de “obsolescência programada”, as empresas os tornam obsoletos rapidamente para poderem lucrar mais (LAYRARGUES, 2002; BOGARIM; LARREA; GHINOZZI, 2015). Esse fato gera um grande problema que é o aumento do lixo eletrônico (e-lixo). Além disso, a falta de um planejamento e um destino correto para esse tipo de lixo acarreta diversos problemas socioambientais devido aos vários elementos químicos existentes nesses aparelhos que podem poluir o espaço e trazer problemas de saúde (SOUZA; GARCIA, 2014; LIMA et. al, 2010).

Quando descartamos objetos como mouse, teclado, impressora, pilha, bateria e equipamentos eletrônicos, devemos ter alguns cuidados por esses materiais apresentarem metais pesados como cobre, mercúrio, zinco, chumbo, níquel, manganês, platina, lítio e cádmio. Entretanto, na maioria das vezes, esse lixo é jogado em terrenos baldios e queimados a céu aberto.

Procurar alternativas para diminuir esse descarte parece ser fundamental. No entanto, no Brasil, o debate sobre isso ainda é muito superficial (LIMA et. al, 2010).

O quadro 01 apresenta alguns elementos químicos presentes em materiais eletrônicos e os danos que eles podem causar.

Quadro 01. Danos causados por alguns elementos químicos encontrados em materiais eletrônicos.

Elemento	Onde é encontrado	Danos causados
Chumbo	Computadores, celulares e televisões	Danos aos sistemas nervoso e sanguíneo
Mercurio	Computadores, monitores e TVs de tela plana	Danos cerebrais e ao fígado
Cádmio	Computadores, monitores antigos e baterias de notebooks	Envenenamento, danos aos ossos, rins e pulmões
Arsênio	Celulares	Doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão
Berílio	Computadores e celulares	Câncer no pulmão
Retardament o de chamas (BRT)	Diversos componentes eletrônicos para prevenção de incêndios	Desordens hormonais, nervosas e pulmonares
PVC	Fios, para isolamento elétrico	Se queimado e inalado, pode causar problemas respiratórios
Lítio	Pilhas e baterias	Afeta o sistema nervoso central, gerando visão turva, ruídos nos ouvidos, vertigens, debilidade e tremores
Níquel	Pilhas e baterias	Dermatites, distúrbios respiratórios, gengivites, “sarna de níquel”, efeito carcinogênicos, cirrose e insuficiência renal
Zinco	Pilhas e baterias	Vômitos e diarreias
Cobalto e Compostos	Baterias de lítio	“Sarna do cobalto”, conjuntivite, bronquite e asma
Bióxido de manganês	Pilhas alcalinas	Anemia, dores abdominais, vômitos, crises nervosas, dores de cabeça, seborreia, impotência, tremor nas mãos, perturbação emocional

Fonte: Greenpeace e Wast Guide *apud* Bogarim, Larrea e Ghinozzi (2015)¹

Neste contexto, defendemos que o desenvolvimento de atividades pedagógicas na disciplina de Física com a Robótica Sustentável reutilizando materiais, por exemplo, que estão dentro dos computadores e são descartados como motores, engrenagens, *coolers*, leds, interruptor, como também reutilizando materiais como papelão, canos, garrafas pet e materiais de baixo custo para construir artefatos sustentáveis, podem contribuir para a formação de cidadãos críticos acerca da questão ambiental. Os protótipos da Robótica Sustentável normalmente são elétricos e/ou hidráulicos. Quando reutilizamos motores de drives de CD e DVD ou de um HD que iriam ser descartados, esses materiais podem servir para fazer vários artefatos robóticos elétricos como carrinho elétrico, lixadeira elétrica, serra elétrica, ventilador, mão biônica elétrica etc. Usando seringas e mangueiras, protótipos hidráulicos podem ser construídos como escavadeira, mão biônica hidráulica, robô hidráulico, entre outros. Entretanto, a inserção do conceito de sustentabilidade em atividades escolares deve ser orientada a partir de uma perspectiva crítica e emancipatória que se contraponha às ações comportamentalistas e ingênuas como ações de coleta seletiva e reciclagem

