



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS – PPGE

**ROBÓTICA SUSTENTÁVEL NO ENSINO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE E
HIDROSTÁTICA: A APRENDIZAGEM COLABORATIVA COMO
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA**

RODRIGO BALDOW DE SOUZA

Recife - PE
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS – PPGE

**ROBÓTICA SUSTENTÁVEL NO ENSINO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE E
HIDROSTÁTICA: A APRENDIZAGEM COLABORATIVA COMO
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Linha de Pesquisa: Processos de construção de significados em Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão
Coorientador: Prof. Dra. Walquíria Castelo Branco Lins

Recife - PE
2020

RODRIGO BALDOW DE SOUZA

**ROBÓTICA SUSTENTÁVEL NO ENSINO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE E
HIDROSTÁTICA: A APRENDIZAGEM COLABORATIVA COMO
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA**

Tese apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do
Título de Doutor em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, aprovada em 11
de agosto de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão
(PPGEC/UFRPE)
Orientador e Presidente da banca

Prof. Dra. Walquíria Castelo Branco Lins
(Mestrado Profissional em Design e em Engenharia de Software/CESAR)
Coorientadora

Prof. Dr. Bruno Silva Leite
(DEd e PPGEC/UFRPE-UAST)

Prof. Dra. Ivoneide Mendes da Silva
(PPGEC/UFRPE)

Prof. Dr. Rogério da Silva Ignácio
Colégio Aplicação/UFPE

Prof. Dr. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos
Centro Acadêmico do Agreste/UFPE

RESUMO

A tecnologia cada vez mais faz parte da vida dos jovens. E alguns destes esperam que o ensino nas escolas reflita, pelo menos um pouco, a sua realidade, de forma que o uso das tecnologias associado às metodologias de ensino conectadas ao contexto real possam melhorar o desempenho dos estudantes que não têm obtido bons resultados com o ensino tradicional. Diante de tantos recursos tecnológicos, a Robótica aparece como uma alternativa. Entretanto, os *kits* comerciais de Robótica que são utilizados em algumas escolas têm alguns problemas, como o seu elevado custo, a limitação em seu uso pelo fato de suas peças e seus encaixes serem pré-fabricados e terem uma quantidade de peças exata por caixa, o que pode limitar também a criatividade e o ensino de alguns conteúdos, em especial, os de Física, e o trabalho com a programação que nem sempre é fácil de ser feito. Propomos um trabalho com a Robótica a partir da reutilização de materiais e de outros de baixo custo, sem a necessidade de utilizar a programação, intitulando esse tipo de trabalho de Robótica Sustentável que, além de ser mais acessível, pode proporcionar uma melhor discussão sobre alguns assuntos de Física e propiciar o desenvolvimento de protótipos de forma mais criativa. Com isso, foi feito esse trabalho que consiste em uma pesquisa do tipo intervenção, a qual teve como objetivo principal investigar como a Robótica Sustentável, tendo a Aprendizagem Colaborativa como fundamentação teórico-metodológica, pode contribuir no Ensino de Eletricidade e do Princípio de Pascal. Essa atividade consistiu em uma prática pedagógica que foi realizada em uma escola pública estadual de ensino médio/técnico, da qual participaram seis estudantes do 1º ano do curso de Informática que foram divididos em duas equipes com três alunos em cada trabalhando um grupo com a Robótica Tradicional e o outro com a Robótica Sustentável. A atividade foi executada no período de setembro a novembro de 2019. A prática pedagógica foi filmada e, com isso, foram realizadas as transcrições dos áudios dos estudantes em alguns momentos de debate entre eles na atividade além de observamos as movimentações e as ações deles durante todo o processo. Com esses dados, foram feitas as análises e as interpretações que mostraram que em ambas as Robóticas foi possível ter uma aprendizagem colaborativa, apresentando melhores resultados o trabalho com a Sustentável. Também esta proporcionou mais discussões interdisciplinares e maior movimentação no ambiente. Enquanto a Tradicional apresentou alguns problemas no uso do manual, na questão de as peças terem tamanhos em encaixes pré-fabricados e quando se trabalha só com os materiais de um único *kit*. Em virtude disso, observou-se limitação quanto à criatividade dos estudantes, o que os levou a discutirem, em muitos momentos, mais a construção do protótipo do que as questões científicas abordadas pelo artefato.

Palavras-Chave: Robótica Sustentável; Robótica na Educação; Aprendizagem Colaborativa.

ABSTRACT

The technology is increasingly making part of young people's lives. Some of these expect that the school education reflects, at the very least, somewhat their reality, in a way that the use of the technologies related to teaching methodologies oriented by the actual context may improve the performance of those students that has not held good results with the traditional teaching. In face of the many technological resources, Robotics appears as an alternative. Nonetheless, the Robotics commercial kits used in some schoolhouses have a few issues, such as high cost, the restriction of use, once they have an exact quantity of pieces per box and its fitting parts are prefabricated. This may also narrow creativity and the teaching of some subjects, particularly Physics. In addition, the schoolwork with the programming is not always easy to be done. We propose a Robotics schoolwork as of low cost materials and the reuse of materials, without needing programming, for which we call Sustainable Robotics. Not only it is more accessible, but it also may provide a wider discussion on some Physics topics and foster the development of prototypes in more creative ways. In doing so, from an intervention was made this research whose main purpose is check how Sustainable Robotics may contribute on Electricity Teaching and on the learning of the Pascal principles, having as theoretical basis the Collaborative Learning. This practice involved a pedagogic practice performed during the period September to November 2019 in a technical and secondary state school, of which six first-year students have participated of the Computer course, of whom was split in two teams of three students each. In one of them, the team with Traditional Robotics, and the other, Sustainable Robotics. The pedagogic practice was filmed and with it the audio was transcript. These dialogues, in addition of our observation notes during the whole activity composed our data base. With all these data, analysis was made and the interpretations have shown that in both teams, Tradition and Sustainable, it was possible to achieve Collaborative Learning, yet, performing better results from the Sustainable one. Such practice also provided further interdisciplinary debates and broader motion. Whereas, the Traditional has presented complications with the instruction manual, on the matter of having fitting pieces prefabricated, when it comes to work with a single kit. Due to it all, we have remarked the limitation in terms of the student's creativity, which led them often to argue, even more the construction of the prototype than the scientific issues approached by the gadget.

Keywords: Sustainable Robotics; Robotics in Education; Collaborative Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Interface LEGO 70288	32
Figura 02 - Placa da interface LEGO 70288	32
Figura 03 - Linha do Tempo da História da Robótica	36
Figura 04 - Número de trabalhos em cada edição dos congressos nacionais analisados	46
Figura 05 - Porcentagem de trabalhos de cada região	47
Figura 06 - Porcentagem de trabalhos de cada estado	48
Figura 07 - Material utilizado nos trabalhos	49
Figura 08 - Número de trabalhos em cada edição dos congressos internacionais analisados	51
Figura 09 - Material utilizado nos trabalhos	53
Figura 10 - Número de trabalhos em cada edição do WIE	54
Figura 11 - Porcentagem de trabalhos de cada região	55
Figura 12 - Porcentagem de trabalhos de cada estado	56
Figura 13 - Material utilizado nos trabalhos	57
Figura 14 - Robótica na Educação e suas Áreas	74
Figura 15 - Circuito Simples de uma Ligação de uma Lâmpada	99
Figura 16 - Protótipos Desenvolvidos no Teste Piloto	107
Figura 17 - Notas dos Estudantes no Pré-Teste	115
Figura 18 - Materiais e Ferramentas na Bancada.	116
Figura 19 - Alarme de Placa de Pressão	119
Figura 20 - Caixas com Peças de Vários <i>Kits</i> da <i>Fischertechnik</i>	122
Figura 21 - Ventilador	129
Figura 22 - Mão Biônica Elétrica	136
Figura 23 - Ciclista	140
Figura 24 - Organização das Ferramentas na Bancada	143
Figura 25 - Robô Hidráulico	149
Figura 26 - Peças do <i>Kit</i> da <i>Fischertechnik</i>	152
Figura 27 - Pinball	156
Figura 28 - Notas dos Estudantes no Pós-Teste	158
Figura 29 - Notas do Pré e Pós-Testes	158

LISTA DE QUADRO

Quadro 01 - Danos causados por alguns elementos químicos encontrados em materiais eletrônicos	80
Quadro 02 - Projetos de Robótica	85
Quadro 03 - Cronograma das Atividades Realizadas no Teste Piloto.	106
Quadro 04 - Materiais Utilizados nos Protótipos	107
Quadro 05 - Cronograma da Prática Pedagógica	111
Quadro 06 - Perguntas Realizadas no Pré-Teste	112

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE A ROBÓTICA	24
1.1 Seymour Papert e a Robótica na Educação	29
2 A ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO	39
2.1 Levantamento e Análise de Tendências sobre Robótica em Congressos da Área de Ensino de Ciências	44
2.1.1 O Conteúdo e as Considerações das Pesquisas	58
3 ROBÓTICA LIVRE, ROBÓTICA SUSTENTÁVEL E A SUSTENTABILIDADE	68
3.1 Robótica Livre	69
3.2 Sustentabilidade e a Educação Ambiental	75
3.3 Robótica Sustentável	79
3.4 Projetos de Robótica na Educação	82
3.4.1 Robótica Livre	82
3.4.2 Robô Livre	83
3.4.3 Robótica Sucata	84
3.4.4 Outros Projetos de Robótica na Educação	85
4 APRENDIZAGEM COLABORATIVA	89
4.1 Raízes Epistemológicas da Aprendizagem Colaborativa	90
4.2 Benefícios e Princípios Básicos da Aprendizagem Colaborativa	93
4.3 Colaboração Efetiva	95
4.3.1 Papel dos Estudantes na Aprendizagem Colaborativa	95
4.3.2 Papel do Professor na Aprendizagem Colaborativa	96
<u>4.3.2.1 Professor como Desenhador Instrucional</u>	96
<u>4.3.2.2 Professor como Facilitador</u>	97
<u>4.3.2.3 Professor como Instrutor</u>	97
4.4 Conteúdos de Eletricidade e Princípio de Pascal	99
5 METODOLOGIA	101
5.1 Natureza da Pesquisa	101

5.2 Sujeitos da Pesquisa	102
5.3 Instrumento de Pesquisa	102
5.3.1 Questionários (Pré e Pós-Testes)	103
5.3.1 Videografia	104
5.4 Atividades Desenvolvidas na Pesquisa	104
5.4.1 Teste Piloto	105
5.4.1.1 <u>Algumas Considerações sobre o Estudo Piloto</u>	109
5.4.2 Prática Pedagógica	110
6 RESULTADOS, DISCUSSÕES E ANÁLISES	114
6.1 Pré-Teste	114
6.2 Desenvolvimento do Alarme de Placa de Pressão – Equipe 01	115
6.3 Desenvolvimento do Ventilador – Equipe 02	121
6.4 Desenvolvimento da Mão Biônica Elétrica – Equipe 01	131
6.5 Desenvolvimento do Ciclista – Equipe 02	137
6.6 Desenvolvimento do Robô Hidráulico – Equipe 01	143
6.7 Desenvolvimento do Pinball – Equipe 02	151
6.8 Pós-Teste	157
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
REFERÊNCIAS	165
APÊNDICE A	179

INTRODUÇÃO

Uma tecnologia que vem sendo usada em algumas escolas nos últimos anos e tem ganhado destaque é a Robótica que, a partir de uma perspectiva sustentável, foi o nosso objeto de estudo. A motivação para a escolha desse princípio vem do fato de tornar a Robótica mais acessível ao ambiente escolar que os modelos proprietários dessa tecnologia, visto que o custo destes pode inviabilizar todas as escolas de todos. Presumimos que, da perspectiva adotada, os estudantes têm mais liberdade de ações e, conseqüentemente, de exercício da criatividade, possibilitando um ambiente mais favorável para aprender conhecimentos científicos, como, no nosso caso, os da Física. De outro lado, observando que as peças e encaixes dos *kits* industrializados são pré-fabricados, há limitações em seu uso. No intuito de compreender a importância desse estudo, faremos uma discussão inicial de algumas tecnologias na sociedade e na vida dos jovens para podermos entender a importância do uso desse tipo de instrumento em práticas de ensino e aprendizagem.

