

COMPARANDO PRÁTICAS PEDAGÓGICAS COM A ROBÓTICA SUSTENTÁVEL E A TRADICIONAL TENDO COMO FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA A APRENDIZAGEM COLABORATIVA NO ENSINO DE ELETRICIDADE

Comparing Pedagogical Practices with Sustainable and Traditional Robotics having as a Theoretical-Methodological Foundation Collaborative Learning in Electricity Teaching

Rodrigo Baldow [rodrigobaldow@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Everaldo Nunes de Farias Filho [everaldo.farias@ufrpe.br]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas da UFRPE

Av. Dr. Francisco Corrêa, 643, Centro, São Lourenço da Mata-PE, CEP: 54735-000

Walquíria Castelo Branco Lins [wcbl@cesar.org.br]

Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife

Rua Bione, 220, Cais do Apolo, Bairro do Recife, Recife/PE, CEP: 50.030-390

Marcelo Brito Carneiro Leão [marcelo.leao@ufrpe.br]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Recebido em: 10/07/2021

Aceito em: 25/01/2022

Resumo

Este artigo teve como objetivo analisar as contribuições do uso da Robótica Sustentável para o processo de ensino e aprendizagem de estudantes em escolas da Educação Básica, tomando por base o referencial teórico-metodológico da Aprendizagem Colaborativa. A coleta de dados foi realizada durante oficinas para a construção de protótipos de Robótica por alunos do Ensino Médio em uma escola do Estado da Paraíba – Brasil. Os dados foram analisados a partir de inferências de trechos de diálogos dos estudantes à luz de estudos relacionados à Teoria da Aprendizagem Colaborativa. Como principais resultados, verificamos que a Robótica possibilitou a aprendizagem dos estudantes de forma colaborativa, conseguindo resolver problemas e aprender com o erro. Entretanto, foi possível verificar que a Robótica Sustentável, comparada ao trabalho com a Robótica Tradicional, permitiu debater mais assuntos da Física, assim como propiciar mais criatividade, maior potencial de inovação, discutir sobre a Sustentabilidade, executar tarefas de marceneiro e eletricista e movimentar-se mais.

Palavras-chave: Robótica Sustentável; Ensino de Física; Aprendizagem Colaborativa.

Abstract

This article aimed to analyze the contributions of use Sustainable Robotics to the teaching and learning process of students in Basic Education schools, based on the theoretical-methodological framework of Collaborative Learning. Data collection was carried out during workshops for the construction of robotics prototypes by high school students in a school from State of Paraíba – Brazil. Data were analyzed based on inferences from excerpts from student dialogues in the light of studies related to the Collaborative Learning Theory. As main results, we found that Robotics enabled students to learn in a collaborative way, managing to solve problems and learn from mistakes. However, it was possible to verify that Sustainable Robotics, compared to the work with Traditional Robotics, allowed to debate more subjects of Physics, as well as providing more

creativity, greater potential for innovation, discussing about Sustainability, performing carpentry and electrician tasks and moving itself more.

Keywords: Sustainable Robotics; Physics Teaching; Collaborative Learning.

INTRODUÇÃO

Desde a promulgação da Lei nº 9.795/99, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), o Brasil conta com políticas educacionais que orientam as instituições de ensino a inserirem questões ambientais em suas práticas pedagógicas. Assim, os textos e os discursos trazidos por essas políticas, associados a informações advindas de textos científicos e veiculadas pela mídia, chegam às escolas influenciando os atores escolares na construção de suas propostas curriculares (FARIAS FILHO, 2020). Nesse contexto, algumas escolas têm começado a utilizar recursos tecnológicos na tentativa de inserir as questões ambientais em suas práticas, sendo um deles a Robótica Sustentável, que é o objeto deste estudo (BALDOW; LEÃO, 2017).

A Robótica é uma tecnologia que possibilita trazer contribuições significativas às práticas pedagógicas (PROL, 2006). Lombana (2015) destaca que, ao iniciar o uso de recursos tecnológicos que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem nas escolas, emergiu-se uma engenharia educativa com o intuito de observar novos enfoques didáticos a partir da utilização de instrumentos tecnológicos. Diante disto, uma engenharia educativa que começou a ganhar destaque foi a Robótica na Educação.

Segundo Campos (2017), não é simples inserir a Robótica Tradicional¹ no currículo regular. O autor destaca alguns obstáculos existentes, como: a) o trabalho com essa tecnologia pode demandar muito tempo dos estudantes; b) falta formação teórico-prática da maioria dos professores em relação ao uso desse material em suas respectivas áreas; c) peças industrializadas com alto custo financeiro. Além do alto custo ser um problema para as regiões de classes sociais menos favorecidas, suas peças e seus encaixes pré-fabricados podem se tornar um fator limitador na criatividade dos estudantes durante o desenvolvimento de um protótipo (MILL; CÉSAR, 2013).

Neste artigo, defendemos que uma das alternativas para inserir a Robótica na Educação é a Robótica Sustentável. Sampaio *et al.* (2020) destaca que atividades com a Robótica não precisam, obrigatoriamente, utilizar a programação para que os seus dispositivos sejam acionados. Além disso, o trabalho com ela se dá a partir da utilização de materiais de baixo custo ou da reutilização de outros, tornando-a acessível às instituições de ensino.

Algumas pesquisas têm evidenciado as dificuldades dos alunos no ensino de Física (EKICI, 2016; ADOLPHUS; ADERONMU, 2013; COSTA; BARROS, 2015). Neste sentido, buscaremos evidenciar neste estudo as contribuições da Robótica Sustentável para o processo de ensino e aprendizagem de forma colaborativa nas aulas de Física em escolas, pois é fundamental que se busquem práticas pedagógicas com o potencial de melhorar a aprendizagem e a qualidade de ensino dos estudantes. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar as contribuições do uso da Robótica Sustentável para o processo de ensino e aprendizagem nas escolas, tomando por base o referencial teórico-metodológico da Aprendizagem Colaborativa.

¹ Consideramos Robótica Tradicional o trabalho com essa tecnologia utilizando *kit* proprietário da Robótica.

1 A ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE

O trabalho com a Robótica na Educação está conectado aos processos e procedimentos relacionados ao ensino e aprendizagem utilizando seus recursos para contribuir com a construção do conhecimento dos estudantes (CÉSAR, 2013). D'Abreu e Garcia (2010) destacam que, nas práticas pedagógicas com a Robótica, trabalha-se a concepção, a montagem dos artefatos, a automação, além do controle dos protótipos que podem ser direcionados para a área da Educação. Os autores defendem a existência de muitos materiais que podem ser utilizados nas atividades de Robótica na Educação, podendo ser industrializados ou não. Dessa forma, os autores afirmam que é importante sempre pensar em propostas pedagógicas que sejam capazes de proporcionar um ambiente que contribua com a construção de conhecimentos por parte dos estudantes.

De acordo com os estudos de Gebran (2009) e Mill e César (2009), a inserção da Robótica na Educação pode trazer diversos benefícios ao processo de ensino e aprendizagem, tais como o estímulo ao desenvolvimento de projetos educacionais, a articulação entre teoria e prática, envolvendo de forma articulada conteúdos em diferentes disciplinas, e o aumento da acessibilidade dos princípios da Ciência e da Tecnologia aos estudantes de forma mais lúdica e divertida.

Miranda e Suanno (2009) destacam que as práticas pedagógicas que trabalham com a Robótica têm propiciado um ambiente educacional que favorece o aprendizado de conceitos durante o processo de desenvolvimento de seus protótipos. Entretanto, deve-se ter o cuidado de organizar a atividade pensando em critérios bem planejados sem deixar que a prática se torne tecnicista. Os autores defendem que o mais importante é o processo como um todo, e não o resultado em si, pois é durante a prática pedagógica que o estudante faz a reflexão individual, além de acontecer a interação entre os participantes e a discussão da resolução do problema.

Como destacam Mill e César (2009), a prática com a Robótica “Tradicional”, que é o trabalho com essa tecnologia a partir de *kits* proprietários que possuem modelos padronizados com materiais e encaixes pré-confeccionados, pode proporcionar a construção de conhecimentos, assim como incentivar a criatividade dos estudantes durante o processo de desenvolvimento dos protótipos. Todavia, ao se trabalhar com o material da Robótica Tradicional, os estudantes podem ter limitações diante das restrições das possibilidades de montar e manipular os protótipos pelo fato das peças e encaixes dessa tecnologia serem pré-fabricados, restringindo o estímulo da criatividade e raciocínio dos estudantes, que se limitam a seguir os manuais de instrução dos *kits* industrializados (BARBOSA; SILVA; BLIKSTEIN, 2020). Seus softwares (pagos) e os outros materiais que fazem parte dos *kits* são relativamente caros, o que traz dificuldade para que todas as escolas e professores possam ter essa tecnologia. Entretanto, Mill e César (2009) destacam que o trabalho com a Robótica Tradicional é mais fácil de ser realizado pelo professor do que uma prática com a Robótica Livre.

Os *kits* comerciais começaram a aparecer durante a tentativa de expansão do ensino de Robótica. Uma das razões dessa tecnologia ter conseguido ganhar destaque foi a facilidade em se trabalhar com suas plataformas. Entretanto, seu custo era, e ainda é, considerado alto para muitas escolas. Diante desta questão, começaram a aparecer *kits* da Robótica Livre que tinham um custo menor, o que tornou essa tecnologia mais acessível (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

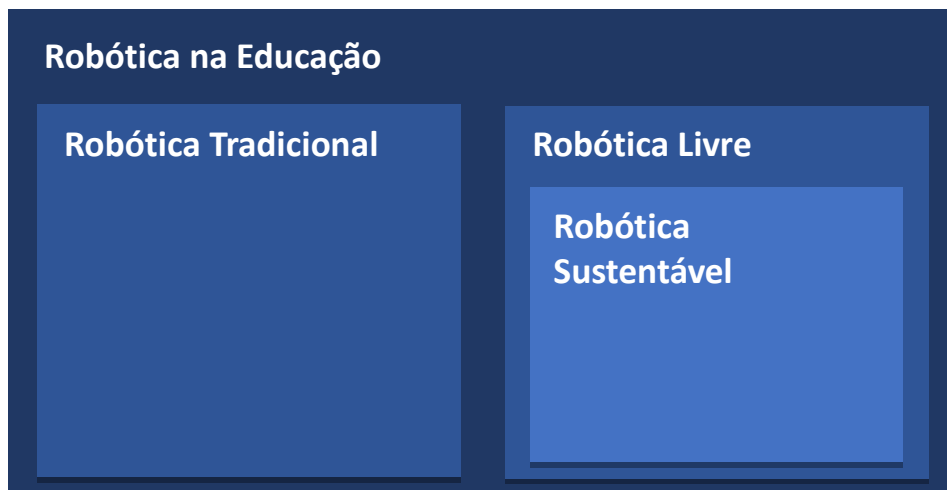
César (2013) define a Robótica Livre como um conjunto de processos e procedimentos da Robótica referentes às atividades pedagógicas que utilizam materiais livres e/ou sucatas como recursos de mediação no desenvolvimento dos protótipos, tendo como propósito a construção de conhecimentos. Assim, a Robótica Livre na Educação traz a proposta do uso de *hardwares* e

softwares livres para os docentes utilizarem em suas práticas pedagógicas. Sobre *software* livre, Mill e César (2013) destacam que quando um aplicativo é livre significa que não é preciso pagar por sua licença e seu código fonte fica disponível para ser visualizado.