¹ Apud Bogarim; Larrea; Ghinozzi, 2015.

descontextualizadas. No trabalho com a Robótica Sustentável há diferenças que podem ser notadas em relação à Robótica Tradicional e a Livre como:

- ✓ Debate de forma mais aprofundada sobre a Educação Ambiental a partir da perspectiva da Sustentabilidade Crítica;
- ✓ Possibilita uma prática pedagógica mais acessível podendo chegar a todas as escolas por trabalhar com a reutilização de materiais e usar outros de baixo custo;
- ✓ Proporciona uma prática mais simples por não precisar trabalhar com programação;
- ✓ Propicia debater conceitos da Física de forma mais aprofundada pelo fato dos conhecimentos científicos que explicam o funcionamento dos artefatos na Robótica Sustentável serem dessa Ciência.

Metodologia

Com o intuito de contemplar o objetivo central deste trabalho, levamos em consideração a pesquisa qualitativa, que de acordo com Minayo (1999, p. 18) uma “abordagem qualitativa não pode pretender o alcance da verdade, com o que é certo ou errado; deve ter como preocupação primeira a compreensão da lógica que permeia a prática que se dá na realidade”. Para Bardin (2011, p. 145), a “análise qualitativa apresenta certas características particulares. É válida, sobretudo, na elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa, e não em inferências gerais”. Nesse sentido, o trabalho foi desenvolvido como um estudo de caso a partir da reflexão sobre o impacto ambiental causado por lixo eletrônico em atividades com Robótica Sustentável. Assim, esta proposta foi realizada em uma escola do município de João Pessoa (PB), com nove estudantes do curso médio técnico de informática que foram convidados pelo professor de Física para participar, de forma voluntária, de uma prática pedagógica relacionada à Robótica Sustentável.

A pesquisa foi desenvolvida em seis etapas:

- 1) Discussões com os estudantes sobre os conteúdos envolvendo a Robótica Sustentável, a Física e a EA presentes na atividade;
- 2) Pesquisa na internet para a escolha dos protótipos. Nessa etapa, os participantes escolheram os protótipos a serem construídos utilizando o lixo eletrônico, objetos que foram descartados e materiais de baixo custo;
- 3) Escolha dos materiais a serem reutilizados. Diante dos protótipos selecionados (etapa 2), os estudantes realizaram o desmonte dos computadores da escola que seriam descartados como lixo eletrônico, e extraíram deles os materiais para o reuso. Algumas peças de baixo custo foram compradas para auxiliar na construção dos protótipos;
- 4) Construção dos protótipos. Com os materiais e as ferramentas, os alunos construíram um gerador de energia eólico, uma mão biônica hidráulica, um robô hidráulico, um carrinho elétrico, uma lixadeira/serra elétrica de mão e um alarme de placa de pressão;
- 5) Entrevista estruturada. Depois de finalizada a atividade com a construção dos seis protótipos, realizamos a entrevista.
- 6) Análise e categorização das respostas da entrevista.

Como instrumento de coleta de dados, utilizamos a entrevista estruturada em que “o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido; as perguntas feitas ao indivíduo são predeterminadas” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 196). A entrevista continha quatro perguntas (Quadro 02) relacionadas à sustentabilidade na atividade com a Robótica Sustentável. As respostas da entrevista foram gravadas e posteriormente transcritas, sendo descritas conforme as falas dos sujeitos da investigação, eliminando-se os nomes e dados que poderiam identificá-los. Nesse contexto, os estudantes foram identificados com os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 para que o anonimato seja respeitado. O objetivo da entrevista foi analisar as percepções dos estudantes a respeito da Sustentabilidade Crítica diante da prática pedagógica realizada com a Robótica Sustentável e o que eles aprenderam de Física. Diante das respostas dos estudantes, construímos conjuntos de categorias conceituais que foram organizadas em quadros com o intuito de facilitar as inferências. Sobre inferência, Bardin (2011, p. 45) afirma que é uma “operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras”.

Quadro 02. Perguntas Realizadas na Entrevista.