O homem, nos dias de hoje, está lidando com muitas informações. Elas são encontradas nos livros, rádio, televisão, jornais, revistas, internet, *outdoors* etc. A todo o momento surge uma informação nova. As pessoas não estão se limitando a se atualizarem somente sobre o local no qual estão. Se elas estiverem no Brasil, por exemplo, poderão se informar sobre o que está acontecendo no Japão a qualquer instante. A internet contribui bastante para isso, assim como ela possibilita “aproximar” amigos e parentes que moram longe e podem conversar de forma fácil.

Piesco (2015) afirma que a internet tem características próprias no que diz respeito à leitura. O usuário, na maioria das vezes, disponibiliza um menor tempo de atenção em relação ao leitor de uma revista e/ou de um jornal. A maioria dos internautas lê textos de forma entrecortada, indo aos pontos de seu interesse e preferindo tipos de leitura com linguagens diretas e claras. O autor também destaca que, diante do que a internet tem exercido no dia a dia dos jovens, os temas que encontram na rede acabam se tornando assuntos de suas conversas, influenciando, em alguns casos, nas atividades que eles fazem no tempo livre.

Baseado em Schlemmer (2010), Mill (2013) destaca que muitas crianças e jovens estão em um mundo tecnológico-digital com familiaridade com os dispositivos digitais, assim como são participantes e criadores de suas redes. Eles são de uma geração que se movimenta de forma fácil e rápida, de modo a conseguir acessar

muitas informações e com várias formas de se comunicar e interagir. Estes jovens estão cada vez mais inseridos em ambientes cheios de tecnologias digitais, podendo aprender os estudantes a partir de cliques, toques, sons, telas, ícones, games, em um mundo entrelaçado com ações e interações com curiosidade, descoberta, desafio, exploração, pesquisa, experiências e vivência em distintas redes. Observa-se que esses jovens vivem de forma muito natural com artefatos e processos que são complexos para muitos adultos. Isso mostra que há uma necessidade de uma reflexão sobre mudanças no processo de ensino e aprendizagem. Essa nova geração que frequenta hoje as escolas está cercada pelas tecnologias. Logo, é natural que essas tecnologias sejam levadas para a sala de aula podendo auxiliar no processo didático.

As tecnologias que vão surgindo não são só produtos sociais, mas elas podem conseguir modificar nossa forma de pensar, sentir e agir, como nos comunicamos, a maneira como nos relacionamos e o modo como o processo de ensino e aprendizagem ocorre. Não há mais como desvincular as ações das pessoas em relação aos recursos tecnológicos e suas habilidades de usá-los do mundo atual. Esse novo “tipo” de jovem deseja um novo perfil de Educação (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015; PAYAL; KANVARIA, 2018).

Esse jovem está diante de tecnologias que fornecem a ele muitas informações. Principalmente na internet, mas ter informações não significa que se está aprendendo algo. Assim como não se pode fingir que essas tecnologias estão fornecendo informações. Sobre isso, Leão (2011) destaca que cada vez mais a expressão “sociedade do conhecimento” aparece no dia a dia. Muitos meios de comunicação, como jornais, revistas, periódicos especializados, televisão, dentre outros, estão tornando essa expressão comum. Entretanto, o autor questiona se realmente estamos vivendo em uma sociedade do conhecimento, discordando dessa tese ao afirmar que existe uma diferença entre informação e conhecimento. Na verdade, a sociedade vive em um mundo no qual as informações estão disponibilizadas a partir de vários meios. O autor explica que o processo de construção de conhecimento é muito mais complexo do que o simples fato de obter informações. Logo, ele acredita que a expressão “sociedade da informação” é muito mais adequada ao que a sociedade vive hoje.

Diante de uma sociedade da informação, torna-se difícil selecionar as que realmente são significativas para a construção de novas aprendizagens em meio a tantas informações que existem, principalmente as oriundas da internet pela

quantidade que se tem nessa rede sem o cuidado, em alguns casos, de colocar as informações corretas. Seguindo esse raciocínio, essa sucessão de informes diversos torna bastante laborioso mostrar aos jovens como podem utilizar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) em suas práticas cotidianas e, em particular, na Educação.

As tradicionais práticas que são realizadas nas escolas, centradas no professor, têm perdido espaço, em muitos lugares, devido à inclusão de novas ferramentas tecnológicas nas quais estão inseridas as TDIC, configurando-se como um dos caminhos que possibilitam fazer com que os estudantes se motivem a aprender. A inclusão das tecnologias na Educação vem acompanhada de artefatos que se configuram como novos materiais didáticos que podem ser utilizados como instrumentos pedagógicos contribuindo com os processos de ensino e aprendizagem. Queiroz (2018) reforça esse pensamento ao dizer que a Educação do século XXI continua fundamentada na aula expositiva, pela maioria dos professores, focando muito no docente e no conteúdo disponibilizado. A autora traz uma reflexão importante sobre isso: se um professor do século XX fosse transportado para a sala de aula de hoje, conseguiria lecionar sem problemas, pois a forma de ensinar não mudou muito durante esse tempo. Isso mostra que não houve uma evolução na Educação, o que ressalta que há a necessidade de mudanças. A inserção das tecnologias como recursos na sala de aula pode ser uma alternativa.

Essa é uma situação que fez muitos pesquisadores (NICOLETE *et al.*, 2016; GRADO; MACEDO, 2015; GARCIA, 2013) repensarem a escola. Refletirem sobre os papéis dos professores, estudantes e da instituição educacional. A inclusão das TDIC na Educação proporcionou a entrada de novos materiais de apoio didático. Entretanto, inserir computadores, *smartphones*, robôs ou qualquer outro material tecnológico na escola não significa que existe uma metodologia de ensino apoiada em tecnologias. Para que exista um ensino inovador, é importante o uso adequado da tecnologia, de forma que proporcione uma prática que contribua com o processo de aprendizagem do estudante.

A escola não pode deixar de olhar a evolução tecnológica que vem acontecendo na sociedade da qual faz parte. Os professores precisam se tornar mediadores da aprendizagem de forma que o estudante não seja mais um mero consumidor de informações ou que faça o uso equivocado das ferramentas

tecnológicas. Há uma necessidade de se enfrentar os desafios e as mudanças que estão acontecendo na escola e fora dela (QUEIROZ, 2018).

Segundo Lombana (2015), quando os materiais tecnológicos começaram a aparecer nas escolas como apoio aos processos educativos, iniciou-se uma engenharia educativa que tem como propósito estudar novos enfoques didáticos utilizando artefatos tecnológicos. Uma das primeiras manifestações da engenharia educativa foi a Robótica na Educação. O autor ressalta que a Robótica na Educação deve ser vista não como um fim, mas como um meio, para contribuir com um processo educativo ativo, participativo e colaborativo dos estudantes.

Gonçalves *et al.* (2015) destacam que a Robótica é um instrumento tecnológico que vem sendo utilizado em algumas escolas e tem obtido bons resultados, despertando o interesse e a criatividade dos estudantes.

A Robótica na Educação emerge como uma tecnologia que pode trazer contribuições significativas em prática pedagógicas possibilitando a construção de novos conhecimentos científicos, em particular, na área de Física. Além de uma prática pedagógica com essa tecnologia proporcionar um espaço rico que pode desenvolver a criatividade e desenvolver habilidades nos estudantes (PROL, 2006).

Com o intuito de debater um pouco mais sobre a Robótica na Educação, é preciso esclarecer as seguintes indagações: o que é Robótica? O que é um robô? Sobre este último, Arlegui e Pina (2016) deram uma definição que diz que ele é: *“un mecanismo físico programable capaz de actuar para resolver problemas interaccionando com su entorno de manera autónoma”* (ARLEGUI; PINA, 2016, p. 20). No que diz respeito ao mecanismo físico, eles afirmam que o robô é um protótipo automatizado. Ao se trabalhar com ele, dentro do universo da Educação, pode-se estudar alguns conhecimentos científicos. Sobre ser programável, é uma característica do robô que pode ser controlado a partir de uma linguagem de programação. Os robôs são programados para realizar alguma tarefa com o objetivo de resolver algum problema, geralmente, para substituir o trabalho de um ser humano. Logo, trabalhar com a programação de robôs proporciona uma prática pedagógica com projetos e problemas; colaborando com um ensino que contribui com o desenvolvimento de competências dos estudantes. Os sensores do robô o permitem “sentir” os aspectos físicos que estão em seu entorno e, assim, adquirir dados que os levam, conseqüentemente, a tomar uma decisão de forma “autônoma”. Esse comportamento deve ser condicionado com sua programação estabelecendo,

antecipadamente, o que vai ser feito diante das situações previstas. No caso, deve-se criar hipóteses prévias em relação ao entorno de forma a estabelecer as ações dos robôs de maneira que eles executem o que foi programado em cada situação. Este trabalho possibilita aos programadores, que podem ser estudantes, um exercício cognitivo “hipotético-dedutivo” levando a refletirem situações lógicas como: “se... então...se não...” (ARLEGUI; PINA, 2016).

Em relação ao robô, segundo Wegnez (1987, p. 15-16), a partir de percepções diferentes, define que:

1. O robô é uma máquina que tem aspectos humanos e é capaz de agir de um modo automático para desempenhar uma determinada função;
2. O Robô é um aparelho capaz de substituir o homem nas suas funções motoras, sensoriais e intelectuais;
3. O robô é uma máquina capaz de repetir o que faz a mão humana;
4. O robô é um braço mecânico que possui vários eixos de deslocamento e que é capaz de reproduzir diversos movimentos humanos graças ao recurso a um computador programado com essa finalidade;
5. O robô é um manipulador de múltiplas funções e que é programável;
6. O robô é um utensílio de trabalho capaz de perceber o ambiente no qual se movimenta e de se adaptar a ele, a fim de realizar de um modo autônoma manutenções predeterminadas;
7. O robô é um manipulador mecânico com vários graus de liberdade de movimento e que pode ser programado para executar uma ou várias tarefas;
8. O robô é um engenho que pode ser programado, destinado a manipular peças ou utensílios, e cujos movimentos são determinados com vista a completar tarefas específicas.