As práticas com a Robótica Livre podem ser realizadas a partir da reutilização de materiais descartados e *software* livre, criando, assim, oportunidades para que se realizem em sala de aula discussões sobre aspectos relacionados ao meio ambiente, à liberdade e ao compartilhamento. As atividades que trabalham com a reutilização de materiais podem oportunizar aos participantes a visualização do objeto que tinha sido descartado como fonte de recurso para construir protótipos robóticos (MILL; CÉSAR, 2013).

Nesse entendimento, dentro da Robótica Livre é possível desenvolver práticas a partir da reutilização de materiais e uso de outros de baixo custo, sendo isto denominado como Robótica Sustentável. A Figura 01 apresenta três formas de trabalhar com a Robótica na Educação.

Figura 01 - Robótica na Educação e suas Áreas



Fonte: Elaborado pelos autores.

A conscientização das pessoas no que diz respeito ao meio ambiente e à produção de lixo tornou-se questão de debate na sociedade e de alguns governos e instituições educacionais. Conforme a tecnologia vem se desenvolvendo, o descarte de aparelhos eletrônicos acaba naturalmente crescendo, impulsionados pelo estímulo capitalista em disseminar a ideia de obsolescência planejada e perceptiva (LAYRARGUES, 2011; LEONARD, 2011). Esses rejeitos apresentam diferenças em relação a outros de tipos de lixo, sendo intitulados como e-lixo (SILVA, 2010; CELINSKI *et al.*, 2012). Nesse sentido, é importante que o descarte dos materiais eletrônicos seja feito com cuidado, sobretudo por apresentarem metais pesados em sua constituição. Encontrar alternativas para a diminuição deste tipo de lixo parece ser um caminho importante para diminuir os impactos ambientais. Entretanto, infelizmente, esse não é um debate que tem sido muito profundo no Brasil (LIMA *et al.*, 2010).

O trabalho com a Robótica Sustentável é feito a partir da reutilização de materiais, tais como motores, fontes, engrenagens, fios, interruptores, *leds*, *coolers*, dentre outros. Além do e-lixo, outros materiais de baixo custo – como papelões, canos, cabos de vassoura, madeira e garrafa pet – podem ser utilizados com o propósito de desenvolver protótipos sustentáveis mais baratos para que todas as instituições educacionais possam usá-los em atividades.

Diante da grande produção de artefatos tecnológicos (eletrônicos ou não) para suprir as necessidades cotidianas demandadas pela sociedade capitalista e da crescente geração de rejeitos oriundos desses artefatos, é premente que as discussões sobre sustentabilidade permeiem os debates

que orientam a produção do currículo nas escolas. Estudos sobre a natureza disciplinar ou interdisciplinar da Educação Ambiental (EA) no currículo escolar, políticas de currículo que inserem a EA nas escolas e a percepção de professores sobre políticas educacionais de EA (FARIAS FILHO; FARIAS, 2015; 2020a; 2020b) são algumas das diversas pesquisas que evidenciam que os debates sobre sustentabilidade estão presentes nas escolas. Assim, defendemos neste estudo que a inclusão da Robótica Sustentável nas práticas pedagógicas das escolas mostra-se como mais uma forma eficaz de inserir as discussões sobre sustentabilidade nos currículos escolares de forma transversal e interdisciplinar. Argumentamos que o uso de sequências didáticas com Robótica Sustentável no ensino de Física oportunizará aos estudantes a construção de conhecimentos de forma crítica, lúdica e holística por movimentar e articular saberes relacionados às diversas áreas do conhecimento, integradas aos debates atuais sobre a sustentabilidade.

2 AS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E A APRENDIZAGEM COLABORATIVA

A Aprendizagem Colaborativa é referencial teórico-metodológico que visa oportunizar a construção do conhecimento pelos indivíduos em espaços de interação entre os participantes, negociação das informações e busca de soluções de problemas. Nesse sentido, Torres e Irala (2014) destacam que práticas pedagógicas que utilizam como metodologia a Aprendizagem Colaborativa geralmente proporcionam uma aprendizagem que propicia um pensamento mais crítico. Desse modo, a Aprendizagem Colaborativa não vê os alunos como seres passivos dentro do processo de ensino e aprendizagem, mas, sim, como indivíduos que constroem seus conhecimentos a partir da interação entre si, com o professor e com as fontes de informação disponíveis. Os conhecimentos prévios dos estudantes são considerados importantes na Aprendizagem Colaborativa.

Collazo, Muñoz e Hernandez (2014) destacam alguns detalhes importantes nas práticas pedagógicas que trabalham de forma colaborativa, como: a) organizar equipes que tenham participantes heterogêneos; b) compor equipes tendo no máximo quatro estudantes; c) organizar as equipes de forma que elas fiquem distantes entre si; d) deixar os participantes do mesmo grupo próximos e; e) organizar um ambiente que seja flexível, de forma que os participantes possam se movimentar livremente. Os autores destacam que para se chegar ao que eles chamam de colaboração efetiva é necessário ter uma interdependência entre os participantes de uma equipe que estejam fazendo parte de uma atividade colaborativa. Os estudantes precisam estar compartilhando informações e conhecimentos para poderem juntos compreender conceitos e chegar a conclusões.

Collazo, Muñoz e Hernandez (2014) destacam os papéis e características importantes que os estudantes devem exercer para poder chegar a uma aprendizagem colaborativa. Segundo os autores, a responsabilidade da aprendizagem do estudante é dele mesmo. Os alunos precisam analisar quais práticas são importantes a se fazer para chegar aos objetivos, assim como estarem sempre avaliando se estão chegando perto destes. Outro ponto é que os alunos comprometidos precisam gostar de aprender e de solucionar problemas. A aprendizagem para esses estudantes deixa-os motivados a querer participar mais das práticas. A terceira característica é que os estudantes devem enxergar as potencialidades dos outros membros da equipe e aproveitá-las, com o propósito de encontrar soluções para o problema. Diante disso, os alunos passam a ouvir mais e ter mais empatia pelos outros participantes. Por fim, segundo os autores, é importante que os estudantes estejam sempre refletindo sobre a aprendizagem de forma a ficar refinando as estratégias escolhidas para solucionar os problemas. Assim, os alunos têm condição de utilizar o conhecimento para solucionar, criativamente, os problemas, podendo relacionar com diferentes situações.

A postura e atuação do professor são pontos bastante relevantes para o sucesso das práticas pedagógicas orientadas pela Aprendizagem Colaborativa. Collazos, Muñoz e Hernández (2014) destacam três papéis que os docentes devem desempenhar, que são as de *Desenhador Instrucional*, *Facilitador* e *Instrutor*. O professor, como Desenhador Instrucional, precisa organizar todos os

detalhes iniciais da atividade que será realizada, determinar os objetivos, os temas e os conhecimentos que serão importantes para serem discutidos e aprendidos durante a atividade, como também estar sempre atento à aprendizagem dos participantes. O professor como Facilitador precisa ter habilidades para ajudar os estudantes no processo de ensino e aprendizagem, a solucionar problemas e a ter um pensamento crítico, contribuindo para que eles sejam mais autônomos. Apesar do professor Facilitador contribuir com os estudantes quando necessário, ele não pode interferir ao ponto do aluno deixar de ser responsável por sua própria aprendizagem. O papel do professor Instrutor tem como propósito ensinar os participantes a trabalhar de forma colaborativa, buscando solucionar os problemas coletivamente, ajudar os estudantes a compreender a ideia de trabalhar coletivamente pensando no grupo e fortalecer a relação entre os membros do grupo, com o intuito de melhorar o desempenho da equipe (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

3 METODOLOGIA

Realizamos uma pesquisa do tipo intervenção, que, de acordo com Damiani *et al.* (2013), é um estudo que necessita de um planejamento que consiga fazer uma interferência (modificação, inovação) guiado por um aporte teórico com o propósito de chegar a melhorias no aprendizado dos participantes e, ao mesmo tempo, analisar os resultados da interferência.

Os sujeitos da pesquisa foram estudantes da primeira série do ensino médio integrado ao curso técnico em informática de uma instituição educacional localizada na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba, no Brasil. O critério utilizado para a escolha da turma pesquisada foi o fato desses alunos nunca terem participado de práticas com a Robótica em sala de aula. Assim, dos 20 alunos que compõem a turma, 15 se colocaram à disposição de forma voluntária. Entretanto, nossa atividade precisava de 6. Com ajuda de um professor da turma, escolhemos 6 alunos com perfis diferentes no que diz respeito, principalmente, ao comportamento e ao desempenho nas disciplinas.

Vale salientar que esta pesquisa se baseou nas diretrizes trazidas pela Resolução 510 de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde, que trata sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, cujos procedimentos metodológicos envolvem o uso de dados diretamente obtidos com os sujeitos da pesquisa ou de informações identificáveis. Assim, justificamos a ausência e o registro deste estudo no Comitê de Ética em Pesquisa e na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP-CONEP) com base no inciso VII do art. 1º da Resolução 510/2016, por se tratar de uma pesquisa que visa o aprofundamento teórico de situações que emergiram espontânea e contingencialmente na prática profissional na instituição pesquisada e que não revelaram dados que possam identificar os estudantes pesquisados. Desse modo, todos os participantes tiveram esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, justificativa, objetivos e métodos, e consentiram informalmente em participar do estudo antes dos procedimentos de coleta de dados, além de terem autorizado, a partir do termo de consentimento livre e esclarecido, a publicação de suas falas durante a prática. No sentido de não expor a identidade da escola e dos participantes desta pesquisa, alteramos os nomes reais dos sujeitos, passando a usar os termos de estudantes 01 a 06 para denominá-los.