<i>Foram feitos, até agora, dois protótipos hidráulicos: o Robô Hidráulico e a Mão Biônica Hidráulica. O que você aprendeu de Física nesses experimentos?</i>
<i>Foram feitos, até agora, alguns protótipos elétricos como alarme de placa de pressão, carrinho elétrico, lixadeira/serra circular elétrica e gerador eólico. Nesses experimentos, o que você aprendeu de Física?</i>
<i>Você considera importante a ideia de trabalhar a Robótica a partir da reutilização de materiais que iriam para o lixo? Por quê?</i>
<i>Para você, qual a importância de reutilizar um material que ia ser jogado fora?</i>

No que diz respeito à categorização, Bardin (2011, p. 148) afirma que “classificar elementos em categorias impõe a investigação do que cada um deles tem em comum com outros. O que vai permitir o seu agrupamento é a parte comum existente entre eles”. A seção a seguir, analisará os protótipos e os quadros construídos com a categorização dos comentários das entrevistas.

Resultados e discussão

Os seis protótipos construídos na atividade utilizaram materiais de baixo custo, assim o quadro 03 descreve como foi feita a reutilização de cada peça.

Quadro 03. Materiais Utilizados nos Protótipos.

Protótipo	Materiais Reutilizados	Material de Baixo Custo
Gerador de Energia Eólico	Cooler, fios e Led	-
Mão Biônica Hidráulica	Papelão e caixa de metal de uma fonte	Seringa, mangueira, prego, elástico e cordão
Robô Hidráulico	Cano, tampa de garrafa PET, pedaço do cabo de uma vassoura e uma garrafa PET	Seringa, mangueira, abraçadeira e arame
Carrinho Elétrico	Pedaço de madeira, tampa de garrafa PET, engrenagens com uma correia, motor, interruptor, fios e dois metais cilíndricos.	Pilha
Lixadeira/Serra	Motor, carregador, interruptor, lata de	

Elétrica de Mão	refrigerante, metal da caixa do HD, um CD, palito de pirulito e cone de linha.	-
Alarme de Placa de Pressão	Palitos de picolé, esponja e caixa de som.	Folha de alumínio

Podemos verificar no quadro 03 que a maioria dos materiais que foram utilizados para construir os seis protótipos foram reutilizados. Assim como foram utilizados alguns materiais de baixo custo. Com isso, percebemos que os artefatos montados pelos estudantes durante a atividade são acessíveis e seguem a lógica da Sustentabilidade Crítica conforme descreve Layrargues (2002).

Em relação à primeira questão: *Foram feitos, até agora, dois protótipos hidráulicos: o Robô Hidráulico e a Mão Biônica Hidráulica. O que você aprendeu de Física nesses experimentos?* Os comentários apresentados foram categorizados no quadro 04.

Quadro 04. Categorização das respostas referentes à questão 01.

Categorias	Unidades de Significado	Estudantes	Frequência das Respostas	%
Conceito do Princípio de Pascal	<i>“Eu aprendi o Princípio de Pascal. Ao aplicar pressão em um ponto o fluído vai sofrer a pressão e deslocar no outro ponto. Então, ao proporcionar uma pressão em uma seringa a outra irá se movimentar.”</i>	1, 3, 4, 5, 6, 7	6	66,67
Conceito do Princípio de Pascal e Relação com os Materiais Utilizados nos Protótipos	<i>“Aprendi alguns conceitos de Hidrostática. O conceito da mão hidráulica é pela pressão na água que vai fazer com que o dedo funcione. No caso do robô também. Quando a gente aperta a seringa tem uma pressão de forma que a água passa pela mangueira e o dedo lá, com outra seringa, funciona.”</i>	2, 8, 9	3	33,33

Observamos no quadro 04 que a atividade realizada oportunizou que os estudantes compreendessem a ideia do Princípio de Pascal que é o conhecimento científico principal que explica o funcionamento da mão biônica e o robô hidráulico. Um terço deles teve o cuidado também de explicar como os protótipos funcionavam, especificando alguns detalhes, a partir desse conceito. Com isso, podemos perceber que o trabalho com a Robótica proporcionou aos estudantes uma prática pedagógica rica, conforme Mill e César (2013) destacaram, possibilitando o aprendizado de conceitos científicos que explicam o funcionamento dos protótipos.