Wegnez (1987) afirma que a história e o futuro dos robôs estão na evolução no processo de como eles realizam as tarefas, indo do procedimento inteiramente manual até a situação de totalmente automatizado. Esta evolução o autor separa em nove etapas que são descritas como:

1. A tarefa é executada de um modo inteiramente manual, no sentido estrito da palavra, isto é, sem a utilização de qualquer tipo de utensílio;
2. A tarefa é executada de modo inteiramente manual, mas no sentido lato do termo, o que significa que um utensílio é manipulado para a execução dessa tarefa; o utensílio utilizado não está, todavia, equipado com motor;
3. A tarefa é executada de um modo parcialmente manual, o que significa que a manipulação é realizada recorrendo a um utensílio equipado com um motor;
4. A tarefa é executada, na sua totalidade, por mecanismos, estando estes, no entanto, integralmente colocados sob o controle de um ou vários seres humanos, os quais fazem, portanto, o papel de operadores;
5. A tarefa é executada totalmente por mecanismos, sem que intervenha um controle por parte de operadores humanos, tendo sido esta operação inteiramente elaborada e programada, à partida, de uma forma mecânica, o que lhe dá uma evidente rigidez no seu desenvolvimento;
6. A tarefa é inteiramente executada por mecanismos, sem que intervenha um controle por parte de operadores, mas tendo a elaboração do

desenvolvimento da tarefa sido realizada de modo a que tenha lugar segundo processos mais rápidos, mais precisos e susceptíveis de ser modificados, o que dá uma maior eficácia, um maior grau de *performance* e uma verdadeira flexibilidade;

7. A tarefa é executada, na sua totalidade, por mecanismos, de agora em diante controlados e comandados por programas informáticos colocados na memória do computador encarregue desta função de controle, sendo estes programas muito facilmente modificáveis e podendo ser introduzidos muito rapidamente no sistema, o que garante a extrema flexibilidade desta fórmula de automatização;

8. A tarefa é totalmente executada por mecanismos controlados e comandados por programas informáticos colocados na memória do computador encarregue desta operação; mas estes mesmos programas podem ser, em qualquer momento, modificados devido à intervenção de mecanismos exteriores ao sistema, dotados de comandos apropriados;

9. A tarefa é inteiramente executada por mecanismos controlados e comandados por um conjunto de meios que podem ser acionados graças ao recurso a programas colocados na memória, e depois da recepção de sinais ou de informações captadas por dispositivos sensitivos que comandam a execução das várias etapas dos programas pré-registrados, estando o próprio conjunto desta estrutura colocado sob o controle de computadores encarregues da coordenação geral destas operações (WEGNEZ, 1987, p. 37-38).

Observa-se que, com o avanço da ciência e da tecnologia, a ideia de robô foi mudando. No passado, ele era definido como um dispositivo mecânico inteligente. Com o desenvolvimento dos computadores, os robôs começaram a “pensar”, solucionar problemas, inclusive, em alguns casos, até ter emoções (MARTÍNEZ; GONZÁLEZ; DEVIA, 2014; MATARIC, 2007). Em uma definição mais atual, pode-se dizer que ele é um sistema autônomo que pode sentir seu ambiente e atuar nele para alcançar algum objetivo. Assim como a noção de robô foi mudando com o tempo, a definição de Robótica também. De forma objetiva, pode-se dizer que Robótica é uma ciência que estuda os robôs. Logo, nela se pesquisa sua percepção, atuação autônoma, ação e alcance de metas (MATARIC, 2007).

Nessa breve discussão sobre o que é robô e Robótica, observa-se que suas definições foram mudando conforme o tempo e o avanço da ciência e da tecnologia. Nossa pesquisa vai trabalhar com o que chamamos de Robótica Sustentável, uma área dessa ciência voltada para a Educação, que não utiliza a programação para desenvolver seus robôs; reutilizando materiais descartados e outros de baixo custo. O que significa que as definições de robô e Robótica que não incluem que o protótipo precise ser programável serão as noções que vamos utilizar para a Robótica Sustentável. Como afirma Sampaio *et al* (2020), práticas pedagógicas com a Robótica não precisam, necessariamente, utilizar a linguagem de programação para ativar dispositivos mecânicos e eletroeletrônicos.

Acreditamos que, ao se trabalhar com a Robótica Sustentável e logo depois com a Robótica Livre, o estudante poderá experimentar a evolução dessa tecnologia conforme as mudanças em relação à definição de robô e Robótica que aconteceram com o passar do tempo. Nessa situação, o aluno teria a experiência de desenvolver um protótipo sem a programação, visualizando essa tecnologia como era antigamente e, ao trabalhar com protótipos programáveis, observaria um artefato mais atual.

Voltando ao debate sobre a Robótica na Educação, ela não tem exatamente a intenção de ser um curso de mecânica de forma que os estudantes comecem a construir máquinas que estão no nosso dia a dia, mas sim propor atividades nas quais o mais importante seja o desenvolvimento educacional e não o técnico (GEBRAN, 2009).

Mas, por que trabalhar com a Robótica na Educação? Fernandez-Pacheco *et al* (2015) defendem o uso da Robótica na Educação por ser uma prática pedagógica atrativa. Eles explicam que um dos motivos desse encantamento foi porque os robôs começaram a fazer parte de uma cultura popular por causa de filmes de ficção científica das décadas de 70 e 80 como, por exemplo, Star Wars (1977), Exterminador do Futuro (1984) e Curto Circuito (1986). Assim, chamando a atenção dos jovens que cresceram apreciando histórias de escritores e cineastas do século XX e início do XXI. Além de a Robótica chamar a atenção dos adolescentes, os autores também afirmam que ela consegue combinar alguns campos da ciência e da técnica que são difíceis de serem reunidos. Áreas da Física, como a Eletrônica, Mecânica Clássica e Eletricidade conseguem se conectar com o desenho e a construção dos protótipos. Além disso, a Robótica desenvolve o raciocínio lógico quando se trabalha com a programação dos robôs.

As práticas pedagógicas com a Robótica utilizam materiais diversos com os quais os alunos constroem protótipos e colocam em prática conceitos desenvolvidos, por exemplo, da ciência Física. Tais materiais podem se compor em *kits* comerciais de montagens, contendo várias peças, motores, sensores, controlados a partir de um computador com um *software* que possibilita programar como o protótipo irá funcionar, além de estimular no estudante a criatividade de montar o modelo do seu jeito. Em relação aos *kits* comerciais de Robótica na Educação, apesar de serem bons instrumentos de ensino que podem ser utilizados nas práticas pedagógicas das escolas, são produtos relativamente caros que estão no mercado, o que se torna uma limitação para o uso desse tipo de tecnologia educacional em regiões de classes

sociais menos favorecidas. Os professores, muitas vezes, acabam optando por trabalhar com a Robótica Livre, que utiliza materiais de sucata por ser mais acessível.

Campos (2017) destaca que há alguns obstáculos que atrapalham a inserção da Robótica no currículo regular. Sendo eles: 1. O tempo para realizar um trabalho com essa tecnologia; 2. A formação teórico-prática dos professores para o correto uso dos materiais dessa área; 3. A articulação teoria e prática ao utilizar estes recursos; 4. O custo dos materiais necessários para trabalhar com essa tecnologia. O alto custo dos *kits* de Robótica industrializados parece seguir uma lógica capitalista das empresas em que a geração de lucro e a acumulação de riquezas são mais importantes do que o processo de construção do conhecimento científico e tecnológico dos indivíduos na escola.

O custo dos *kits* de Robótica proprietários pode ser um problema para se trabalhar com essa tecnologia nas escolas que se localizam em regiões de classes sociais menos favorecidas. Assim como suas peças e encaixes pré-fabricados podem trazer limitações de criatividade (MILL; CÉSAR, 2013), e em cada *kit* ter uma quantidade específica de materiais que acabam induzindo as práticas pedagógicas que utilizam esse material a trabalhar só com eles. A Robótica Livre¹ aparece como uma alternativa para se trabalhar com *software* e *hardware* livre e materiais de sucata no desenvolvimento de práticas pedagógicas com essa tecnologia. Entretanto podemos destacar algumas desvantagens como: o custo financeiro para adquirir componentes ainda torna inviável que propostas de uso de robótica educacional sejam desenvolvidas em escolas que enfrentam realidade de poucos recursos; a necessidade de uso de linguagens de programação pode tornar as propostas dependentes de tempo e esforço para a aprendizagem de programação por alunos e professores. Lembrando que pode haver cenários em que há pouco interesse em oferecer capacitação aos docentes para aprenderem a trabalhar com a programação do material dessa tecnologia.

Sobre a capacitação, Silva, Silva e Silva (2018) destacam que o preparo do professor é tão importante como a própria prática da Robótica. Dependendo do protótipo que for realizado em uma atividade da Robótica Livre, os alunos vão precisar aprender a programação e os conhecimentos de marcenaria e eletricidade para

¹ César (2013) define a Robótica Livre como sendo os processos e procedimentos dessa área tecnológica que envolvem práticas pedagógicas que utilizam *hardware* e *software* livres, assim como outras peças consideradas livres, e/ou sucatas.

construir a parte estrutural. Tendo que desenvolver essas duas partes do artefato, a atividade pode se tornar complexa para ser construída em sala de aula, apesar de a prática ser bastante rica. Devido a essas questões, propomos nessa tese a utilização da Robótica Sustentável, que é uma área dessa tecnologia na Educação que trabalha com a reutilização de materiais e outros de baixo custo sem precisar trabalhar com a programação, por acreditarmos que ela vai dar mais acesso aos professores e aos estudantes a trabalharem com a Robótica, deixando as atividades com essa tecnologia mais acessível por depender menos do uso de linguagens programação.

Dessa forma, podendo servir como uma prática a ser realizada antes de se trabalhar com a Robótica Livre para que os estudantes quando participarem de uma atividade como esta, já tenham algum conhecimento de marcenaria e eletricidade, permitindo, assim, um trabalho mais cuidadoso com a parte da programação. Ao se realizar uma prática pedagógica com a Robótica Sustentável, acreditamos que fica mais fácil de serem trabalhados os conhecimentos físicos relacionados ao funcionamento de seus protótipos por poder focar mais na parte estrutural do artefato. Além de que, devido ao fato de os estudantes terem tido dificuldade em aprender essa ciência por diferentes fatores, como mostram alguns pesquisadores (EKICI, 2016; ADOLPHUS; ADERONMU, 2013; COSTA; BARROS, 2015), o trabalho com a Robótica Sustentável pode ser um caminho viável para o ensino de Física. Todavia, é importante salientar que acreditamos que uma posterior prática pedagógica da Robótica Livre com a programação pode proporcionar aos estudantes uma consolidação do que foi aprendido antes, com a Robótica Sustentável.

Em relação ao trabalho com a Física, optamos por discutir os conteúdos dessa ciência relacionados à Eletricidade e ao Princípio de Pascal por estes serem facilmente abordados nos protótipos da Robótica Sustentável como também serem conhecimentos dessa área que os estudantes têm tido dificuldades (RODRIGUES *et al.*, 2014; BERNHARD; CARSTENSEN, 2015; IWAN; SUYATNA; WARSITO, 2018; BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018) em aprender e relacionar com o dia a dia, como debateremos a seguir.

Como foi dito anteriormente, um dos problemas encontrados em muitas escolas é o fato de haver muitas aulas expositivas sem a preocupação de relacioná-las com o cotidiano dos estudantes. Essa é uma questão que também tem interferido no aprendizado da Física que tem sido umas das ciências que os alunos menos gostam nas escolas. Outra questão que corrobora são as listas de exercícios que são

passadas aos estudantes que muitas vezes elas só mecanizam a forma de responder às questões sem fazer com que eles reflitam sobre os conhecimentos físicos. Apesar das dificuldades encontradas, na maioria dos casos, no ensino de Física, Souza e Granhen (2017) destacam que há muitos recursos que podem ser utilizados em sala de aula além dos livros didáticos e do quadro e do giz, como: práticas experimentais, simulações, vídeos, aulas em slides, jogos, dentre outros.

Rodrigues *et al.* (2014) destacam que os significados que os estudantes têm associados aos conceitos formais da Física são, na maioria das vezes, diferentes daqueles que os próprios físicos atribuem a esse mesmo conceito, em especial, os atribuídos aos conceitos de tensão, resistência elétrica, corrente elétrica e outros da eletricidade na linguagem do dia a dia. Berek, Sutopo e Munzil (2016) ressaltam que normalmente os estudantes têm a tendência de explicar da sua forma quando lidam com um fenômeno observado, e, na maioria das vezes, seus pensamentos não são consistentes com os princípios da ciência. Os autores afirmam que muitos estudos (CHEN; IRVING; SAYRE, 2013; RADOVANOVIC; SLISKO, 2013; OZKAN; SELCUK, 2015) têm mostrado que os estudantes têm conceitos errados sobre conhecimentos da Hidrostática.