A coleta de dados foi realizada no período de setembro a novembro de 2019, no laboratório de Robótica e de Física do Centro de Formação de Educadores do Estado da Paraíba – a escola pesquisada estava passando por reformas durante o estudo. Assim, com a meta de coletar os dados para esta pesquisa, propomos aos estudantes que participassem de atividades a fim de confeccionar protótipos de Robótica. Para isso, dividimos os seis participantes em dois grupos com três componentes cada. As atividades propostas foram divididas em cinco encontros, sendo o primeiro deles para orientações da metodologia a ser utilizada, e os quatro encontros seguintes para criação dos protótipos. Vale salientar que, antes de iniciar as práticas para a produção dos protótipos, o professor (e também primeiro autor desta pesquisa) reuniu os estudantes com a meta de orientá-los

a desenvolver as ações de forma colaborativa. Nessa perspectiva, os participantes foram estimulados a trabalhar em equipe durante a criação dos protótipos, unindo esforços para solucionar os problemas coletivamente. Orientações como valorização e respeito entre todos os membros da equipe, colaboração mútua para desenvolver as tarefas propostas, deliberações entre o grupo para tomada de decisões e corresponsabilidade nos erros e acertos durante o processo foram discutidas no primeiro encontro. Este foi um momento que o professor exerceu seu papel de instrutor, seguindo a ideia de Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Desse modo, o grupo 01, composto pelos estudantes 01, 02 e 03, ficou responsável por confeccionar os protótipos *alarme de placa de pressão* e *mão biônica elétrica*, tomando por base a Robótica Sustentável, ao passo que o grupo 02, formado pelos estudantes 04, 05 e 06, mobilizaram-se para construir os protótipos *ventilador* e *ciclista*, orientados pela Robótica Tradicional.

Loizo (2008) destaca que o registro de vídeo é um instrumento importante a ser utilizado quando se quer analisar ações humanas, as quais, muitas vezes, necessitam de mais de um observador para entendê-las melhor. Nesse sentido, fizemos uso da videografia para gravar em áudio e vídeo toda a prática de desenvolvimento dos protótipos pelos sujeitos da pesquisa. A análise do som com a imagem em movimento pode mostrar a complexidade da junção de ambas no que se refere aos gestos e às falas proferidas, com seus significados e sentidos. Após as gravações, procedemos com a transcrição das falas dos participantes. Para chegar aos resultados, analisamos os trechos dos diálogos entre os estudantes fazendo inferências à luz do referencial teórico apresentado no início desta pesquisa.

4 RESULTADOS, DISCUSSÕES E ANÁLISES

4.1 Desenvolvimento do Alarme de Placa de Pressão – Equipe 01

Como já explicitado anteriormente, a coleta de dados para este estudo aconteceu em meio à aplicação de oficinas para a construção de protótipos pelos participantes. Assim, o primeiro protótipo a ser construído pela equipe 01 foi denominado Alarme de Placa de Pressão². Desse modo, foram disponibilizados para a equipe 01 construir os protótipos materiais como palito de picolé, papel alumínio, motores, engrenagens, fios, entre outros, e ferramentas como alicates, chaves de fenda, serra, furadeira, ferro de solda, entre outros.

Os estudantes iniciaram fazendo a base da placa de pressão. Eles pegaram palitos de picolé e cola quente e fizeram duas estruturas retangulares as quais ficaram uma em cima da outra. Uma esponja foi cortada ao meio e cada pedaço foi colocado entre as duas estruturas retangulares, uma no lado direito e a outra no esquerdo. Os estudantes não ficaram satisfeitos com a primeira base da placa de pressão que eles fizeram. Eles acharam que a placa ficou torta e, por isso, poderia atrapalhar o movimento. Resolveram, então, construir uma outra. Esta foi uma decisão que reforçou o que Gebran (2009) destacou ao dizer que a Robótica pode proporcionar situações as quais os estudantes têm que tomar decisões. Como foi descartado o primeiro protótipo, o estudante 03 fez uma reflexão:

Estudante 03: Uma coisa que não podemos dizer é que fomos muito sustentáveis.

Professor: Por quê?

² O Alarme de placa de pressão é um dispositivo que toca um som assim que as placas de pressão forem encostadas (fechando o circuito). A placa de pressão é uma espécie de interruptor que fecha o circuito quando ela é pressionada em cima encostando a placa de cima com a de baixo (fechamento do circuito).

Estudante 03 mostrou a base inicial que deixaram de lado. A intenção dele foi mostrar os palitos que perderam.

Estudante 01: Esses aí são protótipos.

Estudante 01: Todo grupo começa desse jeito.

O trecho acima apresenta uma reflexão interessante relacionando a questão ambiental ao processo de construção do protótipo a partir de materiais de baixo custo e/ou reutilizados. Nessa reflexão, expressa na fala do estudante 03, emerge o termo *sustentabilidade* como associação ao desperdício de materiais que foram descartados pelos estudantes. Loureiro (2015) defende que só poderá haver sustentabilidade se houver reestruturação da sociedade. Desse modo, a atividade com a Robótica Sustentável oportunizou a discussão entre os estudantes, que também são cidadãos, sobre o bom senso de não descartar materiais e aumentar a produção do lixo.

Nessa situação, o estudante 01 destacou a importância de aprender com o erro. Isso mostra que, ao refazerem a placa, os estudantes tiveram mais cuidado por terem aprendido com a “falha” inicial, indo de acordo com os estudos de Mill e César (2009) e Miranda e Suanno (2009), quando defendem que o erro deve ser enxergado de forma natural e como parte do processo que contribui tanto com a melhoria do desenvolvimento do artefato quanto no direcionamento de chegar a um acerto.

Durante o desenvolvimento da placa de pressão, os estudantes começam a discutir sobre possíveis utilidades para o protótipo. Analisemos o trecho do diálogo abaixo:

Estudante 01: Podia servir como segurança.

Professor: Como assim?

Estudante 01: Quando você não estiver em casa... mas se bem que depende, porque se não tiver próximo da sua casa, e alguém tentar entrar na sua casa e pisar no... nisso, aí você vai escutar se você estiver muito perto. Mas não tem como você também...

Estudante 02: Deixa conectado no Arduino que, quando o Arduino ligar, mandar uma mensagem para o seu celular.

Estudante 01: É.

Nesse diálogo, podemos verificar que o estudante 01 sugeriu uma utilidade para o alarme de placa de pressão na segurança de uma casa. No entanto, percebeu também um problema na viabilidade da aplicação. O diálogo também demonstra que o estudante 02 conseguiu encontrar uma solução acerca da aplicação do alarme ao mostrar que, utilizando um Arduino, seria possível fazer uma programação para mandar uma mensagem para o *smartphone* da pessoa quando tocasse o alarme. Apesar de não ter trabalhado antes com o Arduino, o estudante 2 demonstrou ter conhecimento sobre a placa e como ela podia ser utilizada para solucionar o problema. Assim, um fato interessante é que, mesmo a equipe trabalhando com a Robótica Sustentável, os componentes conseguiram visualizar o uso de um *hardware* livre como solução de um problema de um artefato imaginado por eles. Esse fato mostrou que o trabalho com a Robótica Sustentável pode fazer com que os estudantes idealizem projetos que podem ser realizados depois com a Robótica Livre.

Continuando o desenvolvimento do alarme, os estudantes colocaram papel alumínio em torno da estrutura de cima da base da placa de pressão que fizeram, na parte central dela, e outro na estrutura de baixo. Utilizaram um fio da caixinha de som, que conecta ao notebook, cortaram ao meio e prenderam uma das extremidades no alumínio de cima da base da placa com uma fita isolante e a outra extremidade da mesma forma no alumínio da estrutura de baixo. Em seguida, ligaram as caixinhas ao computador.

Continuemos nossas análises examinando a fala de um dos participantes ao explicar a ideia da placa de pressão ao colega de equipe:

Estudante 02: O fio quando tá assim, os dois fios estão se tocando. Aí no caso a gente veio aqui e cortou. Abriu a ligação. O alumínio ele serve como um fio. Ele é meio que um material que reproduz a energia, deixa a energia passar por ele completo. E é como se aquele fio fosse isso aqui tudinho. Só a parte do alumínio. A madeira, ela não é condutora, ou seja, eu posso conectar o fio aqui (aponta para o palito) que mesmo que estivesse tocando, não vai se comunicar. Somente o alumínio. Mas no momento que eu abaixo junto com a esponja, os dois alumínios se tocam, aí é como se os fios estivessem conectados, aí sai o som.

Esse foi um momento que, de forma colaborativa, o estudante 02 ensinou ao estudante 01 como a placa de pressão funcionava e o papel do alumínio nesse protótipo. Nesta ocasião, os estudantes agiram de acordo com Torres e Irala (2014) ao assumirem o dever de ensinar e aprender. Nessa explicação, o estudante 02 explicitou seu conhecimento sobre um circuito aberto quando utilizou o termo “abriu a ligação”, além de discutir sobre os conceitos de condutor e isolante ao explicar os processos de funcionamento do artefato. A atitude dos estudantes nesse momento esteve de acordo com César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que o trabalho com a Robótica propiciou um espaço de aprendizagem, em particular, no ensino da Física.

Durante o processo de construção do protótipo, eis que os participantes se depararam com outro desafio: o som ficou tocando sem fechar o circuito. Os alunos começaram a analisar tentando encontrar o que estava errado e perceberam que o alumínio da placa de cima estava encostado no de baixo. Para resolver este problema, o estudante 01 separou esses materiais ao colocar o dedo entre as placas para afastar os alumínios. Analisemos o trecho do diálogo abaixo:

Estudante 02: A explicação é bem simples pra isso. O alto-falante recebe o positivo e o negativo. Os dois estão aqui. Mas pro som sair eles têm que conectar. Como isso aqui é feito de alumínio e o alumínio é um material condutor, quando os dois se tocam, é como se eles estivessem conectados com o fio e sai o som.

Estudante 03: É basicamente um circuito. O circuito tá aberto... quando os dois se tocam, fecha o circuito, a carga passa.