Continuando nossas análises, realizamos a seguinte pergunta aos estudantes: *Foram feitos, até agora, alguns protótipos elétricos como alarme de placa de pressão, carrinho elétrico, lixadeira/serra circular elétrica e gerador eólico. Nesses experimentos, o que você aprendeu de Física?* Os comentários apresentados foram categorizados no quadro 05.

Quadro 05. Categorização das respostas referentes à questão 02.

Categorias	Unidades de Significado	Estudantes	Frequência das Respostas	%
Ideia de um circuito simples	<i>“Bom, é muito importante nesses experimentos você entender como funciona uma corrente,</i>			

com chaveamento e pilhas em série alimentando um motor.	<i>como funciona uma resistência, interruptores, essas coisas da parte elétrica. O carrinho elétrico, por exemplo, o circuito dele é simples. É um circuito com duas pilhas em série para aumentar a quantidade de tensão e, por fim, ele tem um chaveamento bem simples.”</i>	1, 9	2	22,22
Ideia de abrir e fechar um circuito simples com um chaveamento ou uma placa de pressão.	<i>“O mais comum entre esses projetos é a possibilidade de utilizar o chaveamento. No caso da placa de pressão, tem um circuito que uma parte dele está cortado. Esta parte que está cortada é onde tem a placa de pressão. Então, ao pressionar, eu vou juntar as duas placas. Juntando as duas placas, eu fecho o circuito. Ao fechar o circuito, o som é emitido. O carrinho elétrico, ele é um circuito simples que é comandado por um chaveamento. A lixadeira tem o mesmo conceito do carrinho. Um circuito simples alimentado e controlado por uma chavinha.”</i>	2, 6	2	22,22
Ideia de gerar energia por indução, placa de pressão e energia elétrica se transformando em mecânica.	<i>“Eu aprendi no gerador eólico como funciona a energia quando os ímãs estão em movimento o que gera uma tensão que liga a LED. No caso da placa de pressão, a gente pode utilizar sabendo que ao fechar um circuito a energia vai passar e vai soar um alarme. O carrinho elétrico mostra o movimento do motor que vai gerar um movimento mecânico.”</i>	3, 4, 5, 7, 8	5	55,55

Ao analisar as categorizações dos comentários, verificamos que os estudantes compreenderam a ideia de chaveamento de um interruptor, assim como de uma placa de pressão. Além disso, aprenderam a ideia de um circuito simples entendendo como ele pode ser construído. Dessa forma, o trabalho com o carrinho elétrico, lixadeira/serra circular elétrica e a placa de pressão contribuiu para eles compreenderem alguns conhecimentos científicos que explicam o funcionamento desses protótipos. A maioria dos participantes colocou em seus comentários a ideia da geração de energia a partir da indução. No trecho *Eu aprendi no gerador eólico como funciona a energia quando os ímãs estão em movimento o que gera uma tensão que liga a LED* percebemos que eles conseguiram ter uma ideia da parte teórica e prática da indução magnética. Alguns estudantes acrescentaram outras ideias compreendidas como a questão do aumento da tensão que alimenta o circuito quando duas pilhas são ligadas em série.

Esses dois últimos quadros acima confirmam o que Salamanca, Lombada e Holguín (2010) destacaram que a montagem e o funcionamento dos protótipos da Robótica necessitam de conhecimentos da área de Física, em especial Hidrostática e Elétrica. A prática pedagógica, no seu desenho e construção dos artefatos, por parte dos estudantes, fez com que eles aprendessem mais sobre os conhecimentos científicos abordados nos protótipos ao montarem os circuitos elétricos de alguns artefatos e discutirem conhecimentos físicos relacionados à tensão, aos resistores, à corrente elétrica, ao chaveamento, à geração de energia e à indução elétrica. Assim como na construção dos protótipos hidráulicos ao trabalharem com o movimento das seringas, com água dentro, debatendo a ideia do princípio de Pascal.