Os conceitos científicos da Eletricidade podem ser relacionados facilmente com o dia a dia, visto que ela faz parte do cotidiano das pessoas, como quando se liga uma lâmpada ou um eletrodoméstico. Entretanto, como destacam Rodrigues *et al.* (2014), há uma dificuldade de os estudantes relacionarem o que aprendem na sala de aula sobre esse conteúdo com o que eles veem no seu dia a dia. Os autores reforçam que uma das hipóteses para essa dificuldade é a maneira como os conhecimentos da Eletricidade são ensinados, na maioria das vezes, de forma expositiva, visando somente à transmissão do conteúdo como se fossem meros dados para serem memorizados. Diante disso, os estudantes têm dificuldade em compreender o assunto, assim como relacioná-lo com as situações de seu cotidiano.

Dorneles, Araujo e Veit (2006) destacam que o significado que é atribuído aos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica no dia a dia não é o mesmo dos cientificamente aceitos. Isso acaba levando o estudante a associar um conceito formal de Física de forma diferente de como um físico atribui. Bernhard e Carstensen (2015) dizem que muitos estudantes tendem a agrupar os conceitos relacionados à tensão, corrente elétrica, potência e energia; mostrando que os alunos têm dificuldades de distinguir claramente os conceitos dessas grandezas. Os autores

também reforçam que em determinados circuitos, os estudantes têm dificuldades de perceberem que ele é um sistema, de forma que mudanças locais no circuito podem gerar alterações globais ao ponto de todas as suas tensões e correntes do mesmo serem afetadas.

Segundo Dorneles, Veit e Moreira (2005), a eletricidade é uma das áreas da ciência Física com mais pesquisas sobre as dificuldades de aprendizagem dos estudantes. Os autores, baseados em Duit e Rhoneck (1998), Shaffer e McDermott (1992) e Engelhardt e Beichner (2004), listaram algumas dificuldades que os estudantes têm em relação aos circuitos elétricos simples como: 1. Compreender que a intensidade da corrente elétrica em um circuito depende não só das características da fonte, como também da resistência equivalente do que for ligado aos terminais; 2. Distinguir os conceitos de diferença de potencial e potência elétrica e também com a corrente elétrica; 3. Identificar quando os resistores estão associados em série e em paralelo; 4. Entender que a intensidade da corrente elétrica não depende de seu sentido.

Assuntos relacionados à Hidrostática, como, por exemplo, o Princípio de Pascal, muitas vezes não são vistos nas escolas pelos professores por ser, em muitos casos, o assunto do último capítulo do livro de Física do 1º ano do ensino médio. Como normalmente o conteúdo dessa ciência é extenso para ser trabalhado durante o ano letivo, os últimos assuntos do livro didático acabam não sendo abordados. Essa questão mostra a importância de se trabalhar a Hidrostática em sala de aula ou em projetos (SOUZA; GRANHEN, 2017).

Iwan, Suyatna e Warsito (2018) destacam que ao se ensinar conhecimentos de Hidrostática, é recomendado trabalhar com experimentos para diminuir abstrações dos estudantes de forma que possam compreender melhor os conceitos físicos. Barroso, Rubini e Silva (2018) realizaram um estudo das respostas de estudantes de algumas questões do ENEM com o intuito de obter evidências relativas à compreensão dos conceitos de Física dos alunos ao terminar o ensino médio. Uma das questões que exigiu dos estudantes o conhecimento do Princípio de Pascal teve um percentual de acerto baixo mostrando que os alunos têm dificuldade em diferenciar força de pressão.

Compreender noções relacionadas ao Princípio de Pascal facilita o entendimento de muitas situações que estão no cotidiano como determinados sistemas de freios e de direção hidráulica de carros, elevadores hidráulicos de carros

que têm nas oficinas, alguns sistemas de controle de acionamento hidráulico no avião, escavadeira hidráulica, empilhadeira hidráulica, guindaste hidráulico, carregadeira hidráulica, cadeira hidráulica, entre outras máquinas.

Diante das dificuldades no aprendizado dos conteúdos que serão trabalhados, como a presente pesquisa estudará a Robótica Sustentável na Educação, é importante refletirmos sobre como os estudantes podem aprender em uma atividade. Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) destacam que se pode dizer que existem três tipos de aprendizagem: a individual, a competitiva e a colaborativa. A individual é quando um estudante tem o êxito sem significar que os demais terão também. Na competitiva, o êxito de um estudante depende do fracasso de outros. Na colaborativa, um estudante só terá êxito se os outros membros do seu grupo tiverem também. Perante a importância de todos os participantes aprenderem na prática pedagógica que será realizada no presente trabalho, a aprendizagem colaborativa será utilizada como a fundamentação teórico-metodológica por acreditarmos que ela possibilitará os estudantes ajudarem um ao outro a aprender e desenvolver o projeto.

Diante de muitos jovens que estão imersos em um mundo cheio de tecnologia no qual eles, na condição de estudantes, desejam uma Educação que reflita um pouco seu universo. O que implica a necessidade da utilização das tecnologias nas escolas como a Robótica Sustentável, que pode trazer um novo olhar para o uso dessa tecnologia na Educação. Sendo assim, podendo contribuir com o ensino de conhecimentos de disciplinas escolares, como a Física, buscamos respostas para a seguinte questão de pesquisa: *Como a Robótica Sustentável, tendo como Fundamentação Teórico-Metodológica a Aprendizagem Colaborativa, pode contribuir no Ensino de Eletricidade e do Princípio de Pascal?*

No intuito de encontrar resposta para a questão de pesquisa, colocamos como objetivos:

Objetivo Geral

- Investigar como a Robótica Sustentável, tendo a Aprendizagem Colaborativa como fundamentação teórico-metodológica, pode contribuir no Ensino de Eletricidade e do Princípio de Pascal;

Objetivos Específicos

- Comparar a Robótica Sustentável com a Tradicional;
- Investigar os possíveis benefícios da Robótica Sustentável na construção estrutural dos protótipos;
- Analisar o processo de Ensino e Aprendizagem mediado pela Robótica utilizando conteúdos sobre Eletricidade e Princípio de Pascal à luz da colaboração;
- Identificar debates sobre Sustentabilidade que surgem com uma abordagem colaborativa com a Robótica Sustentável.

Tendo em vista a necessidade de mostrar à maioria dos jovens de hoje o bom uso da tecnologia a seu favor como instrumento de ensino e uma nova forma de olhar o uso da Robótica na Educação de forma que possa ser mais acessível e mais fácil de ser utilizada, justifica-se essa pesquisa pela intenção de contribuir mostrando que a Robótica Sustentável pode ser uma prática que permita aos estudantes o aprendizado de conhecimentos. Em especial, aqueles relacionados ao Ensino de Física e mostrar os benefícios a mais no uso desse tipo de Robótica na Educação.

No próximo capítulo, tem uma breve história sobre a Robótica mostrando algumas descobertas e como ela passou a ser trabalhada dentro da Educação com o intuito de conhecer um pouco da evolução dessa área e como seus artefatos começaram a ser utilizados como recursos no processo de ensino e aprendizagem. Como a pesquisa será voltada para o ensino e aprendizagem de Ciências, o capítulo 2 discute o trabalho da Robótica voltado para a Educação. Além de mostrar um levantamento de artigos com a temática da Robótica, que foram publicados em quatro importantes congressos nacionais da área de Ensino de Ciências, outro nacional na área de informática na Educação e em três internacionais com o objetivo de fazer uma análise de tendências das pesquisas nessa área. O capítulo 3 aborda a Robótica Sustentável, tema principal da tese, debatendo o discurso da sustentabilidade crítica, mostrando também a Robótica Livre, um pouco da Robótica Tradicional e como essas três se localizam no universo da Robótica na Educação. Como alguns pesquisadores (BARBOSA E SILVA; BLIKSTEIN, 2020; MILL; CÉSAR, 2009; GEBRAN, 2009) defendem que o trabalho com a Robótica deve ser feito em equipe, de forma que os

participantes possam interagir e ajudar um ao outro, o capítulo 4 debate sobre a Aprendizagem Colaborativa que serviu como fundamentação teórico-metodológica para a estratégia didática da prática que foi realizada. O capítulo 5 mostra a parte da metodologia utilizada para realização da pesquisa. No capítulo 6 há os resultados, discussões e análises da pesquisa. Por último, as considerações finais.

1 UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE A ROBÓTICA

Há muito tempo que o homem tem a ideia de criar uma máquina que tenha autonomia. Na Grécia Antiga, foi inventado na mitologia grega o Talos de Creta, que era um gigante de bronze que protegia a ilha de Creta. No século XIX, foi criado o mito “moderno” do Frankenstein na obra homônima da autora inglesa Mary Shelley, que publicou o livro no ano de 1818. O personagem passou a ter a capacidade de mover-se e pensar depois de receber uma descarga elétrica. Esses mitos, em épocas tão diferentes, mostram como o homem há muito tempo sonha em conseguir construir uma máquina autônoma (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

A primeira vez em que o termo robô foi utilizado com a concepção que se entende atualmente foi em 1920, em uma peça teatral do escritor tcheco Karel Capek, com a contribuição de seu irmão Josef, intitulada *Rossum's Universal Robots* (Os Robôs Universais de Rossum) que foi encenada em 1921. A palavra que foi utilizada em tcheco foi *robota* (na tradução ao inglês, em 1923, ficou *robot*), que tem o significado de trabalhador que executa algum serviço de forma obrigada, ou um trabalho escravo. Era uma referência aos trabalhadores “contratados” que viveram o período do império Austro-húngaro até 1848 (CAMPOS, 2019).

A palavra Robótica foi utilizada pela primeira vez décadas depois pelo escritor russo de ficção científica Isaac Asimov no ano de 1942 ao falar sobre a Ciência que trata sobre os robôs (SÁNCHEZ MARTÍN, 2007). No seu livro *Eu, Robô*, Asimov (2004, p. 69) criou as três leis da Robótica que são:

- 1ª lei: um robô não pode ferir um ser humano, ou, por inação, permitir que um ser humano seja ferido;
- 2ª lei: um robô deve obedecer às ordens que lhe forem dadas por um ser humano, exceto quando tais ordens entrarem em conflito com a Primeira lei;
- 3ª lei: um robô deve proteger sua própria existência, até onde tal proteção não entre em conflito com a Primeira e a Segunda leis.

Percebe-se que os robôs entraram no mundo da ficção científica em peças, livros, história em quadrinhos e filmes antes de fazerem parte do mundo moderno da indústria. O primeiro robô humanoide da era moderna foi construído no ano de 1938 com o nome de *Elektro*. Ele foi desenvolvido pela sociedade *Westinghouse* e conseguia simular o andar, falar e fumar (MONTEIRO, 2012).

No final dos anos 1940, o neurofisiologista norte-americano William Grey Walter fez pesquisas pioneiras relacionadas a robôs móveis autônomos com o objetivo de modelar a função cerebral. A partir de seus estudos, ele construiu dois robôs com o formato de tartaruga intitulados *Elsie* (*Electro-mechanical robot, Light Sensitive with Internal and External stability*) e *Elmer* (*ELectro-MEchanical Robot*) que influenciaram no nascimento da cibernética. Além de inspirar as pesquisas de Robótica de Seymour Papert voltadas para a Educação. Esses robôs tartarugas tinham três rodas com um *design* semelhante a um triciclo com a roda da frente tendo a função da direção e as duas de trás para mover o artefato (MATARIC, 2007). Os estudos de William Grey Walter foram divulgados em 1953 na sua obra *The Living Brain* (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015).