O diálogo acima mostra que os estudantes reforçaram a ideia de o alumínio ser condutor e que, para que o som fosse emitido, seria necessário fechar o circuito. No breve diálogo supracitado, verificamos um debate sobre condução e circuito aberto e fechado, o que corrobora com César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), que destacaram que atividades com a Robótica podem proporcionar aprendizagem aos estudantes a partir da interação deles. A figura 02 exhibe como ficou o artefato:

Figura 02 - Alarme de Placa de Pressão



Fonte: Foto tirada pelo autor.

O percurso de montagem do protótipo continuou estimulando os estudantes a refletirem e proporem novas ideias para o aperfeiçoamento do experimento. Analisemos o diálogo abaixo, em que os estudantes perceberam que poderiam substituir a placa por um interruptor:

Estudante 02: Sabe uma coisa muito legal que dá para fazer?

Estudante 02: Posso desfazer aqui rapidinho, professor?

Professor: Aí é com vocês.

Estudante 02: Nesse mesmo ponto funciona isso aqui.

Encostou um fio no interruptor.

Professor: Qual seria a ideia se em vez de colocar a placa de pressão colocasse o interruptor?

Estudante 02: Aqui é a mesma ideia.

Estudante 03: Sabe a chave do circuito? Hora ela tá aberta ou fechada (faz um movimento com a mão para mostrar).

Estudante 03: Aqui (aponta para a placa de pressão) quando a chave tá separada tá aberta e quando se junta tá fechada. Aqui (aponta para o interruptor) é somente uma chave um pouco...na estética um pouco melhor.

Estudante 02: Essa daqui (mostra a placa de pressão) é como se os dois fios estivessem assim. Quando tá levantada, é assim. Quando baixa, aí conecta na outra e sai o som. Como acontece quando a gente abaixa aqui.

Estudante 02: Agora tem que fazer.

Estudante 01: Bota uma fita isolante. Aqui, oh. Bota uma fita isolante. Era melhor soldar, mas bota uma fita isolante que funciona do mesmo jeito.

Estudante 02: Bota aqui. Aproveita que a gente cortou. Acho que só assim já funciona.

Colocaram o interruptor no circuito e ligaram o som. Funcionou como eles já estavam esperando.

Estudante 02: A mesma explicação. Os dois estão aqui. No momento que tá... é como se estivesse assim (mostra as placas juntas). É como se estivesse conectando os dois. Quando faço isso aqui.

Os alunos perceberam que o interruptor tinha a mesma função da placa de pressão, que é a de abrir e fechar o circuito. A perspicácia dos estudantes em trocar a placa por um interruptor remete-nos aos estudos de Mill e César (2009, 2013), Prol (2006), Gebran (2009) e Suanno (2009), ao defenderem que o trabalho com a Robótica estimula nos estudantes a criatividade na elaboração de novas invenções, assim como oportuniza aos estudantes fazer testes, analisar suas ideias e verificar o artefato, possibilitando a aprendizagem de conhecimentos científicos.

4.2 Desenvolvimento do Ventilador – Equipe 02

O segundo protótipo a ser desenvolvido foi chamado de Ventilador, desenvolvido pelos componentes da equipe 02. Foram colocados à disposição da equipe 02 *kits* de Robótica da *Fischertechnik*. Optamos por esse material por ser o disponibilizado nas escolas estaduais da Paraíba. Colocamos as peças de vários *kits* dentro de dezenas de caixinhas divisórias para os estudantes terem mais opções na hora da montagem. Foi feita uma explicação do primeiro passo do manual do *kit*, mostrando as peças que seriam utilizadas e um desenho exibindo como o ventilador iria ficar. Preferimos mostrar esses detalhes para que os estudantes não iniciassem sem saber de nada sobre as instruções do manual. Entretanto, informamos que eles não eram obrigados a seguir o caderno. Solicitamos aos alunos que só usassem uma pilha para ligar o ventilador, sem explicar o porquê desse pedido para que eles mesmos descobrissem. Como os motores podiam queimar em algum teste, e por haver apenas dois nos *kits* da escola, fizemos essa solicitação para diminuir o risco de perdê-los.

Na construção do ventilador, os alunos tiveram momentos de dificuldade na montagem devido a não compreenderem algumas instruções do manual do *kit*, como mostra o trecho abaixo:

Estudante 06: Essa parte que tá aqui embaixo é essa.

Estudante 05: Ah, isso tá ao contrário então?

Estudante 05 começou a tirar.

Estudante 06: Eu acho que teria que tirar isso aqui.

Estudante 05 começou a remontar. Depois o estudante 06 pegou para montar também.

Estudante 05: Ficou algo estranho. Isso aqui e isso aqui. Ah!

Estudante 05 pegou, encaixou a peça e mostrou como ficou.

Estudante 06: Agora sim.

Estudante 06: A gente vai colocar essa outra peça aqui.

Estudante 05: Agora tudo faz mais sentido.

Estudante 04: Ah, não vai ser mais usado isso não. É verdade.

Estudante 06: Cadê esse negocinho? (uma peça)

Estudante 06: Vocês já pegaram o... essa peça?

Estudante 04: Outro pra quê?

Estudante 06: Tem dois aqui. São duas partes diferentes. Aí enfia aqui.

Estudante 04: Fazer esse serviço aqui. Pensei que estava fazendo outro passo. Aí ele tá assim.

Estudante 06: É não. É não. Já é outro passo, estudante 04. Primeiro a gente monta esse de cá. Aí depois vai montar esse e ficar por cima. Essa partezinha aqui vem aqui... em cima.

Nesse momento, os estudantes começaram a conversar sobre um problema na montagem do protótipo até conseguir resolver. Além disso, o estudante 06 começou a explicar o processo de construção ao estudante 04 e trabalharam de forma colaborativa, corroborando com Torres e Irala (2014), que destacam que trabalhos colaborativos, por meio dos quais os estudantes interagem, incentivam os alunos a assumirem a responsabilidade de ensinar e aprender.

Observamos, nessa situação, que o manual que vem com o *kit* não tem todas as informações de como devem ser montados os artefatos, tais como o local certo de encaixar na base, assim como a posição exata da peça. Desse modo, os alunos tiveram que descobrir durante a atividade, tal como mostra o trecho abaixo:

Professor: O que vocês perceberam aqui (aponta para o manual) que lhe fizeram voltar atrás?

Estudante 06: A posição porque precisava estar... isso aqui (aponta para o manual).

Estudante 04: A posição precisava botar.

Estudante 05 apontou para a peça e disse:

Estudante 05: Isso aqui estava ao contrário.

Estudante 04: Ele estava ao contrário e tinha que colocar outro por cima.

Professor: Vocês perceberam que não estava certo como?

Estudante 05: Quando a gente... percebeu que precisava colocar isso (aponta para o manual) aqui (aponta para a peça). A gente não tava... dando pra botar.

O diálogo acima apresenta alguns pontos que merecem destaque em nossas análises. O primeiro diz respeito à oportunidade que a prática com Robótica proporcionou aos alunos em aprender com o erro, como presente nos estudos de Mill e César (2009) e Miranda e Suanno (2009). O segundo é a função do papel de facilitador exercido pelo professor ao estimular os estudantes a expor suas opiniões sobre os erros e a identificação de falhas por meio das suas indagações, como defendem as pesquisas de Collazos, Muñoz e Hernández (2014).

Durante a construção do protótipo, os alunos visualizaram que havia peças erradas que estavam fazendo com que o artefato não estivesse correto, conforme o manual.

- Estudante 06:** É isso mesmo? Tem certeza?
Estudante 04: Tá mostrando assim.
Estudante 05: Mas isso não teria que soltar da base?
Estudante 06: Não, porque tá entrando.
Estudante 04: Tá entrando.
Estudante 06: O problema é que tá um pouquinho torto.

Estudante 05 levantou a base para mostrar e disse:

- Estudante 05:** O problema é aqui, não tá encaixado.
Estudante 06: Mas não tá encaixando não.

Estudante 05 apontou para debaixo da base e disse:

- Estudante 05:** Esse daqui encaixa nesse. Tirar esses dois daqui.
Estudante 06: É embaixo, usa embaixo.
Estudante 04: Só o grande que é em cima.
Professor: Essa peça... é essa mesma?

Estudante 04 percebeu a falha e disse:

- Estudante 04:** Caramba boy, pegamos a peça errada.

Ele foi procurar a peça. Ao encontrá-la, disse:

- Estudante 04:** É essa daqui, oh. Ela só pega em cima. Pega em baixo não.

Esse foi mais um momento que os estudantes tiveram dificuldade em utilizar as peças certas devido à semelhança entre elas. Desenvolver o protótipo seguindo o passo a passo do manual, o que acaba sendo uma forma que o *kit* induz a fazer, mostrou que os estudantes acabam ficando limitados a montar os artefatos como é pedido, não incentivando a criatividade deles. Essa foi uma ocasião que reforçou as desvantagens apontadas por Mill e César (2013), referindo-se ao trabalho com a Robótica Tradicional ao utilizar materiais que podem restringir o desenvolvimento dos protótipos diante de suas peças que são pré-fabricadas com encaixes e tamanhos exatos.

Poucos minutos depois, a equipe teve outra dificuldade:

Estudante 06 indicou uma peça do artefato e disse:

- Estudante 06:** Acho que esse aqui tá errado, viu?
Estudante 05: Deixa eu ver, deixa eu ver. Não.
Estudante 06: Não, porque... encaixa aí.
Estudante 05: Esse fica onde, no meio é?
Estudante 06: É.
Estudante 04: Tá certo.
Estudante 06: Não, tem que ser quadrado.
Estudante 04: Esse é o que?
Estudante 06: Redondo.

Estudante 04 mostrou uma peça e disse.

- Estudante 04:** Esse é redondo, filho.
Estudante 05: Deixa eu ver, vira.
Estudante 04: Isso é o que? Não é redondo não?
Estudante 05: Volta a página.
Estudante 04: Tá vendo. Ele é redondo de lado e quadrado no meio. O quadrado encaixa nesse. Olha aí pra você vê se o quadrado coloca no lado... encaixa inteiro.

Estudante 05 encaixou e testou.

Estudante 04: Tá vendo. Tá vendo que é o redondo que encaixa no alto. Acabou de encaixar.

Estudante 04: Encaixou errado no lado.

Estudante 06: Aí tá errado.

Estudante 06: Gente, isso tá pra baixo.