Em relação à terceira questão *“Você considera importante a ideia de trabalhar a Robótica a partir da reutilização de materiais que iriam para o lixo? Por quê?”* categorizamos as respostas apresentadas no quadro 06.

Quadro 06. Categorização das respostas referentes à questão 03.

Categorias	Unidades de Significado	Estudantes	Frequência das Respostas	%
Diminuição da poluição	<i>“Eu acho importante porque atualmente muitos materiais que você poderia reutilizar e criar novas coisas estão acabando indo para aterros sanitários e lixões onde são descartados de maneira errada e acaba poluindo o meio ambiente. Com a Robótica Sustentável a gente reutiliza materiais e diminui a quantidade de lixo.”</i>	1, 7	2	22,22
Combate ao consumismo	<i>“Eu acho importante porque em vez de gastar dinheiro com materiais caros, a gente pode usar o que a gente já tem e que poderia ser jogado no lixo, mas não, a gente vai aumentar o tempo de vida desse material e vamos dar outro destino a ele. É muito bom esse tipo de trabalho porque nos dá ideia de não gastar muito, ter um custo benefício melhor e aprender não gastando muito.”</i>	2, 3, 5, 9	4	44,44
Criatividade nas aulas de Física	<i>“Bem, a ideia foi muito legal porque mostra como se pode reutilizar os materiais. No caso, materiais que iriam para o lixo e que você vai ajudar o meio ambiente e fazer novos projetos, fazer novos protótipos sustentáveis e ter mais criatividade.”</i>	4, 6, 8	3	33,33

A primeira categoria analisada nesta etapa se refere à reutilização dos materiais descartados como forma de diminuir a produção do lixo e minimizar os impactos causados pela poluição. Podemos verificar que os participantes enxergam que grande parte do e-lixo jogado no lixo destina-se a ficar amontoado em lixões causando prejuízos ao ambiente pela forma inconsequente que é eliminado. Entretanto, a fala dos estudantes não deixa clara se há alguma relação da grande quantidade de lixo produzida com as causas enraizadas no atual modelo societário e consequências como problemas de saúde pública acarretados pelo descarte de materiais pesados.

No que diz respeito às análises, a segunda categoria relaciona a reutilização dos materiais com a diminuição do consumismo. De acordo com o relato dos participantes, percebemos que existe uma consciência de que quanto mais compramos, mais produzimos lixo. Dessa forma, enxergam o trabalho com a Robótica Sustentável uma via alternativa para ampliar a aprendizagem a partir da utilização de materiais de baixo custo.

A terceira e última categoria desse tópico traz uma conexão entre a reutilização dos materiais como forma de tornar mais criativa a metodologia utilizada na aula de Física. A partir dos protótipos confeccionados nas aulas de Física com peças usadas, os alunos asseveram o potencial que a Robótica Sustentável tem de inserir a temática ambiental a partir de conceitos abordados pela Física. De acordo com os participantes da pesquisa, o desenvolvimento de projetos pedagógicos por

meio da criação de protótipos nessa perspectiva de sustentabilidade traz modificações nas visões de mundo e concepções acerca da problemática do e-lixo como também possibilitam o dinamismo e a criatividade na aprendizagem dos conceitos da Física.

Por fim, a última questão indagava: *Para você, qual a importância de reutilizar um material que ia ser jogado fora?* As respostas apresentadas foram categorizadas no quadro 07.

Quadro 07. Categorização das respostas referentes à questão 04.