O primeiro registro de patente de um robô, como é concebido atualmente, aconteceu em 1954 pelo inventor norte-americano George C. Devol. O protótipo era um braço mecânico com uma pinça em seu final, estando este “membro” montado em umas guias, e seus movimentos foram codificados em um tambor magnético. Em 1956, Devol junto com Joseph Engelberger fundaram a primeira companhia de Robótica chamada: Unimation. Em 1961, foi instalado o primeiro robô industrial na fábrica da General Motors de Tremont (New Jersey, Estados Unidos). Este protótipo tinha a tarefa de manipular peças de metal que estavam muito quentes e tinham sido obtidas a partir de um processo de modelagem por fundição. A partir daí, foram desenvolvidos muitos modelos de robôs industriais, que foram para as fábricas aumentando a produção (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015). Segundo Wegnez:

A modelagem sob pressão foi o primeiro processo de fabrico robotizado, e isso já em 1961. Sabe-se que este processo permite formar peças forçando metais sob pressão em moldes ou matrizes. Depois das duas metades da matriz fechadas e apertadas, quer por pressão de cilindros com ar quer por meios hidráulicos, uma bomba injeta o metal em fusão e a pressão mantém-se até à solidificação, depois do que a matriz é aberta, a moldagem ejetada e arrefecida por água, antes de passar por uma prensa que elimina as imperfeições (WEGNEZ, 1987, p. 137 e 138).

A União Soviética construiu um programa chamado *Lunokhod* com o intuito de enviar sondas para pousar na Lua. Em 1969, a primeira sonda a ser enviada foi destruída durante o lançamento. Em 1970, pisou na Lua o primeiro *rover lunar*, veículo de exploração da Lua, que foi realmente controlado da Terra (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

Em 1973, o professor Kato, na universidade de Waseda, Tóquio-Japão, iniciou pesquisas modernas em robôs que tinham locomoção bípede desenvolvendo o primeiro robô humanoide com a escala humana chamado de *Wabot-1* (WAseda *roBOT*). Depois deste, vários outros foram se desenvolvendo nesta universidade até o último chamado de *Wabian-2* (WAseda *Blpedal humANoid*) (MONTEIRO, 2012).

O estudo de robôs bípedes e humanoides começou a acontecer em algumas universidades, institutos de pesquisa e empresas como na Universidade de Tóquio (Japão), na *Boston Dynamics* (Estados Unidos), na Honda (Japão), no instituto de investigação *Advanced Industrial Science and Technology* (AIST, localizado no Japão), Toyota (Japão), *Aldebaran Robotics* (França), entre outros. A Honda, por exemplo, conseguiu avanços significativos durante as investigações e os estudos sobre a locomoção bípede. Suas pesquisas iniciaram em 1986 e com elas conseguiram desenvolver os protótipos do E0 até o E6 (MONTEIRO, 2012). A série “E” de robôs humanoides da Honda foi fabricada entre os anos de 1986 e 1993. Eles consistiam de computadores com duas pernas, que tinham a capacidade de andar. Com o seu desenvolvimento, eles passaram a desviar de alguns obstáculos e conseguiam subir escadas. A partir de 1993, começaram a fabricar os protótipos da série “P” que, além das pernas, tinham braços que ajudavam na estabilidade do robô no momento da locomoção. Em 2000, a empresa introduziu um modelo mais avançado denominado de *ASIMO* (*Advanced Step in Innovative Mobility*), que tinha um aspecto parecido com dos astronautas e fazia movimentos mais realistas e versáteis (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

Segundo Martins (1993), os primeiros robôs industriais chegaram ao Brasil foram em 1982 quando a Volkswagen trouxe dois robôs para a fabricação do carro Santana. Em 1983, a Ford trouxe oito para a produção do Escort. Na época, a General Motors também trouxe suas máquinas e a Fiat só conseguiu fazer sua linha de montagem, em Betim-MG, ser equipada com robôs em 1986. Estes, dessa última fabricante, faziam a pintura e a soldagem dos modelos da linha Uno. Segundo o autor, apesar de a Philips ter importado da Holanda duas máquinas automáticas de soldagem de circuitos integrados em 1981, elas não eram robôs propriamente dito.

Na década de 1980, começou-se a discutir os primeiros conceitos de Robótica em cirurgia com o intuito de realizar uma operação em um local distante de onde estivesse o cirurgião. Essa ideia despertou o interesse dos militares norte-americanos que começaram a desenvolver robôs com o objetivo de realizar cirurgias no campo de

batalha. Durante a década de 1990, os robôs cirúrgicos foram aprimorando. Nesse período, foi desenvolvido pela *Computer Motion*, no ano de 1994, o primeiro sistema para cirurgia robótica chamado *AESOP (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning)*. No ano de 1995, a mesma companhia desenvolveu o robô *Zeus*, que tinha três braços robóticos com dois deles manipulando os instrumentos e o outro servindo para manusear a câmera. Logo depois, foi desenvolvido o robô *Da Vinci*, que era mais completo. Seu sistema tinha um comando no qual recebia imagens geradas em 3D, fazendo com que o cirurgião pudesse acompanhar tudo com mais detalhe, movimentando os braços robóticos, com instrumentos acoplados, a partir de um “*joystick*” (ROSA; MOREIRA, 2012).

Na década de 1990, o Instituto Tecnológico de Massachusetts (*MIT*) foi pioneiro no desenvolvimento de um robô com um desenho que tinha o intuito de ter a habilidade de nadar de forma a imitar os movimentos dos peixes. A Robótica que tem o intuito de estudar e construir protótipos que imitam o comportamento desses animais é conhecida como bioinspirada (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

No ano de 1997, aterrissou na superfície de Marte o primeiro *rover* chamado *Sojourner* (seu significado é “viageiro”). Este robô tinha câmeras na frente e atrás, e um espectrômetro que possibilitou determinar a composição da superfície de Marte, sua atmosfera e outros detalhes desse astro. Quando saiu da Terra, ele foi programado para trabalhar de forma autônoma (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

Neste mesmo ano, a IBM colocou o computador *Deep Blue* para jogar xadrez contra o melhor jogador da época, o campeão mundial Gary Kasparov. A máquina conseguiu ganhar e este feito foi um grande marco para o desenvolvimento da Inteligência Artificial (MARTÍNEZ; GONZÁLEZ; DEVIA, 2014).

Em 1999, a Sony desenvolveu um robô no formato de um cachorro chamado *AIBO* (acrônimo de *Artificial Intelligence Robot* – com pronúncia *aibõ* que em japonês significa “parceiro” ou “amigo”) que ficou à venda. A cada ano, até 2005, a empresa foi lançando uma versão diferente. Esse foi um dos primeiros robôs que pode ser considerado de entretenimento; sendo um grande avanço no que é conhecido como *HRI (Human-Robot Interaction)*. Em seguida, a empresa *Innvo Labs* continuou seguindo essa linha de robôs animais ao fabricar o robô dinossauro *PLEO* com o objetivo do entretenimento também. Eles passaram a construir filhotes de dinossauros (FERNANDEZ-PACHECO *et al.*, 2015).

No ano de 1997, a Nasa começou o projeto da *Robonaut*. A ideia era desenvolver um robô humanoide que conseguisse ajudar os astronautas nas tarefas, principalmente, nas que fossem consideradas perigosas. Durante anos o protótipo R1 realizou muitos experimentos em diversos ambientes de laboratório e teste de campo, mostrando que ele podia contribuir com sua missão. No ano de 2006, a General Motors manifestou interesse em se unir com a Nasa para trabalhar no projeto da *Robonaut*. No ano seguinte, elas assinaram um acordo para que ambas agrupassem recursos e trabalhassem juntas nessa pesquisa. Essa parceria fez com que no ano de 2010, fosse revelado o R2, que era mais rápido, habilidoso e tecnologicamente avançado do que o anterior. No ano de 2011, o *Robonaut 2* foi o primeiro robô humanoide a ir ao espaço. Ele foi lançado no ônibus espacial *Discovery* na missão STS-133 (NASA).

Cruz (2013) destaca que, no ano de 2011, a Universidade de Pittsburgh (Estados Unidos) começou a desenvolver um braço mecânico que podia ser controlado pelo pensamento. Ele funciona a partir das vibrações elétrica do cérebro que são traduzidas em comando que movem o braço, com velocidade e habilidade quase igual à de um ser humano, de forma que consegue dobrar o cotovelo, rotar e agarrar um objeto, por exemplo.

No ano de 2014, a Honda fez algumas atualizações no *ASIMO*, e ele passou a ter um novo rosto com duas câmeras no lugar dos olhos e um desenho diferente de suas mãos, podendo trabalhar com linguagens gestuais, conseguindo com esses *upgrades* mais acessibilidade as pessoas com diferentes habilidades, além de o robô poder reconhecer melhor as pessoas e suas vozes. Ele passou a conseguir perceber a trajetória de alguns objetos ao ponto de ser capaz de se afastar de algo que viesse em sua direção. Além disso, passou a poder se mover com suas pernas a uma velocidade de 9 km/h (MARTÍNEZ; GONZÁLEZ; DEVIA, 2014).

Como vimos nesse breve panorama sobre a temática, a Robótica passou a fazer parte de vários universos com distintos objetivos como nas cirurgias, explorando outros astros, ajudando astronautas, no entretenimento, inteligência artificial, entre outros; assim como começou a fazer parte do cotidiano das pessoas ao utilizar um micro-ondas, máquina de lavar roupa, robô aspirador, ar condicionado, entre outros. Ao mesmo tempo que essa tecnologia começou a evoluir e passou a fazer parte do dia a dia das pessoas, ela também chegou às escolas. Na próxima seção,

mostraremos como a Robótica começou a ser trabalhada dentro da Educação e como foi sua evolução nessa área.

1.1 Seymour Papert e a Robótica na Educação

A Robótica na Educação começou a ser discutida nas pesquisas do matemático sul-africano Seymour Papert e de outros cientistas do Laboratório de Mídia do *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* durante a década de sessenta (COSTA, 2012). Na década de setenta, aumentou o interesse pelo trabalho de Robótica na Educação; gerando novos estudos sobre essa área que passou a ser denominada de Robótica Educacional, Robótica Pedagógica (SALAMANCA; LOMBANA; HOLGUÍN, 2010) ou Robótica na Educação.

Papert (1985) relatou, em seu livro *Logo: Computadores e Educação*, que em 1964 ele fez uma mudança em sua vida ao sair da Suíça e ir para os Estados Unidos. Antes seu trabalho era focado na natureza do pensamento das crianças e como elas se tornavam pensadores. No *MIT*, ele estava imerso em um mundo de cibernética e computadores e agora seu foco principal era a Inteligência Artificial com a seguinte questão: *como fazer máquinas que pensem?* (PAPERT, 1985, p. 244). Apesar de dois universos diferentes, Papert passou a refletir sobre como as crianças pensavam e como era possível os computadores pensarem.

Papert (1985) começou a idealizar e planejar uma linguagem de programação voltada para as crianças com o desejo de que ela fosse, de alguma forma, profissional. Mas devia ser fácil de ser trabalhada por principiantes que tivessem dificuldade em Matemática. Papert relatou que o chefe do Grupo de Tecnologia Educacional na firma de pesquisa de Bolt Beranek e Newman, Wallace Feurzeig, reconheceu a importância da ideia e conseguiu financiamento para a implementação e experimentação da linguagem LOGO.

Papert foi convidado por Marvin Minsky a fazer parte da equipe de inteligência artificial do *MIT*. Foi nesse espaço que Papert, com a contribuição de outros cientistas, criaram, em 1967, a primeira versão da linguagem de programação LOGO². O grupo começou a estudar como poderiam utilizar a LOGO de forma que contribuíssem com o ensino e a aprendizagem de tal maneira que o computador pudesse ser usado de

² LOGO veio da palavra grega “*logos*” que significa “palavra”.

uma forma mais proveitosa. Apesar de acreditarem que poderiam contribuir com a Educação, o grupo passou a ter alguns obstáculos na época devido às indústrias dos computadores terem limitações técnicas no desenvolvimento de máquinas que pudessem trabalhar em larga escala, com tamanho menor, com computadores pessoais e adaptados às propostas da LOGO (CAMPOS, 2013).