Estudante 04: Assim, oh.

Estudante 05: Assim. É.

Estudante 06: Tem algo errado.

Estudante 05: Essa partezinha daqui...

Estudante 04: É não.

Estudante 05: O tijolo (nome dado por eles a uma determinada peça) fica certo, mas o coisa fica errado.

Estudante 06: O quê?

Estudante 05 tirou a peça com o motor e disse:

Estudante 05: Isso fica no redondo.

Colocou a peça de forma diferente no motor e encaixou de volta no protótipo.

Estudante 04: Agora tá certo.

Essas situações mostraram os estudantes resolvendo os problemas de forma colaborativa, na qual eles debatem sobre o erro entre si até encontrar uma solução. Essa foi uma ocasião que os alunos trabalharam conforme Collazos, Muñoz e Hernandez (2014), ouvindo um ao outro e conseguindo chegar a um acordo para resolver o problema. Além disso, reforçou Miranda e Suanno (2009), quando, durante o processo de construção do artefato, apareceu o problema que os participantes conseguiram resolver a partir da interação entre si.

Ao finalizarem a montagem do ventilador, os estudantes viram que a pilha não ficava fixa e tomaram a decisão de fazer um suporte para ela. Todavia, houve dificuldade em construí-lo como eles queriam devido aos buracos de encaixes serem em locais exatos, ficando curto quando o suporte ficava encaixado em determinados buracos da base e longo quando mexia em uma extremidade dessa estrutura colocando no buraco ao lado. Os estudantes resolveram colocar as extremidades dos dois fios tocando os polos da pilha e deixaram presos com fita. Esse foi um momento que os alunos mostraram criatividade ao adicionar ao artefato um suporte para que a pilha ficasse presa. Nessa ocasião, as atitudes dos estudantes estão de acordo com Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006), uma vez que o trabalho com a Robótica despertou e incentivou a criatividade dos participantes, de forma que eles conseguiram fazer uma nova invenção. Além disso, conforme Gebran (2009), a Robótica propiciou aos alunos um momento em que tiveram que decidir perante a situação que apareceu durante a prática. Entretanto, devido os buracos da base e as peças serem pré-fabricadas, as possibilidades de criatividade dos estudantes acabaram diminuindo. Esta foi uma ocasião que corroborou com Mill e César (2013), no momento que os materiais dos kits comerciais limitaram os estudantes a manipular e desenvolver o artefato diante das restrições que existem nas peças, que são padronizadas. Na figura 03, podemos ver como ficou o ventilador construído pela equipe:

Figura 03 - Ventilador



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Ao terminarem de construir o ventilador, o professor fez perguntas aos estudantes sobre seus conhecimentos relacionados ao artefato:

Professor: Como é que esse ventilador funciona?

Estudante 06: Coloca o conector no positivo e o outro no negativo da pilha.

Estudante 05: E ele tá bem fraco. Poderia ser porque... aqui é 2V e aqui (mostra a pilha) é só 1,5V.

Professor: Então, a pilha poderia ser...

Estudante 05: de 2.

Professor: Se usasse duas pilhas, aconteceria o quê?

Estudante 05: Ele queima.

Estudante 05: Queima.

Professor: Por quê?

Estudante 05: Vai sobrecarregar.

Estudante 04: Vai sobrecarregar com essa energia o motor.

Nesse trecho, os estudantes mostraram que podiam fazer com que o ventilador girasse um pouco mais rápido se a pilha fosse de 2V. Além disso, mostraram que, se utilizassem uma pilha ou uma associação em série de pilhas com mais de 2V, o motor iria queimar. Esta foi uma ocasião em que os estudantes tiveram a oportunidade de aprender conteúdos de eletricidade, reforçando César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) quando a prática com a Robótica propiciou um ambiente de aprendizagem a partir do diálogo entre os participantes.

Seguindo essa discussão, o professor fez outro questionamento:

Professor: Certo, ok. Você falou que tinha que colocar positivo no positivo e negativo no negativo. Se inverter a pilha acontece o quê?

Estudante 05: Nada.

Estudante 04: Não liga.

Estudante 05: É.

Estudante 04: Porque... é porque a energia positiva ela vai ficar tipo se batendo.

Professor: Então, vamos tentar?

Estudante 05 colocou a pilha e disse:

Estudante 05: Aqui tá do lado certo.

O ventilador funcionou e ele agora inverteu a pilha.

Professor: Funcionou?

Estudante 06: Sim.

Estudante 05: Sim.

Professor: Dos dois lados?

Estudante 05: Sim.

Professor: E aí? Por que funcionou dos dois lados?

Estudante 04: É como se essa pilha tivesse uma extensão da outra.

Professor: Pra que lado ela está girando?

Estudante 05: Peraí, deixa eu ver.

Professor: Pra que lado girou?

Estudante 04 e 05: Pra esquerda.

Professor: Assim, né? É seu sentido horário ou anti-horário?

Estudante 05: Anti-horário.

Professor: Vamos inverter.

Estudante 05 inverteu.

Estudante 04: Ué! Por que isso?

Professor: Foi em qual sentido?

Estudante 05: Horário.

Estudante 04: Por quê?

Estudante 05: Porque...

Estudante 04: O lado da pilha faz diferença. É o lado que tu bota que faz a diferença. É só o lado.

Professor: Por que o lado da pilha interfere?

Estudante 04: Isso aí eu não sei dizer.

Estudante 04: Se o cara fizesse isso com o cooler o computador queimava num instante. Porque o vento ia tá soprando pro lado errado. Não ia poder esfriar as outras coisas. Aí ia queimar.

Professor: Mas sabem por que ele gira para o outro lado?

Fizeram o sinal de negativo com a cabeça mostrando que não sabiam responder.

Esse foi um momento que o professor observou que os alunos não sabiam que era possível ligar o ventilador com a pilha em duas posições diferentes, sugerindo que os estudantes fizessem este teste. Ao ligarem o circuito com a pilha nas duas posições, os estudantes verificaram que o ventilador funcionou nas duas formas e o sentido de rotação da hélice mudava quando invertia a pilha. Mesmo percebendo esses detalhes, os alunos não conseguiram explicar por que girava ao contrário quando invertia a pilha. Essa foi uma ocasião em que o professor fez com que os alunos refletissem sobre algumas ideias relacionadas ao protótipo que eles ainda não sabiam. Dessa forma, o docente exerceu seu papel de facilitador, indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Mesmo os participantes tendo a oportunidade de observar o ventilador girar nos dois sentidos, eles não souberam explicar o motivo. Um detalhe interessante é que os estudantes perceberam que, se a ligação de um *cooler* em um computador for invertida e a hélice girar ao contrário, alguns componentes podem queimar, o que mostra que os alunos conseguiram relacionar o que foi aprendido na prática com seu dia a dia.

4.3 Desenvolvimento da Mão Biônica Elétrica – Equipe 01

O segundo protótipo produzido pela equipe 01 foi denominado *mão biônica elétrica*. A equipe começou a desenvolver a mão biônica elétrica a partir do desenho de uma mão em um papelão, usando a do estudante 01 como modelo, e, em seguida, fazendo o corte. Fizeram dobras nos dedos iguais as que têm as de um ser humano, colando pequenos pedaços de canudos entre essas dobras. Eles pegaram um motor e fixaram na palma da mão, um pedaço de cordão que teve uma extremidade presa à ponta de um dedo, eles pegaram a outra extremidade e passaram por dentro dos pedaços de canudos do dedo e depois prenderam esta ponta ao motor. Foi pego dois fios e uma extremidade de cada um deles foi conectada em cada um dos polos do motor. Abaixo, um dos momentos em que os participantes debateram sobre essa construção:

O estudante 01 estava utilizando a cola instantânea para deixar mais presa as bases da mão.

Estudante 03: E aí, estudante 02?

Estudante 02: Tudo certo.

Estudante 02: Eu acho que a gente vai cortar aqui.

O estudante 02 pegou o protótipo e começou a cortar a parte do cordão em excesso.

Estudante 03: Cortar esse negócio aí? Cuidado!

Estudante 01: Segura isso aí.

Estudante 02 cortou.

Estudante 02: Pronto.

Estudante 02: Quer testar, estudante 03?

Estudante 03: Agora sim. Vamos segurar aqui um pouquinho.

Estudante 02: Segura aí, segura aí. Tem um fio solto aqui.

O estudante 02 ajeitou o fio e o 01 colocou uma fita para segurar o motor na mão.

Estudante 01: Vamos ver se com isso gira.

Estudante 03: É porque se não a carga passa direto e puxa o dedo até... até não dar mais.

O estudante 02 fechou o circuito e o dedo fez o movimento. Eles se surpreenderam na hora. O barbante acabou soltando depois da ponta do dedo e eles retomaram para ajeitar.

Observamos, nessa ocasião, como os alunos estão trabalhando de forma colaborativa na construção do artefato, todos focados na realização da tarefa. Esse foi um momento que os estudantes trabalharam em equipe, corroborando com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014), ao executarem as tarefas com objetivos e metas em comum, ajudando um ao outro na realização das ações.

Quando os estudantes começaram a testar o motor no protótipo mão biônica elétrica, a extremidade do barbante que estava presa ao dedo se soltou. Os alunos optaram por colocar mais cola na ponta do barbante presa ao dedo e deixaram mais tempo para ela secar. Esta foi uma ocasião que os estudantes resolveram um problema de forma colaborativa, corroborando com César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), demonstrando que a prática com a Robótica propiciou um momento de aprendizagem e oportunizou uma situação na qual os estudantes tiveram que tomar uma decisão a partir de uma circunstância que apareceu durante o trabalho com essa tecnologia.

Os estudantes começaram a achar que o barbante podia estar atrapalhando o movimento de ir e voltar ao enrolar na haste do motor. Resolveram, então, testar uma linha mais fina observando um resultado melhor. Esta foi uma modificação que fez os alunos não seguirem exatamente o que estava no vídeo que eles estavam vendo como referência, indo de acordo com Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006), uma vez que o trabalho com a Robótica conseguiu estimular e elevar a criatividade dos participantes com o propósito de solucionar um problema.

Os alunos passaram a testar o artefato com baterias e com duas pilhas em série.

Depois de testar um motor com a bateria mais nova, eles começaram um diálogo.

Estudante 02: Vamos fazer o seguinte.

Estudante 03: Usa uma bateria mais fraca.