Categorias	Unidades de Significado	Estudantes	Frequência das Respostas	%
Evitar o descarte no ambiente	<i>“Quando eu reutilizo um material que ia ser jogado fora quer dizer que eu estou salvando aquele material. Ele não vai mais para o lixo, ajudando o meio ambiente, vai ser reutilizado e terá um destino mais certo dando uma nova função a ele.</i>	1, 2, 3, 4, 5	5	55,56
Aumento da vida útil do material e diminuição dos problemas socioambientais	<i>Isso é muito importante porque além do material não ser jogado fora, evitando riscos a natureza e a sociedade como doenças, a gente ainda tem a oportunidade de aprender como esse material pode ser aplicado em determinadas áreas como na mecânica, na Robótica, entre outras. No caso do papelão, por exemplo, ele pode ser jogado fora sem nenhuma utilização. Mas, com ele podemos fazer robô, carro, alguma mão Robótica e, assim, ele passa a ter uma nova função.”</i>	6, 9	2	22,22
Minimizar o consumismo	<i>“A reutilização de um material é de grande importância para os dias de hoje já que várias e várias coisas são projetadas para serem destruídas com a obsolescência programada e nós devemos, com certeza, fazer de tudo para sempre reutilizar esses materiais e usando a Robótica e a Física, nós conseguimos fazer isso de uma maneira muito eficaz. Além de que ao reutilizar você deixar de comprar e diminui o consumismo.”</i>	7, 8	2	22,22

A questão apresentada nesse tópico teve como meta compreender as concepções dos alunos sobre a reutilização de materiais descartados após as atividades realizadas com a Robótica Sustentável. Nesse sentido, a primeira categoria denominada *Evitar o descarte no ambiente* concentra respostas que revelam a precaução dos alunos com o acúmulo de lixo no ambiente. No trecho *Quando eu reutilizo um material que ia ser jogado fora quer dizer que eu estou salvando aquele material. Ele não vai mais para o lixo, ajudando o meio ambiente*, podemos perceber que a preocupação dos estudantes centra-se apenas em recolocar o material de volta a cadeia produtiva para que não se torne mais entulho acumulado sem serventia. Entretanto, não há indícios de uma

relação entre a reutilização como forma de evitar a produção de novos materiais que, posteriormente serão ou não reutilizados.

Na segunda categoria chamada de *Aumento da vida útil do material e diminuição dos problemas socioambientais* os alunos continuam compactuando com a visão dos estudantes da primeira categoria acerca da importância da reutilização dos materiais descartáveis como forma de evitar a poluição do meio ambiente. Contudo, percebemos que nessa categoria eles apresentam dois avanços. Podemos observar o primeiro no trecho *evitando riscos à natureza e a sociedade como doenças* em que os participantes deixam clara a visão de que os problemas causados pelo descarte desses materiais não se limitam somente ao acúmulo do lixo. Nesse sentido, percebemos que os estudantes já apresentam a noção de que alguns desses materiais apresentam substâncias tóxicas que inseridas no ambiente podem causar problemas de saúde pública como evidenciam alguns estudos (BOUGUERRA, 1997; LEONARD, 2011). O segundo avanço se refere a visão de que os materiais descartados podem ser utilizados em práticas que estimulam o aprendizado a partir da sua aplicação nas aulas de Física.

Verificamos que a terceira categoria intitulada como *Minimizar o consumismo* agrupa as respostas que se aproximam bastante da visão de sustentabilidade numa perspectiva mais crítica. Nos trechos: *várias e várias coisas são projetadas para serem destruídas com a obsolescência programada e ao reutilizar você deixar de comprar e diminuir o consumismo* os estudantes compreendem que a importância da reutilização dos materiais não está restrita apenas a diminuição do lixo, mas configura-se como uma das formas de combate a alienação dos problemas ambientais causada pelo sistema capitalista. Ao enxergar a obsolescência planejada como maneira de manipulação do capitalismo para nos induzir a comprar mais artefatos – consequentemente produzindo mais lixo – e compreender que a reutilização de materiais deve estar associada à prática de reduzir a aquisição de novos objetos, verificamos que a visão dos alunos acerca da problemática do lixo está seguindo um viés crítico de sustentabilidade que considera o consumismo como raiz dos problemas ambientais de acordo com diversos autores (CARVALHO, 1991; LAYRARGUES, 2002; LOUREIRO, 2012).

Considerações Finais

A inserção das questões ambientais em todos os níveis e modalidades de ensino já se tornou um consenso na esfera educativa ambiental e está legitimado em documentos oficiais como já citado no início deste estudo. Entretanto, a inclusão de temas referentes à sustentabilidade dentro das escolas esbarra em obstáculos como a formação insuficiente de professores, o desconhecimento das novas pesquisas sobre sustentabilidade, a ausência da temática ambiental nos documentos curriculares escolares, a dificuldade de integração das disciplinas, visto que a educação ambiental é por natureza interdisciplinar e transversal (BRASIL, 2012).