No final da década de 1960, Papert chegou a testar em sala de aula a programação LOGO. Abaixo, o relato dele:

A história da Tartaruga no projeto LOGO é a seguinte: em 1968-1969, a primeira classe de doze alunos "médios" da série da Muzzi Junior High School, em Lexington, Massachusetts, trabalhou com LOGO durante todo o ano escolar, ao invés de passar pelo currículo convencional de matemática. Naquele momento, o sistema LOGO não tinha ainda a parte gráfica. Os alunos escreveram programas que transformaram inglês em "Pig Latin", programas para jogos de estratégia, e outros ainda que criavam poesia concreta. Esta foi a primeira comprovação de que LOGO era uma linguagem de programação facilmente aprendida por principiantes. No entanto, eu queria ver essa comprovação estendida também a crianças de 5ª e 3ª séries e finalmente às crianças da pré-escola (PAPERT, 1985, p. 26).

Nesse relato, Papert mostra sua preocupação em desenvolver uma Robótica que pudesse ser trabalhada, principalmente, com as crianças. Na visão de Papert (1985), as crianças aprendem línguas e bem, assim como a falar. Então, por que não deveriam aprender a "falar" com o computador?

Depois dessas primeiras experiências, os pesquisadores, ao tomarem a decisão de estender o uso desse material para crianças mais novas, iniciaram a construção da Tartaruga de Solo (CAMPOS, 2019). Influenciados por William Grey Walter, Papert e outros pesquisadores construíram um protótipo no formato de uma tartaruga. Ele obedecia a comandos vindos do computador que eram ligados ao robô a partir de fios conectados a uma caixa de controle e esta a uma linha telefônica. O próprio Papert e Solomon sugeriram que, se alguém quisesse fazer um robô mais sofisticado, era só fazer uma ligação via rádio. Entretanto, eles não quiseram fazer assim para que a tartaruga fosse barata o suficiente, e as crianças pudessem brincar com ela (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015).

A primeira Tartaruga de Solo conseguiu caminhar e girar conforme os comandos. Ela andava sobre um papel, de forma a deixar um traço de caneta no local que passasse. Ela era semelhante a um brinquedo com rodinhas e tinha um cabo ligado ao computador (CAMPOS, 2013).

Com o intuito de programar o robô tartaruga, Papert utilizou no computador a linguagem de programação LOGO que controlava o movimento desse protótipo. Por meio dessa programação, a tartaruga conseguia fazer desenhos de figuras geométricas em papéis (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015). Essa inovação rapidamente se tornou um instrumento valiosíssimo na Educação. Seus primeiros robôs eram grandes e resistentes, a ponto de aguentar uma criança em cima dele. Com o tempo, ele aperfeiçoou o projeto construindo robôs menores de forma que a combinação de seus motores e sensores pudesse funcionar com mais agilidade (GEBRAN, 2009).

Logo depois, ainda na mesma década de 1970, foi desenvolvida a primeira Tartaruga Gráfica que fazia as mesmas funções da Tartaruga de Solo, mas exibia seus desenhos no computador que utilizava a linguagem LOGO (CAMPOS, 2019).

Os primeiros trabalhos com as Tartaruga de Solo e a Tartaruga Gráfica foram realizados entre 1970 e 1971 com estudantes do 5º ano da *Bridge School*, que se localizava em Lexington, Massachusetts (CAMPOS, 2019).

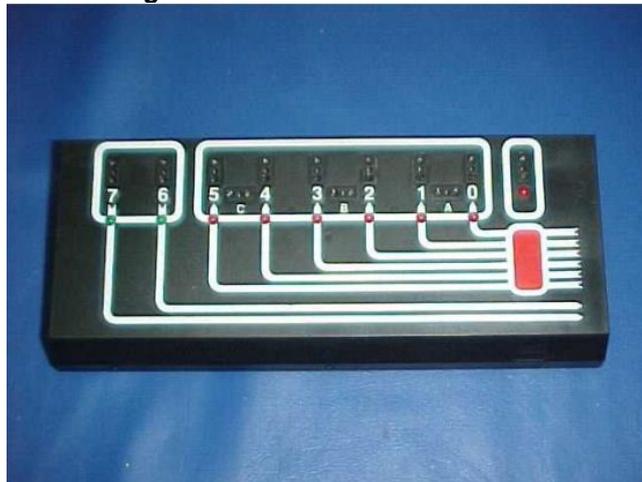
As primeiras versões das Tartarugas foram criadas com limitações devido aos computadores da época oferecerem recursos gráficos limitados. Ao surgir os computadores pessoais, a Tartaruga Gráfica de Papert começou a ser utilizada em outros lugares fora do seu laboratório. Foi nessa época que ele propôs a teoria do Construcionismo (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015). Papert dizia que a tartaruga era seu invento favorito. Ela era um instrumento de desenho. Na tela do computador, havia uma pequena tartaruga que se movia conforme os comandos que eram digitados em uma linguagem chamada “conversa de tartaruga”. O comando PARAFRENTE 50 fazia a tartaruga se mover para frente em linha reta à distância 50 determinada no computador. Se colocasse PARAFRENTE 100, ela se movia o dobro da distância. No caso, a ideia era que os números fossem relacionados com a distância que ela se movia, ou os passos da tartaruga. Caso desejasse mudar sua direção, por exemplo, virar à direita, era só colocar PARADIREITA 90. A tartaruga fazia um giro de 90º para a direita, girando sobre si mesma sem sair do lugar. Com estes conhecimentos, podiam ser feitos vários desenhos, como um quadrado (PAPERT, 1994).

Papert conseguiu integrar o *MIT Media Lab*, fundado por Nicholas Negroponte em 1980, com a *LEGO Company* que começou a ser a patrocinadora em 1985. A partir dessa junção, eles conseguiram produzir o primeiro produto comercial LEGO

(LEg GOdt³) baseado em fundamentos voltados para a Educação. Essa parceria fez surgir em 1986 o LEGO TC LOGO, precursor do *kit* de Robótica para crianças e jovens LEGO Mindstorms (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015).

No final da década de 80, foi lançado o microcomputador padrão IBM PC com o desenvolvimento também de interfaces gráficas, como o *Windows*, e novos ambientes de Robótica voltados para a área da Educação, e o entretenimento como o programa TCLOGO que foi lançado ao mercado no ano de 1988. O TCLOGO tinha comandos que permitiam o controle da interface LEGO modelo 70288 (figura 01), que tinha uma placa (figura 02), que fazia a comunicação com o computador (CHELLA, 2002).

Figura 01 - Interface LEGO 70288



Fonte: CHELLA, 2002

Figura 02 - Placa da interface LEGO 70288



Fonte: CHELLA, 2002

³ LEg GOdt em português significa "Brinque Bem".

A parceria que Papert fez com o dono da LEGO permitiu criar, a partir do conjunto de peças de montar dessa empresa, robôs que foram comandados através da linguagem LOGO. Assim, foi construído o conhecido ambiente LEGO-LOGO de Robótica na Educação (GEBRAN, 2009). Com esse material, a pessoa pode planejar o seu robô a partir das peças e seus mecanismos (engrenagens, polias, sensores, eixos, luzes, dentre outros) podendo programar suas ações a partir de uma lógica de programação.

Barbosa e Silva e Blikstein (2020) destacam que um grupo de pesquisadores do *MIT Media Lab* fizeram desenhos de dispositivos que escondiam muitas complexidades dos materiais utilizados no trabalho com a Robótica com o intuito dessa tecnologia se tornar mais acessível ao público no geral, em especial, às crianças e aos estudantes. A ideia era semelhante a que foi feita com a linguagem LOGO, que deixou a linguagem de programação mais fácil às crianças e ao público leigo.

Com o tempo, outros tipos de *kit* de Robótica voltados para a Educação foram projetados e construídos com o intuito também de serem comercializados como *Modelix*, *Fischertechnik*, *K`nex*, *VEX Robotics*, *Makeblock mBot*, *OWI*, *Thames & Kosmos* e *Robotron*.

No ano de 1975, Papert e Marvin Minsky foram ao Brasil pela primeira vez com o objetivo de difundir a ideia da LOGO. Os primeiros trabalhos que foram realizados com crianças com o uso da LOGO foi no ano de 1976. Eram filhos de docentes da universidade estadual de Campinas (Unicamp). Dando seguimento a esse trabalho, em 1983, foi criado nessa universidade o grupo de pesquisa NIED (Núcleo de Informática Aplicada à Educação) que desenvolvia pesquisas voltadas à área da Educação com o uso da LOGO. Esse foi o primeiro grupo dessa natureza a ser implantado no Brasil, tendo como pressuposto que o computador não era uma máquina de instrução, e sim um instrumento para a aprendizagem (CAMPOS, 2013). Segundo D'Abreu *et al* (2020), os primeiros projetos do NIED para controlar dispositivos robóticos a partir do computador foram em 1987 com o traçador gráfico e a Tartaruga de Solo que reproduziam em um papel ou no chão os movimentos da tartaruga que estavam na tela do computador.

Os primeiros sistemas LEGO-LOGO voltados para a Educação a chegarem ao Brasil foram para as universidades a partir de seus núcleos que começaram a desenvolver projeto em sala de aula. O NIED da Unicamp recebeu em 1988; o Núcleo

de Informática na Educação Superior (NIES) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) recebeu em 1993; o Departamento de Psicologia/LEC da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) recebeu em 1994. Com o tempo o uso da linguagem LOGO passou a diminuir, em especial no final da década de 90 e início de 2000, devido à criação de alguns projetos governamentais que apoiavam e incentivavam o desenvolvimento de *softwares* educativos, do *Windows* e das várias inovações tecnológicas que eram voltadas para essa plataforma. A linguagem LOGO passou a perder espaço nas escolas brasileiras com o aparecimento dos *softwares* multimídia, da internet, assim como de outros recursos tecnológicos (CAMPOS, 2013).

O NIED, no ano de 1989, realizou sua primeira oficina sobre Robótica voltada para a Educação, ministrada por um pesquisador do Instituto Tecnológico de Massachusetts (*MIT*) com o intuito de capacitar os pesquisadores do núcleo para poderem utilizar a Robótica na Educação. Com a implantação de computadores MSX, de 8 bits, na década de 1990, a Robótica passou a ser trabalhada em ambiente LEGO-LOGO no qual os *kits* da LEGO eram usados. A partir do ano de 1993, o NIED começou a desenvolver atividades com o objetivo de formar professores de Centros de Informática na Educação (CIEs - hoje, Núcleo de Tecnologia Educacional - NTE) em vários lugares do país (D'ABREU; BASTOS, 2015).