Estudante 03: Essa daqui tá mais fraca.

Estudante 02: Essa tá mais fraca.

Eles colocaram a outra bateria que estava usada e ligaram ao motor.

Estudante 02: É, essa daqui tá fraca demais.
Estudante 03: A não ser que ela tenha carga pra...
Estudante 03: Usa as pilhas. Aqui as pilhas.
Estudante 02: Vou fazer aquela gambiarra.

O estudante 02 ligou o motor a duas pilhas.

Estudante 01: Tá saindo forte.
Estudante 03: Tá forte assim.
Estudante 03: Acho melhor a bateria.

Nessa ocasião, os alunos fizeram testes com duas baterias, uma nova e outra usada, e duas pilhas em série. Nesse teste, chegaram à conclusão que com a bateria nova o motor girava mais rápido do que a usada e as duas pilhas. Com isso, os alunos visualizaram que, quanto maior era a tensão, mais rápido a haste do motor girava. Trabalhando e discutindo até chegar a uma conclusão de forma colaborativa, os estudantes optaram por usar a bateria nova, corroborando com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e Torres e Irala (2014) por escutarem um ao outro decidindo em equipe, sendo eles mesmos responsáveis por sua própria aprendizagem. Esse foi um momento que reforçou César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a Robótica proporcionou um ambiente de aprendizagem a partir do trabalho em equipe dos estudantes.

Adiante, o professor trouxe algumas questões aos estudantes sobre as pilhas e a bateria:

Professor: Qual está mais forte?
Estudante 03: Essa (mostra a bateria).
Estudante 01: Essa.
Professor: Quando vocês usaram a pilha, vocês perceberam o quê?
Estudante 02: Que é mais fraca.
Estudante 03: Energia menor.
Professor: No caso, acontece o que com o motor?
Estudante 03: O motor não vai exercer a mesma que o... a fonte de energia da bateria.
Estudante 02: Essa daqui (bateria) tem 9 V e cada uma dessa daqui (pilha) tem 1,5. Aí no caso nós tamos usando duas aí fica três.
Estudante 02: Mas se juntasse três negócio desse podia equivaler um desse (indica a bateria).

Nesse momento, de acordo com Collazos, Muñoz e Hernández (2014), o professor exerceu seu papel de facilitador ao trazer algumas questões que fizeram com que os alunos refletissem sobre o conhecimento que tinham em relação às tensões das pilhas e das baterias, assim como o movimento de giro do motor. Os estudantes conseguiram perceber que uma associação em série de três duplas de pilhas de 1,5V iria ter a mesma tensão da bateria de 9V. Esta foi uma ocasião que mostrou que os estudantes entenderam como as pilhas funcionavam em série, evidenciando que eles sabiam como chegar a vários valores de tensões a partir das associações. Nesse sentido, as ações dos estudantes têm bases nos estudos de César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), pois a Robótica propiciou um ambiente que incentivou a aprendizagem dos estudantes a partir de sua interação.

Eles tiveram a ideia de colocar um interruptor. Mas desistiram de fazer isso.

Estudante 03: Ah! Estudante 02, tem que ter interruptor não. É só pra... ele puxe.
Estudante 03: Só deixa um ligado e depois dá um toquezinho.
Estudante 02: Ah, então tá bom.

O estudante 02 começou a tirar o interruptor do circuito do motor.

Estudante 03: Oh, passa aqui. É só pra que ele dê... só uma resposta mesmo que a gente tava dizendo que ele dava.

Estudante 03: Põe um apenas na bateria.

Estudante 03: Depois ele só põe no outro. Ele não põe pra dar uma resposta continua não. Ele quer que apenas um... isso.

O estudante 02 testou sem o interruptor.

Estudante 03: Só um. Não, toca só pra dar...

Estudante 01: É.

O estudante 02 testou outra vez.

Estudante 03: Muito forte. A não ser que...

O estudante 02 foi pegar um pedaço de papel alumínio e colocou na ponta do fio para ter mais área de contato para tocar os fios e fechar o circuito e o estudante 03 fez o teste.

Estudante 01: Aí, tá devagar.

Estudante 01: Aí depende do jeito que você toca. Olha aí, tá devagar. Pronto.

Verificamos, no diálogo acima, a percepção dos estudantes de que, para o artefato funcionar, só havia a necessidade de uma ligação rápida do motor para puxar de forma ligeira o dedo. Com o interruptor não deu certo porque o motor acabava puxando muito a linha. Diante desse problema, voltaram para a situação anterior de fazer a ligação direta para fechar rapidamente o circuito. Verificamos nesse trecho do diálogo dos estudantes como eles trabalharam em equipe, reforçando Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e Torres e Irala (2014), ao decidirem de forma colaborativa como iriam ligar o circuito do protótipo. Eles chegaram a essa conclusão por terem escutado um ao outro, solucionando o problema. Assim, temos mais uma constatação de que a Robótica oportunizou um ambiente de aprendizagem aos alunos, corroborando com César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009).

A figura 04 exhibe como ficou o artefato com a ligação de um dedo:

Figura 04 - Mão Biônica Elétrica



Fonte: Foto tirada pelo autor.

No trecho abaixo, os alunos falam sobre o funcionamento do artefato.

Estudante 02: Isso daqui é... no momento que liga isso daqui. A força é... o motor gira, puxa esse cordão e por meio da estrutura desse indicador aqui, mexe o...

Estudante 01: As articulações. Isso aqui. Faz isso aqui.

Professor: Pra voltar?

Estudante 02: E pra voltar como tem um elástico aqui, puxa de volta...

Estudante 03: Pra não tornar um movimento violento. Pra fazer com que o movimento... possibilitar tem que ser permitido o elástico... ele vai fazer a força contrária.

A conversa acima mostrou que os participantes explanaram seu conhecimento sobre o funcionamento do artefato, dando ênfase à ideia do elástico que serve para trazer o dedo para a posição inicial e não ser puxado com muita força pelo motor. Esta foi uma ocasião que reforçou César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), visto que a interação dos estudantes no trabalho com a Robótica oportunizou uma aprendizagem. Ao fazer uma pergunta a qual fez os alunos refletirem em relação ao movimento do dedo, o professor exerceu seu papel de facilitar conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014).

4.4 Desenvolvimento do Ciclista – Equipe 02

O protótipo denominado *ciclista* foi o segundo experimento de Robótica realizado pelos alunos. Ao começarem a desenvolver o ciclista do *kit* comercial, os alunos mais uma vez tiveram dificuldade com a montagem. Trabalhando em equipe, eles conseguiram solucionar o problema.

Estudante 04: É assim mesmo?

Estudante 06: O problema é que é assim.

Estudante 04: Não, eu acho que essa rodinha tem que girar.

O estudante 05 pegou o protótipo.

Estudante 05: Acho que...

Estudante 05: Caiu.

Estudante 04: Caiu? Caiu o quê?

Estudante 05: Aqui, oh, tá vendo?

Estudante 04: Cadê?

Estudante 05: Olha as coisas primeiro.

Estudante 06: Tem que ultrapassar, viu?

Estudante 05: Hã?

Estudante 06: Tem que ultrapassar.

Estudante 05: Como assim?

Estudante 06: Tem que ultrapassar. Aqui, oh (aponta para o manual).

Estudante 06: Isso, é isso aqui (ela aponta para o manual). É nesse que... trocinho tem que ficar pra cima.

Estudante 05: Isso? (aponta para uma peça no protótipo)

Estudante 06: Sim. Olha aqui.

Estudante 05: Ah!

Estudante 04: É só empurrar o grande pra frente.

Estudante 05 ajeitou o erro do protótipo.

Esse foi mais um momento que os participantes visualizaram um erro no artefato e conseguiram achar uma solução a partir do diálogo entre eles. De forma colaborativa, os alunos resolveram um problema, reforçando Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) no momento que escutaram um ao outro com o propósito de chegar a uma solução do problema encontrado. O estudante 04 teve uma ideia e tentou convencer os outros membros a aceitá-la.

Estudante 04: Vou colocar um volante no lugar da cabeça dele. Pode ser?

Estudante 04: Será que o volante encaixa?

O estudante 04 colocou o volante.

Estudante 04: O volante encaixa, professor, vou colocar o volante.

Estudante 06: Não é essa, estudante 04.
Estudante 05: É porque... (começa a rir)
Estudante 04: Pode ser, professor, o volante?
Estudante 05: Não, o volante não.
Estudante 06: Não vai ser o volante, estudante 04.

O estudante 06 foi pegar as peças e o estudante 04 colocou de novo o volante.

Estudante 05: Aí, coitado, estudante 04.
Estudante 05: Oh, tá feio.
Estudante 04: Deixa o volante mesmo. Foi o quê? Foi criação da gente. Um Frankenstein.
Estudante 05: Certo.

Os estudantes voltaram a pegar as peças. Quando voltaram a mexer no protótipo, o estudante 05 tirou o volante.

Estudante 04: Oh, na moral, deixa de ser estraga prazer.
Estudante 06: Também te amo, estudante 04.
Estudante 04: Deixa o volante. Ah, dá pra colocar a roda e o volante por cima da roda.
Estudante 05: Não.
Estudante 06: Estudante 04, não dá.
Estudante 04: Oh...
Estudante 06: Não dá.
Estudante 05: Não dá.
Estudante 04: Então vou colocar uma roda maior.

O estudante 04 pegou uma roda maior e tentou trocar pela menor que estava no rosto do protótipo. O estudante 05 pegou e disse:

Estudante 05: Estudante 04, aquieta. Se aquieta.
Estudante 04: A rodona pra colocar na cabeça dele.
Estudante 06: Não.

Os estudantes 04 e 06 foram pegar peças. O estudante 05 resolveu trocar a roda menor que estava no rosto pela maior que o estudante 04 tinha proposto colocar.

Estudante 05: Ai, coitado.
Estudante 04: Bota rodona, estudante 05, deixa de ser chato.
Estudante 05: Estudante 06, tu prefere qual?

O estudante 05 mostrou as duas rodas. O estudante 06 apontou para a menor.

Estudante 04: A maioria vence. Rodona.
Estudante 06: Não dá certo. Gente, vamos fazer do jeito certo?
Estudante 04: Não, a maioria vence. Rodona.
Estudante 06: Não vai ser rodona.
Estudante 04: A maioria vence. Eu e estudante 05. É! Gostei.

O estudante 05 acabou aceitando e o protótipo ficou com a roda maior no rosto.