Apesar da complexidade de fatores que dificultam o trabalho interdisciplinar de implantação da questão ambiental constatamos neste estudo que é possível inseri-la dentro de uma disciplina. Os resultados apresentados nesta pesquisa demonstraram o potencial que atividades com a Robótica Sustentável têm de inserir a temática ambiental numa perspectiva crítica dentro das aulas de Física. Nesse sentido, as atividades desenvolvidas neste estudo auferiram resultados que atingiram tanto os objetivos de aprendizagem para temas da área da Física quanto a construção de novos conhecimentos na área da EA, caso em que não há delimitações lineares e rígidas entre as aprendizagens nessas duas áreas.

Ao construir protótipos com materiais descartados e de baixo custo observamos que é possível trabalhar a Robótica sem a necessidade de gastar muito dinheiro com kits proprietários. Os estudantes puderam perceber a importância da reutilização de lixo eletrônico, de forma a observar o rico material que é descartado na área da informática. Dessa forma, a Robótica Sustentável é uma alternativa para todos que desejam trabalhar nessa área. A prática pedagógica que possibilitou a construção dos artefatos lixa/serra circular de mão, carrinho elétrico, gerador eólico e alarme de placa de pressão, permitiu aos estudantes debaterem conteúdos relacionados à Eletricidade, tais como tensão, resistores, corrente elétrica, chaveamento, circuitos elétricos, geração de energia e indução elétrica. Da mesma forma aconteceu na montagem do robô e da mão biônica hidráulica em que eles discutiram conceitos da Hidrostática, principalmente o Princípio de Pascal, comprovando que essa atividade contribuiu com o Ensino de Física.

Ainda com essa prática, grande parte dos alunos compreendeu que a produção do lixo e a sua possível reutilização não se restringem apenas a um problema técnico em que basta apenas reaproveitar alguns materiais para a resolução desse problema ambiental. Ao contrário, os estudantes passaram a perceber que o descarte do lixo é um problema de ordem cultural no qual, a partir de práticas consumistas, o sistema capitalista nos manipula a adquirir bens e serviços com o objetivo de gerar lucros para um pequeno grupo da sociedade à custa da degradação ambiental. Outro ponto interessante é que os participantes desta pesquisa apresentaram uma visão sistêmica da problemática do lixo eletrônico relacionando o seu descarte à geração de doenças e compreenderam que a prática da reutilização desses materiais em protótipos de Robótica não se limita apenas a diminuir o descarte de lixo no ambiente, mas tem seu ponto mais forte na prevenção de enfermidades e na crítica a ideologia capitalista de que temos que fazer compras desnecessárias de novos produtos em obediência ao sistema econômico dominante.

Diante do exposto, acreditamos que há ainda muito que se pesquisar sobre a inserção de temas relacionados à sustentabilidade dentro das escolas, seja ela de forma disciplinar e/ou interdisciplinar. Do mesmo modo, é interessante que se pesquisem sobre novas maneiras de imbricar conhecimentos das demais disciplinas do currículo escolar com a construção de conhecimentos ambientais numa perspectiva crítica. Diante do exposto, consideramos que a interdisciplinaridade e a transversalidade são características inerentes à EA, mas também conjecturamos que atividades como as desenvolvidas com a Robótica Sustentável se configuram como um exemplo de ações desenvolvidas no âmbito de um componente curricular que apresentam um grande potencial para a inclusão de temas ambientais na escola em tempos em que a própria dinâmica educacional ainda não está estruturada para desenvolver atividades de EA de forma interdisciplinar e transversal como preconizada em documentos oficiais nacionais.

Referências Bibliográficas

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edição 70, 2011.

BOGARIM, C. A. C.; et al. *Laboratório de Robótica Sustentável (LarPP Sustentável)*. VI Escola Regional de Informática, Coxim-MT, 2015.