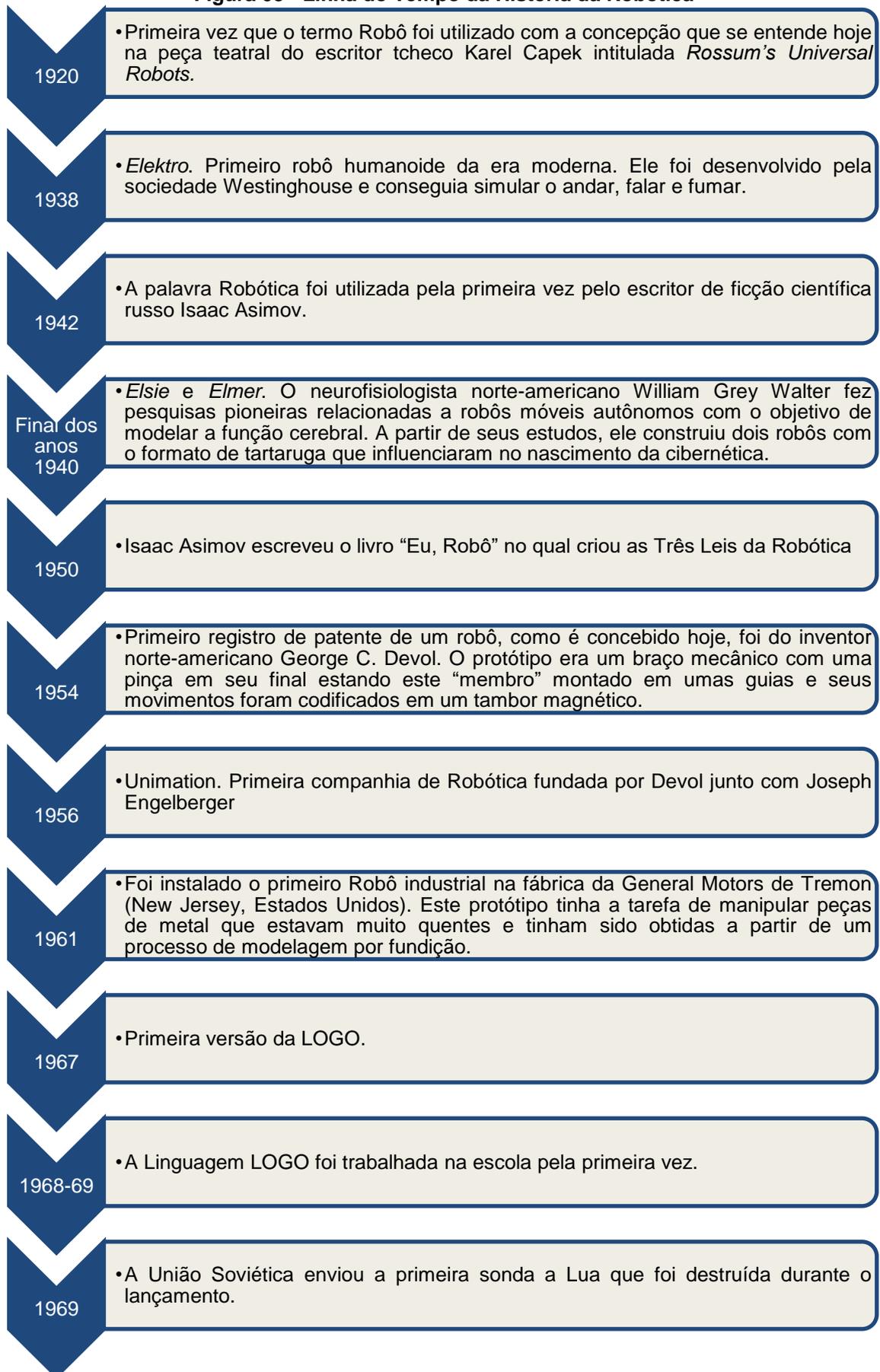
Uma forma de incentivar o estudo sobre a Robótica no Brasil na Educação básica e na universitária foi através de competições criadas a partir da iniciativa de professores. A primeira foi a Competição Brasileira de Robótica (CBR), voltada para estudantes das universidades, organizada pelos professores Luiz Marcos Garcia Gonçalves (UFRN) e Marcelo Nicoletti Franchin (UNESP) em 2003. Com o sucesso desse evento, os professores Jackson Matsuura (ITA) e Luiz Marcos Garcia Gonçalves (UFRN) realizaram a primeira edição da Olimpíada Brasileira de Robótica em 2007; destinada a estudantes do ensino fundamental e médio. Esse evento passou a ser organizado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC), Sociedade Brasileira de Automação (SBA) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), possuindo duas modalidades: a teórica e a prática (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015). No ano de 2008, foi criado o *Workshop* de Robótica Educacional (WRE), que teve como objetivo principal, em sua primeira edição, capacitar os professores do ensino médio e fundamental com o intuito de eles utilizarem a Robótica como recurso para trabalharem os conteúdos, principalmente, de Física e Matemática, de forma que os estudantes se sentissem motivados a

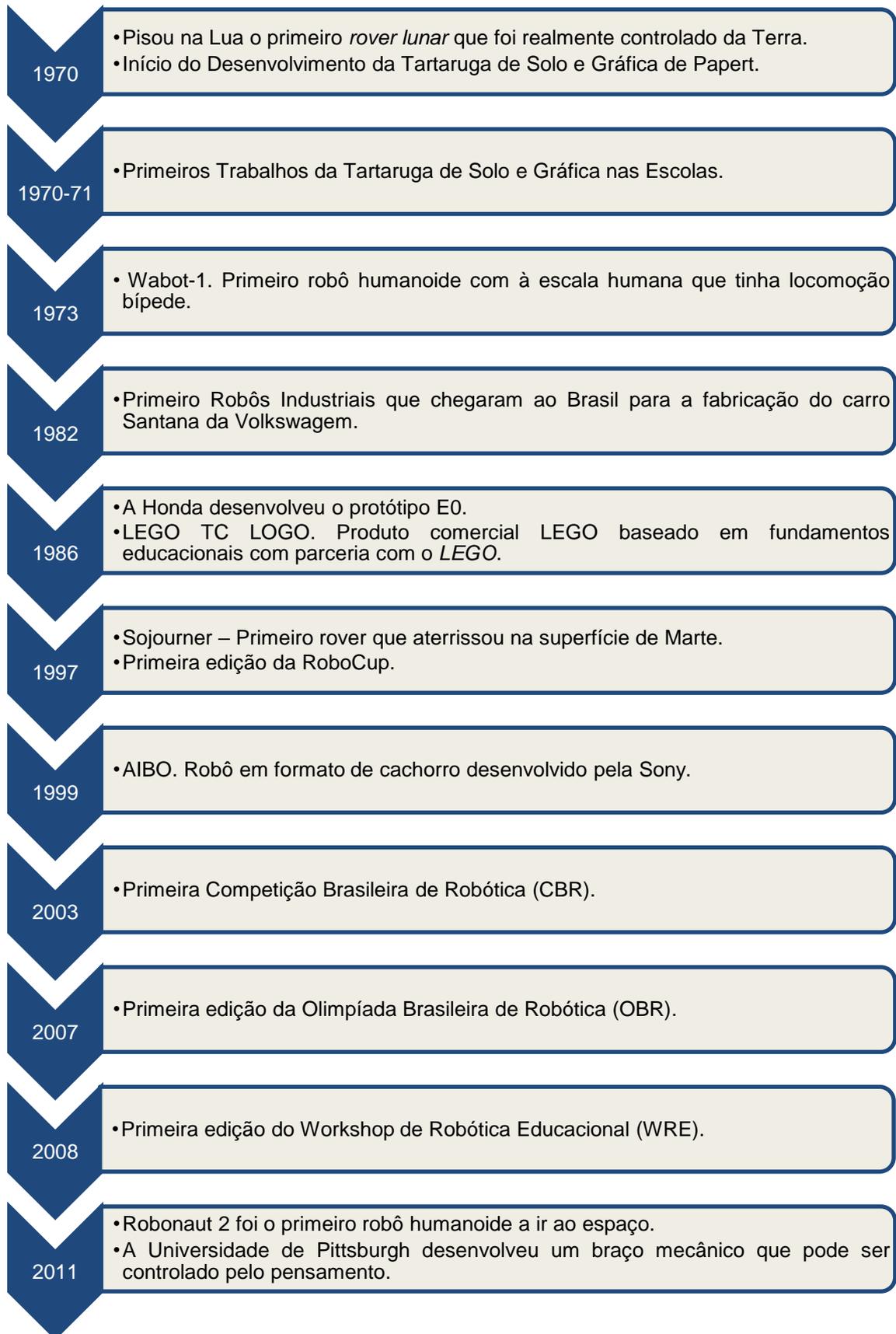
estudarem mais essas disciplinas (WORKSHOP DE ROBÓTICA EDUCACIONAL, 2008). Segundo D`Abreu (2016), com as realizações das edições desse evento, o WRE conseguiu cumprir um papel importante ao proporcionar fóruns que discutiram aspectos técnicos, educacionais, inclusão social, formação de professores, competições, expuseram resultados das pesquisas, proporcionaram a troca de experiências em relação ao uso da Robótica na Educação, entre outros temas com os quais a Robótica pôde contribuir com o desenvolvimento científicos e tecnológico do Brasil e do mundo. Dessa forma, o WRE é um evento que tem conseguido disseminar a cultura do uso da Robótica na Educação.

No âmbito internacional, foi realizada a primeira edição da *RoboCup* em 1997 que tinha competições baseadas no futebol com robôs. Com o decorrer dos anos foram sendo criadas a *RoboCupRescue*, a *RoboCup@Home* e a *RoboCupJunior*. Esta é voltada para estudantes da educação básica (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015).

Na figura 03 temos uma linha do tempo com alguns acontecimentos da história da Robótica.

Figura 03 - Linha do Tempo da História da Robótica





Fonte: Elaborada pelo autor.

Depois de um breve histórico sobre a Robótica, enfatizando um pouco sobre como ela entrou na Educação, observamos que desde as primeiras pesquisas dessa tecnologia nessa área houve uma preocupação em utilizá-la de forma que as crianças e os jovens pudessem aprender alguns conhecimentos científicos de forma lúdica. O trabalho conjunto da Lego com a *MIT* possibilitou o desenvolvimento de vários *kits* de Robótica e a divulgação desse material tecnológico para ser utilizado na Educação. Diante disso, surgiram as primeiras ideias que apareceram em relação ao uso da Robótica na escola e de algumas vantagens ao proporcionar práticas pedagógicas que optam por utilizar esse recurso como veremos no próximo capítulo.

2 A ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO

Durante o período da década de 80, começaram a chegar os microcomputadores, inclusive nas escolas e, com isso, a teoria do Instrucionismo passou a ganhar destaque a ponto de muitas dessas instituições começarem a trabalhar com computadores. Essas máquinas passaram a fazer parte do sistema educacional. O Instrucionismo defendia o uso do computador como um instrumento para transmitir o conteúdo. Isso era feito, muitas vezes, da seguinte forma: o estudante ao usar o computador recebia um “pacote de informação” previamente planejado. Nessa situação, o discente era um espectador que recebia uma quantidade de informação pré-determinada (COSTA, 2010).

O Instrucionismo continua com espaço e importância na história da informática na Educação. Essa teoria foi que, inicialmente, incentivou o uso dos computadores nas instituições de Educação. Conseqüentemente, iniciou-se uma reflexão e novos pensamentos procurando outras possibilidades. Uma das questões foi a que o uso do computador necessitava ser mais do que transmitir informações. Diante dessa perspectiva que o computador apareceu como instrumento de ensino na área da Educação (COSTA, 2010).

Nesse contexto, Seymour Papert começou a se destacar quando começou a usar o computador na Educação; adotando um posicionamento construtivo. Ele começou a elaborar sua teoria durante o desenvolvimento dos robôs tartarugas. Ele defendia a ideia de que os computadores deveriam ser utilizados como instrumentos de ensino para contribuírem com a reflexão de algo, sendo um meio de realizar projetos, como fonte de conceitos que estimulava a ter novas ideias. Seguindo essa linha de raciocínio, ele começou a criticar o Instrucionismo; concebendo o Construcionismo sob a ideia central de que os estudantes deveriam usar o computador como ferramenta com o objetivo de contribuir na construção de seus conhecimentos. Nesse caso, o aluno deixava de ser espectador e passava a ser o agente com uma postura mais ativa em relação ao processo de construção de conhecimento (COSTA, 2010). A teoria do Construcionismo veio como uma alternativa ao Instrucionismo, ou *CAI (Computer Aided Instruction)*, que defendia a informatização dos métodos tradicionais de ensino.

Araújo, Ricardo e Mafra (2015) afirmam que Papert criticou o Instrucionismo por este acreditar que o computador estava sendo utilizado para programar as

crianças. O certo para ele era que o aprendiz programasse o computador com o intuito de dominar esse equipamento tecnológico e passar a ter um contato mais “íntimo” com conhecimentos das Ciências e da Matemática (ARAÚJO; RICARDO; MAFRA, 2015).