Tomando por base os estudos de Collazos, Muñoz e Hernández (2014), percebemos que esse foi um momento em que os membros da equipe não se entenderam, mas negociaram e chegaram uma conclusão. Verificamos que o estudante 06 estava preso às instruções do manual. O estudante 04 seguiu um caminho diferente do caderno, conseguindo colocar em prática ao convencer o estudante 05. Assim, com base nas pesquisas de Mill e César (2013), verificamos que o trabalho com a Robótica Tradicional, com suas instruções no manual, induziu os participantes a fazer o passo a passo desse roteiro preestabelecido. Podemos perceber ainda, à luz dos estudos de Barbosa e Silva e Blikstein (2020), que o trabalho com a Robótica Tradicional induziu o estudante a acreditar que estava no comando, mas, na realidade, ele estava fazendo o passo a passo do *kit* construindo um artefato padronizado.

Ao finalizar o artefato, os estudantes ligaram as extremidades dos fios aos polos da pilha, entretanto, o protótipo não ligou. Optaram, então, por tirar o elástico, que conectava o motor à roda, e observaram se a haste do motor estava girando:

Professor: Tá girando?

Estudante 05: Não.

Estudante 06: Não.

Estudante 05: Tá não.

Estudante 06: Será que a pilha tá fraca?

Estudante 04: Não.

Estudante 05: Não é o motor não?

Estudante 04: Me dá a chavezinha, por favor.

O estudante 05 entregou a chave de fenda ao estudante 04 que tirou os conectores das pontas dos fios e estes foram encostados nos polos da pilha. O motor continuou a não girar.

Estudante 05: É o motor.

Estudante 06: É o motor.

Ao observar que a roda não estava se movimentando, os estudantes optaram por tirar a liga elástica que conectava ela ao motor para visualizarem o funcionamento deste. Ao perceberem que não estava girando, trocaram o motor e testaram.

Estudante 04: Segura aqui (estudante 06 segurou o fio).

Ele ligou.

Estudante 04: Tá girando.

Estudante 06: Tá.

Estudante 05: Tá?

Estudante 06: Tá.

O estudante 04 colocou a corda elástica no motor e ligou os fios aos polos da pilha. A roda girou, e o ciclista agora estava pedalando.

Nesse trecho, tomando por base Collazos, Muñoz e Hernandez (2014), observamos os estudantes trabalhando de forma colaborativa para encontrar o problema do artefato e resolvê-lo, utilizando a metodologia de escutar um ao outro com o propósito e metas comuns de encontrar uma solução, trabalhando em equipe na realização da tarefa. Mais uma vez percebemos que o trabalho com a Robótica possibilitou aos alunos um ambiente de aprendizagem que exigiu dos mesmos a tomada de decisões, com o propósito de resolver um problema diante da circunstância que apareceu, corroborando com as pesquisas de Gebran (2009). O artefato desenvolvido por essa equipe ficou como mostra a figura 05.

Figura 05 - Ciclista



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Num determinado momento, o professor fez uma pergunta aos estudantes com o intuito de que observassem um erro na montagem do artefato.

Professor: Em relação ao formato do pé, tem uma diferença. Pra a gente andar numa bicicleta... como é o movimento do pedal da bicicleta?

Estudante 05: É assim (faz o movimento com as mãos)

Estudante 06: Eu sabia que isso estava errado.

Estudante 04: Eu também pensei nisso.

Estudante 05: Ah!

Estudante 05: Peraí, peraí!

O estudante 05 começou a mexer no protótipo para ajeitar os pedais.

Estudante 05: Segura aqui, estudante 04. Segura aqui.

Estudante 06: Desencaixa só isso aqui e pode pôr ao contrário.

Estudante 04: Peraí.

Estudante 04: Acho que é só encaixar. Pega essa pecinha e põe ao contrário.

Estudante 04: Aí tá errado. Tá errado.

Estudante 05: Deixa bem facinho.

Estudante 05: Foi.

Estudante 05: Estudante 04, coloca aí a pilha.

O estudante 04 fechou o circuito com a pilha.

Estudante 04: Travou por quê? Tava normal.

Estudante 05: Travou?

Estudante 04: Travou. Essa perna aqui que tá travando.

Estudante 05: É essa.

Estudante 06: É essa.

Estudante 04: A perna dele tava troncha.

Estudante 05: Então. Essa que eu achei que ficou.

Os estudantes 05 e 06 ajeitaram.

Estudante 05: Agora foi.

Estudante 06: Pronto. Era só uma perna que tava coisada.

Essa foi uma situação na qual o professor provocou os estudantes com o propósito de estimulá-los a fazer uma relação entre o pedal de uma bicicleta e como foi construído o artefato do

ciclista para poderem visualizar uma falha na montagem. Esse foi mais um momento que o professor exerceu seu papel de facilitador proposto por Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Ao visualizarem a falha, os alunos começaram a debater a questão e, de forma colaborativa, conseguiram solucionar, indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao resolverem o problema a partir do trabalho em equipe. No trecho abaixo, os estudantes falaram sobre o funcionamento do protótipo:

Estudante 04: Você pega o motor, você vai ligar os dois polos que ele tem... esses cabos na pilha.

Estudante 05: De preferência, do lado certo.

Estudante 06: Manivela não, qual o nome daquele negócio?

Estudante 04: Roldana.

Estudante 04: Você vai pegar uma roldana e colocar aqui (aponta para o motor). Ele vai fazer um movimento circular. Vai utilizar essa pequena liga que tá aqui conectada com essa roldana com a... não sei o nome dessa roda aqui.

Estudante 06: A roda.

Estudante 04: A roda. Ligado com a roda. Essa pequena liga vai servir com um... um cabo. Pra ligar essa pequena roda com... para fazer um movimento circular capaz... capaz de mover as duas peças.

Estudante 06: E ele parece que está andando de bicicleta quando você começa.

Nesse momento, os estudantes mostraram ter compreendido a ideia do protótipo ao explicarem como ele funciona. Baseados em autores como César (2013), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), verificamos que a Robótica proporcionou um momento de aprendizagem dos estudantes a partir da discussão deles. Para saber sobre a parte elétrica, o professor fez uma pergunta.

Professor: Em relação ao outro, na parte elétrica...

Estudante 04: Mesma coisa.

Professor: ...tem alguma diferença?

Estudante 05: Não.

Estudante 04: A única diferença é que aquele outro (aponta para o ventilador) já vai tá conectado diretamente a base do ventilador, esse aqui só vai usar essa ligação aqui (mostra a corda elástica).

Nesse trecho, observamos que os alunos viram que a parte elétrica dos dois protótipos eram parecidas. No entanto, os estudantes perceberam a diferença na conexão da liga elástica da roda com a engrenagem do motor. Durante o desenvolvimento do segundo protótipo, essa equipe voltou a debater mais a montagem do que os conhecimentos relacionados ao artefato. Todavia, houve menos erros, possivelmente por já terem tido contato com o material no desenvolvimento do primeiro artefato.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho com a Robótica Tradicional e a Sustentável propiciou a criação de um ambiente de aprendizagem no qual os alunos conseguiram ensinar e aprender um com os outros, trabalhando de forma colaborativa na resolução dos problemas. Desse modo, as soluções encontradas vieram a partir da interação dos estudantes durante todo o processo de desenvolvimento dos artefatos, buscando atingir metas e propósitos comuns. A equipe que trabalhou com a Robótica Tradicional apresentou dificuldades, principalmente no início, em entender alguns passos do manual do *kit* referente à construção do artefato, que não ficaram claros para os estudantes, fazendo com que discutissem os detalhes da montagem, conseguindo resolvê-los. Tal problema incentivou os estudantes a construir os artefatos a partir da interação colaborativa entre eles. Em relação aos alunos da equipe da Robótica Sustentável, houve mais discussões colaborativas para debater o funcionamento dos artefatos e detalhes dos protótipos relacionados ao uso de algumas ferramentas.

Esta última questão aconteceu pelo fato dos alunos não terem muita experiência com o uso dessas ferramentas.

As dificuldades que os alunos da Robótica Tradicional tiveram durante o desenvolvimento dos protótipos em relação a alguns passos do manual os fizeram falhar em algumas partes durante a construção e, com isso, aprenderam com os erros a montar os artefatos a partir do diálogo, chegando às soluções para os problemas que apareceram. Os alunos desta equipe acabaram lidando com o erro de forma que tinham que corresponder ao que estava no manual, construindo o protótipo como se fosse um quebra-cabeça. Os estudantes que trabalharam com a Robótica Sustentável lidaram com o erro com mais naturalidade, entendendo as falhas como parte do desenvolvimento de um artefato a fim de aprender com os erros, no sentido de buscar o aperfeiçoamento dos protótipos.

A movimentação na prática com a Robótica Tradicional basicamente restringiu-se ao movimento dos alunos entre duas bancadas, contendo os materiais de vários kits em uma e, na outra, o manual e o protótipo que estavam construindo. Na Robótica Sustentável, os alunos deslocaram-se mais, movendo-se entre a bancada onde estavam as ferramentas e os materiais, a bancada na qual estavam desenvolvendo o artefato, a bancada lateral onde se localiza a pia e aos locais onde ficavam as tomadas.

O trabalho com a Robótica Sustentável fez com que os alunos executassem tarefas desenvolvidas por marceneiros e eletricitas no momento da construção dos protótipos por meio da reutilização de materiais, materiais de baixo custo e manuseio de diversos tipos de ferramentas. Com a Robótica Tradicional, os alunos chegaram a fazer algumas tarefas apenas de eletricitas, usando poucas ferramentas, como estilete e uma chave de fenda pequena do kit. A prática com a Robótica Sustentável oportunizou aos alunos aprender mais sobre o uso dessas ferramentas, possibilitando realizar alguns serviços domésticos, como colocar prateleira e bucha na parede, ajeitar uma tomada etc.

Tanto na Robótica Tradicional como na Sustentável os estudantes discutiram e aprenderam conhecimentos relacionados à Física, como foi verificado nos diálogos dos alunos. Todavia, a Robótica Sustentável propiciou mais debates e aprendizados de conhecimentos dessa ciência, particularmente relacionados à Eletricidade. O trabalho com a Robótica Sustentável proporcionou a integração de assuntos da Física com temas de outras áreas, como a temática da Sustentabilidade no reaproveitamento de materiais, e de temas da Biologia, no caso das articulações dos dedos do protótipo da mão biônica, constituindo-se como prática educativa interdisciplinar. A equipe que trabalhou com a Robótica Tradicional chegou a falar sobre ângulos e a perceber que, se a ligação do cooler de um computador fosse invertida e girasse no sentido contrário, poderia queimar alguns componentes internos da máquina.