BOGARIM, C. A. C.; LARREA, A. A.; GHINOZZI, G. G. *Larpp Sustentável e seu Auxílio na Educação Ambiental nas Escolas e Comunidade de Ponta Porã*. II Congresso Nacional de Educação, Campina Grande-PB, p. 1-5, 2015.

BOUGUERRA, M. L. *A Poluição Invisível*. Tradução de Luíz Paulino Leitão. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 de abr. 1999. Seção 1, p.1.

BRASIL. Resolução nº 2, de 15 de Junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 de junho de 2012. Seção 1, p. 70.

CAITANO, A.; AZEVÊDO, E. *Oficina Robótica Pedagógica Livre: um Instrumento de Multidisciplinaridade*. Congresso Regional sobre Tecnologias na Educação, Natal-RN, p. 369-376, 2016.

CARVALHO, I. C. de M.; TONIOL, R. F. Ambientalização, cultura e educação: diálogos, traduções e inteligibilidades possíveis desde um estudo antropológico da educação ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande, v. Esp., p.1-12, Set. 2010.

CARVALHO, I. C. M. *Territorialidades em luta: uma análise dos discursos ecológicos*. São Paulo: Instituto Florestal, 1991. (Série Registros, n. 9).

CÉSAR, D. R. *Robótica Pedagógica Livre: uma Alternativa Metodológica Para a Emancipação Sociodigital e a Democratização do Conhecimento*. 220 f. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento da Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2013.

FARIAS FILHO, E. N. *O contexto da prática da educação ambiental: interpretações e produção do currículo na escola*. 2014. 201 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 310 p. 2003.

LAYRARGUES, P. P. *O Cinismo da Reciclagem: o Significado Ideológico da Reciclagem da Lata de Alumínio e suas Implicações para a Educação Ambiental*. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Orgs.). *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. São Paulo-SP: Cortez, p. 179-219, 2002.

LAYRARGUES, P. P. Sistemas de Gerenciamento Ambiental, Tecnologia Limpa e Consumidor Verde: a Delicada Relação Empresa–Meio Ambiente no Ecocapitalismo. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 80-88, 2000.

LEONARD, A. *A História das Coisas: da Natureza ao Lixo, o que Acontece com Tudo o que Consumimos*. Rio de Janeiro: Zahar, 1ª ed., 2011.

LIMA, E. F. A.; SANTOS, J. C.; SILVA, R. M. S.; FERREIRA NETO, M. J.; BARBOSA, W. V. *Construindo Robôs de Baixo Custo a Partir de Lixo Tecnológico*. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, p. 1-9, 2010.

LOUREIRO, C. F. B. *Sustentabilidade e Educação: um Olhar da Ecologia Política*. São Paulo: Corte Editora, 2012.

MILL, D.; CÉSAR, D. R. Estudo sobre Dispositivos Robóticos na Educação: sobre a Exploração do Fascínio Humano pela Robótica no Ensino-Aprendizagem. In: *Escritos sobre Educação: Desafios e Possibilidades para Ensinar e Aprender com as Tecnologias Emergentes*. Daniel Mill (org). São Paulo-SP: Paulus, p. 269-293, 2013.

MINAYO, M. C. S. (Org.). *Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade*. Petrópolis– RJ: Vozes, 13^a ed., 1999.

SALAMANCA, M. L. P.; LOMBANA, N. B.; HOLGUÍN, W. J. P. Uso de la Robótica Educativa como Herramienta en los Procesos de Enseñanza. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, v. 10, n. 1, p. 15-23, 2010.

SATO, M.; CARVALHO, I. C. M. *Educação ambiental: pesquisa e desafios*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

SEGURA, D. S. B. *Educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica*. São Paulo: Annablume, 2001.

SOUZA, V. T.; GARCIA, R. *Reutilização do Lixo Eletrônico e sua Contribuição na Robótica Educativa*. Encontro de Iniciação Científica, Presidente Prudente-SP, p. 1-8, 2014.

VELASCO, S. L. Algumas reflexões sobre a PNEA [Política Nacional de Educação Ambiental, Lei Nº 9.795 de 27/04/1999]. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande do Sul, v. 8, p. 12-20, jan./jun. 2002.