Durante a construção do alarme de placa de pressão, os alunos da equipe da Robótica Sustentável perceberam que o protótipo poderia ter uma utilidade na frente da porta de uma casa, com o propósito de servir como segurança. Este foi um momento no qual essa equipe mostrou um potencial de inovação por visualizarem no artefato mudanças e melhorias futuras. A maior inovação que o grupo da Robótica Tradicional conseguiu fazer durante o desenvolvimento dos protótipos foi trocar a cabeça do ciclista – no caso, colocar uma peça diferente. Diante disso, a Robótica Sustentável mostrou ter um potencial de inovação maior do que o trabalho com a Tradicional.

A aprendizagem dos alunos aconteceu de forma colaborativa na atividade com a Robótica. No processo de criação dos protótipos, o professor desempenhou papéis de Instrutor, Facilitador e Desenhador Instrucional. Nessa prática de produção dos protótipos, o docente conseguiu: a) planejar as condições iniciais da prática; b) deixar arrumado o ambiente de aprendizagem com os materiais necessários para a atividade; c) estar atento ao desenvolvimento dos estudantes; d) provocar os estudantes a refletir sobre a prática por meio de questionamentos, levando-os a expor suas ideias; e) dialogar com os participantes sobre a importância de realizar as tarefas em equipe,

respeitando a opinião dos outros membros; f) estimular os estudantes a tomar decisões em grupo e enxergar o erro como atitude de todos; e g) desenvolver nos estudantes a concepção de que o trabalho da equipe tem o propósito de solucionar os problemas comum a todos.

O trabalho com a Robótica Sustentável propiciou um debate sobre o desperdício. A maioria dos materiais que foram usados para construir os protótipos seguindo a Robótica Sustentável foram reutilizados ou de baixo custo. Muitos destes foram recolhidos na própria escola, contribuindo com a diminuição do lixo no local. A Robótica Sustentável mostrou a possibilidade de criar um debate mais crítico sobre a Sustentabilidade, no que diz respeito aos materiais utilizados para desenvolver seus protótipos, podendo ser reutilizados ao invés de comprados *kits* proprietários com custo elevado.

Diante das vantagens do processo de ensino e aprendizagem oportunizadas pelo uso da Robótica Sustentável, como discutimos até aqui, acreditamos que os docentes devem incluí-la em suas práticas educativas. Portanto, os professores que têm acesso aos *kits* de Robótica Tradicional em suas escolas devem realizar práticas com eles. Todavia, é importante que os docentes desenvolvam atividades com os materiais dessa tecnologia sem seguir o passo a passo do manual e disponibilizando peças de variados *kits*, a fim de proporcionar aos estudantes mais opções e liberdade de criação dos artefatos, ou seja, serem mais criativos.

Referências Bibliográficas

- ADOLPHUS, T.; ADERONMU, T. S. B. (2013). Difficulties Students Encounter in Reporting Physics Practical at the Senior Secondary School level in Rivers State, Nigeria. *Asian Journal of Education and e-Learning*, v. 1, n. 1, p. 29-33.
- BALDOW, R.; LEÃO, M. B. C. (2017). Robótica Sustentável e Aprendizagem Colaborativa: Contribuições no Ensino de Eletricidade e Hidrostática. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, n. extra, p. 699-704.
- BARBOSA E SILVA, R.; BLIKSTEIN, P (Orgs.). (2020). *Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira*. Porto Alegre: Penso.
- CAMPOS, F. R. (2017). Robótica Educacional no Brasil: Questões em Aberto, Desafios e Perspectivas Futuras. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, v.12, n. 4, p. 2108-2121.
- CELINSKI, T. M.; *et al.* (2012). *Robótica Educativa: uma Proposta para o Reuso do Lixo Eletrônico em uma Atividade de Extensão Universitária*. In: 4º Congresso Internacional de Educação, Pesquisa e Gestão, Curitiba-PR, p. 1-10.
- CÉSAR, D. R. (2013). *Robótica Pedagógica Livre: uma Alternativa Metodológica Para a Emancipação Sociodigital e a Democratização do Conhecimento*. 2013. 220 f. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento) - Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA.
- COLLAZOS, C.; MUÑOZ, J.; HERNÁNDEZ, Y. (2014). *Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador*. Projeto LATIn.
- COSTA, L. G.; BARROS, M. A. (2015). *O Ensino de Física no Brasil: Problemas e Desafios*. In: XII Congresso Nacional de Educação. Curitiba-PR, p. 10980-10989.

- D'ABREU, J. V. V.; GARCIA, M. F. (2010). *Robótica Pedagógica e Currículo*. In: Workshop de Robótica Educacional – WRE. Proceedings of the Joint Conference – SBIA – SBRN - JRI, Workshops, São Bernardo do Campo-SP, p. 1-6.
- DAMIANI, M. F.; *et al.* (2013). Discutindo Pesquisas do Tipo Intervenção Pedagógica. *Caderno de Educação*, n. 45, p. 57-67.
- EKICI, E. (2016). “Why Do I Slog Through the Physics?” Understanding High School Students’ Difficulties in Learning Physics. *Journal of Education and Practice*, v. 7, n. 7, p. 95-107.
- FARIAS FILHO, E. N. (2020). *Percursos da Educação Ambiental nos Processos de Produção do Currículo nos Microcontextos da Escola*. 2020. 293 f. Tese (doutorado em Ensino das Ciências de Matemática) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- FARIAS FILHO, E.; FARIAS, C. R. O. (2015). Discussões entre Professores sobre a Natureza Disciplinar ou Interdisciplinar da Educação Ambiental. *Pesquisa em Educação Ambiental*, [SI], v. 10, n. 2, p. 9-21, jul-dez.
- FARIAS FILHO, E.; FARIAS, C. R. O. (2020a). Duas Décadas da Política Nacional de Educação Ambiental: Percepções de Professores no Contexto de uma Escola Pública de Pernambuco. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 101, n. 258, p. 481-502, maio/ago.
- FARIAS FILHO, E.; FARIAS, C. R. O. (2020b). Políticas de Currículo da Educação Ambiental no Contexto de uma Escola Pública de Pernambuco. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*. Rio Grande, v. 37, n. 3, p. 263-282, mai./ago.
- GEBRAN, M. P. (2009). *Tecnologias Educacionais*. Curitiba-PR: IESDE Brasil S. A.
- LAYRARGUES, P. P. (2011). O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da lata de alumínio e suas implicações para a Educação Ambiental. In: LOUREIRO, F.; LAYRARGUES, P.; CASTRO, R. (Org.). *Educação Ambiental: Repensando o Espaço da Cidadania* (p. 185-225). 5. Ed. São Paulo: Cortês, 2011. cap. 7.
- LEONARD, A. (2011). *A História das Coisas: da Natureza ao Lixo, o que Acontece com Tudo que Consumimos*. Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 302 p.
- LIMA, E. F. A.; *et al.* (2010). *Construindo Robôs de Baixo Custo a Partir de Lixo Tecnológico*. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, p. 1-9.
- LOIZOS, P. (2008). Vídeo, Filme e Fotografias como Documentos de Pesquisa. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). *Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som: um Manual Prático* (p. 137-155). 2. ed. Petrópolis: Vozes.
- LOMBANA, N. B. (2015). Uso de la Robótica Educativa como Estrategia Didáctica en el Aula. *Praxis & Saber*, v. 6, n. 11, Jan-Jun, p. 215-234.
- LOUREIRO, C. F. (2015). Educação Ambiental e educação para o desenvolvimento sustentável: polêmicas, aproximações e distanciamentos. In: LOUREIRO, C. F. B; LAMOSA, R. A. C. (Org.). *Educação Ambiental no contexto escolar: um balanço crítico da década da educação para o desenvolvimento sustentável* (p. 35-67). Rio de Janeiro: Quartet, cap. 1.

MILL, D.; CÉSAR, D. R. (2013). Estudo sobre Dispositivos Robóticos na Educação: sobre a Exploração do Fascínio Humano pela Robótica no Ensino-Aprendizagem. In: Daniel Mill (Org). *Escritos sobre Educação: Desafios e Possibilidades para Ensinar e Aprender com as Tecnologias Emergentes* (p. 269-293). São Paulo-SP: Paulus, Cap. 10.

MILL, D.; CÉSAR, D. R. (2009). Robótica Pedagógica Livre: sobre Inclusão Sócio-Digital e Democratização do Conhecimento. *PERSPECTIVA*, v. 27, n. 1, p. 217-248.

MIRANDA, J. R.; SUANNO, M. V. R. (2009). *Robótica Pedagógica: Prática Pedagógica Inovadora*. In: IX Congresso Nacional de Educação e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, Curitiba-PR, p. 8073-8086.

OLIVEIRA, G. S.; *et al.* (2011). *Análise Comparativa entre os Kits Proprietários e de Robótica Livre tendo como Parâmetro o seu Custo e Características de Ensino*. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte-MG, p. 1-9.

PROL, L. C. A. (2006). Diferentes Materiais para uso na Robótica Educacional: a Diversidade que pode Promover o Desenvolvimento de Diferentes Competências e Habilidades. In: MARCUSSO, N.; BRITO, P.; TELLES, M. (Orgs.). *A Tecnologia Transformando a Educação: Casos de Aplicação* (p. 133-139). São Paulo-SP: Fundação Bradesco.

SAMPAIO, F. F.; *et al.* (2020). Consórcio de Laboratórios Remotos para a Prática da Robótica Educacional – LabVAD. In: BARBOSA E SILVA, R.; BLIKSTEIN, P (Orgs.). *Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira*. Porto Alegre: Penso. Capítulo 12, p. 169-190.

SILVA, J. R. N. (2010). *Lixo Eletrônico: um Estudo de Responsabilidade Ambiental no Contexto do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM Campus Manaus Centro*. In: I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Bauru-SP, p. 1-9.

TORRES, P. L.; IRALA, E. A. (2014). Aprendizagem Colaborativa: Teoria e Prática. In: Patrícia Lupion Torres (Org.). *Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento* (p. 61-93). Curitiba-PR: SENAR-PR, Coleção Agrinho.