Gebran (2009) destaca que Papert fez uma reconstrução da teoria de Piaget fundamentado nas suas próprias experiências e assim criando o Construcionismo. Ele não aceitava a ideia de o professor dar a resposta pronta ao estudante. Para ele, o discente é que devia construir o conhecimento (GEBRAN, 2009). Nunes e Santos (2013) ressaltam que Papert concordava com a ideia de Piaget de que as crianças eram “seres pensantes” capazes de construir suas próprias estruturas cognitivas. Papert (1999) também defendeu a ideia de Piaget de que as crianças não eram vasos vazios a serem preenchidos de informações como era defendido por algumas teorias, mas, sim, elas eram sujeitos construtores de conhecimentos.

Costa (2010) destaca que a psicologia genética de Piaget influenciou o Construcionismo, a qual dizia que o desenvolvimento cognitivo era um processo que estava sempre construindo e reconstruindo as estruturas mentais. Piaget também defendia que a compreensão estava fortemente relacionada à forma como o indivíduo e o objeto se interagiam. Esse era o principal ponto que permitia as transformações dos esquemas mentais dos sujeitos.

No Construcionismo de Papert, o estudante, ao utilizar o computador, conseguia observar suas construções mentais conseguindo associar o concreto e o abstrato a partir de uma interação que beneficiava a construção do conhecimento. Um ponto importante de sua teoria era a criação de um ambiente que permitia ao estudante poder testar suas ideias, hipóteses e teorias de forma a possibilitar sua aprendizagem. Papert acreditava que a informática era o caminho para colocar em prática seu desejo de construir uma condição na qual o estudante ia poder fazer modificações significativas no desenvolvimento de seu intelecto. Pensando nisso, ele desenvolveu a linguagem de programação LOGO que era fácil de se entender e que podia ser manipulada pelos estudantes mesmo não tendo muito conhecimento em computação (NUNES; SANTOS, 2013).

Na teoria de Papert, o computador era o instrumento fundamental que proporcionava o acesso e a oportunidade de o estudante lidar com esse conhecimento. No Construcionismo, o docente e o discente trabalhavam juntos de forma a ter funções ativas em relação à construção do conhecimento. Entretanto, o

computador tinha papel fundamental de forma que enriquecia o ambiente de aprendizagem (GEBRAN, 2009). O estudante era o construtor de suas estruturas intelectuais. Isso podia acontecer a partir de práticas pedagógicas que oportunizavam o discente a construir seus artefatos externos como um projeto, um artigo, um objeto, entre outros. A Tartaruga de Solo e a Tartaruga Virtual eram aplicações dessa teoria. A partir dos trabalhos de Papert foi que a Robótica começou a ser inserida na área da Educação. Outras empresas, além da LEGO, começaram a pesquisar e investir na Robótica voltada para a Educação.

Papert não só contribuiu com a inserção da Robótica na Educação. Ele também discutiu uma melhor forma de trabalhar com essa tecnologia nessa área ao ponto de criar uma nova teoria (o Construcionismo) baseada nas ideias de Piaget, de forma que as crianças e os jovens pudessem aprender mais e melhor conhecimentos científicos. Ele acabou se tornando uma referência na área da Robótica na Educação, influenciando os trabalhos futuros sobre essa temática.

Uma certa confusão observada na forma como pesquisadores utilizam a Robótica é a definição da ideia dela na Educação. Percebe-se o mesmo em páginas de internet que abordam o assunto. Alguns entendem a Robótica na Educação ligando aos dispositivos robóticos, as máquinas (ao *hardware*); outros relacionam ao ambiente físico, ao laboratório ou ao espaço de aprendizagem; e, às vezes, ela é vista como sinônimo de um projeto em desenvolvimento ou até como uma metodologia em si. Decerto é que não há um consenso ou muita preocupação em definir o que pode ser considerado como Robótica na Educação (CÉSAR; MELO, 2009).

César e Melo (2009) adotam a Robótica na Educação como uma proposta pedagógica; considerando que sua definição está relacionada ao conjunto de processos e procedimentos que estão envolvidos em práticas pedagógicas que utilizam os materiais da Robótica como tecnologias que podem ser usadas para mediar a construção de um conhecimento. Nessa esteira, os autores defendem que a Robótica na Educação não são os artefatos robóticos em si, assim como não são os ambientes físicos nos quais as práticas pedagógicas são realizadas.

A Robótica na Educação está relacionada aos processos e procedimentos inseridos em propostas de ensino e aprendizagem que usam os artefatos robóticos como tecnologias que podem mediar a construção do conhecimento. Seguindo esse raciocínio, os debates relacionados à Robótica na Educação não são restritos somente aos protótipos da área e cognitivos em si, mas também, às possibilidades

metodológicas do uso do material da área e à reflexão sobre tecnologias da informática e da Robótica no processo de ensino e aprendizagem (CÉSAR, 2013).

Defendemos também que a Robótica na Educação não pode ser vista só como um recurso. Essa tecnologia deve ser utilizada como mediadora da construção de conhecimentos dentro de uma prática pedagógica que possibilite aos estudantes terem uma aprendizagem colaborativa de preferência resolvendo problemas, assim como discutindo conhecimentos científicos debatidos em sala de aula.

D`Abreu e Garcia (2010) afirmam que atividades com a Robótica na Educação envolvem, no mínimo, a concepção, a construção, a automação e o controle do dispositivo que foi desenvolvido. Dependendo da situação, faz-se necessário o dispositivo ter finalidade educacional. Para isso, pode-se utilizar vários tipos de materiais voltados para a Robótica sendo comerciais ou não; tendo como maior preocupação a proposta pedagógica que tem que ser elaborada com o cuidado de que a prática seja em um contexto que muitos conteúdos possam ser trabalhados possibilitando aos estudantes um ambiente favorável ao processo de construção dos conhecimentos.

Para D`Abreu (2016), a Robótica na Educação é uma prática pedagógica que pode proporcionar situações de ensino e de aprendizagem de forma interdisciplinar propiciando compreender outras culturas, assim como outros modos de observar a realidade ao ponto de compreender conhecimentos científicos e os princípios básicos de funcionalidade de muitas tecnologias que estão inseridas no dia a dia das pessoas. O autor destaca também que o professor e os estudantes, em ambientes que estejam trabalhando a Robótica na Educação, precisam ter condições de desenvolverem atividades que consigam ir além dos conteúdos de uma única disciplina. O professor, nesse ambiente, precisa estar preparado para trabalhar conhecimentos de diferentes disciplinas e de forma contextualizada, além de estar apto a realizar práticas investigativas.

Ao utilizar o recurso da Robótica na Educação em práticas pedagógicas, o estudante pode desenvolver ou melhorar sua capacidade de solucionar problemas, passar a utilizar a lógica de forma mais eficaz e aprender mais os conhecimentos científicos relacionados às atividades. Nessa esteira, são colocados na prática conceitos que são abordados em sala de aula, na maioria das vezes, somente de forma teórica e sem relacionar com o dia a dia (MORELATO *et al.*, 2010).

D`Abreu e Garcia (2010) afirmam que práticas pedagógicas com a Robótica na Educação oferecem, muitas vezes, ambientes em que os estudantes podem perceber a falta de um determinado conhecimento que eles vão precisar aprender para avançar com o projeto. Um exemplo é a não compreensão de alguns conteúdos geométricos, que são necessários para se trabalhar com carrinhos que utilizam sensores para seguir um determinado percurso. Quando isso acontece, o estudante, na maioria das vezes, acaba estudando para poder solucionar o problema específico com o qual se deparou.

Gebran (2009) lista benefícios, possíveis de serem realizados com o uso dessa tecnologia, como: 1. Ela estimula o desenvolvimento de projetos que trabalhem a manipulação e a construção de robôs; 2. Ela trabalha conceitos, estudados em sala de aula em diferentes disciplinas, de forma mais concreta; 3. Ela permite uma rica e constante vivência interdisciplinar, possibilitando a interação com diversos conceitos de diferentes áreas da ciência; 4. Ela faz com que os estudantes se interessem mais pelo estudo e conheçam melhor as máquinas presentes em seu cotidiano; 5. Ela permite um aprendizado mais lúdico, deixando os princípios da ciência e tecnologia mais acessíveis aos estudantes; 6. Ela eleva o interesse e a criatividade dos estudantes de forma a desenvolver possibilidades novas de invenção e criação; 7. Ela permite a possibilidade de chegar a respostas concretas de muitas dúvidas técnicas; 8. Ela proporciona uma melhora no desenvolvimento da motricidade dos estudantes; 9. Ela permite que os estudantes possam ter contato com situações as quais eles vão precisar tomar decisões concretas a partir de circunstâncias presenciadas por eles; 10. Ela possibilita um melhor diálogo e valorização ao respeito entre as diferentes opiniões; 11. Ela permite um desenvolvimento do raciocínio lógico; 12. Ela possibilita aos estudantes poderem testar, verificar conceitos e a viabilidade dos projetos desenvolvidos; 13. Ela proporciona o deleite de desenvolver conceitos teóricos de forma mais concreta.

Mill e César (2009) também destacam algumas vantagens que as atividades com a Robótica na Educação conseguem ter, como: 1. Proporcionar uma aprendizagem coletiva a partir da interação e cooperação, de forma a desenvolver o respeito entre os estudantes. O espírito coletivo e cooperativo é parte importante de um bom projeto dessa área; 2. Propiciar uma atividade divertida na qual os estudantes aprendem de forma lúdica, deixando os conhecimentos científicos mais acessíveis; 3. Estimular a criatividade e a reflexão dos estudantes em relação à idealização, o

desenho e a construção dos projetos; 4. Desenvolver o raciocínio lógico a partir do trabalho com a programação relacionada ao funcionamento dos projetos; 5. Desenvolver habilidades de gestão relacionadas ao planejamento e à organização de projetos; 6. Proporcionar a compreensão do erro como algo normal e importante em uma pesquisa; 7. Preparar os estudantes para deixarem de ser simples usuários e se transformarem em criadores de artefatos tecnológicos.

Miranda e Suanno (2009) afirmam que práticas pedagógicas que envolvem a Robótica na Educação têm propiciado um aprendizado de conceitos a partir do desenvolvimento da construção dos protótipos e uso de seus dispositivos tanto mecânicos como eletrônicos se interagindo. Todavia, é preciso ter o cuidado de planejar essa prática com critérios bem definidos, afim de não realizar uma atividade tecnicista. Os autores também reforçam que o mais importante nessa prática pedagógica não é o resultado em si, e sim todo o processo. É durante a atividade que há a reflexão individual, a interação em grupo, o momento que surge o problema e, conseqüentemente, o debate sobre sua solução. Logo, uma prática pedagógica com a Robótica oportuniza um ambiente favorável à interação entre o estudante, o professor e os instrumentos utilizados, gerando discussões e conflitos importantes para serem resolvidos com o objetivo de chegar à solução da situação-problema. Dessa forma, os estudantes aprendem melhor a ouvir, expor suas ideias e perceber que o erro pode ser o primeiro passo para chegar ao acerto. Os discentes passam a ser colaboradores do processo de construção do conhecimento.

Como a pesquisa é sobre Robótica, na próxima seção mostraremos um levantamento de trabalhos publicados com essa temática com as análises, que foi feito em quatro congressos de Ensino de Ciências do Brasil e três internacionais, além de um evento nacional de informática na Educação.

2.1 Levantamento e Análise de Tendências de Pesquisas sobre Robótica em Congressos da Área de Ensino de Ciências

Como o presente trabalho tem a Robótica na Educação como foco de pesquisa, foi feito um levantamento dos trabalhos nessa área que foram publicados em quatro importantes congressos nacionais voltados para o Ensino de Ciências que são: 1. Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF); 2. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF); 3. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

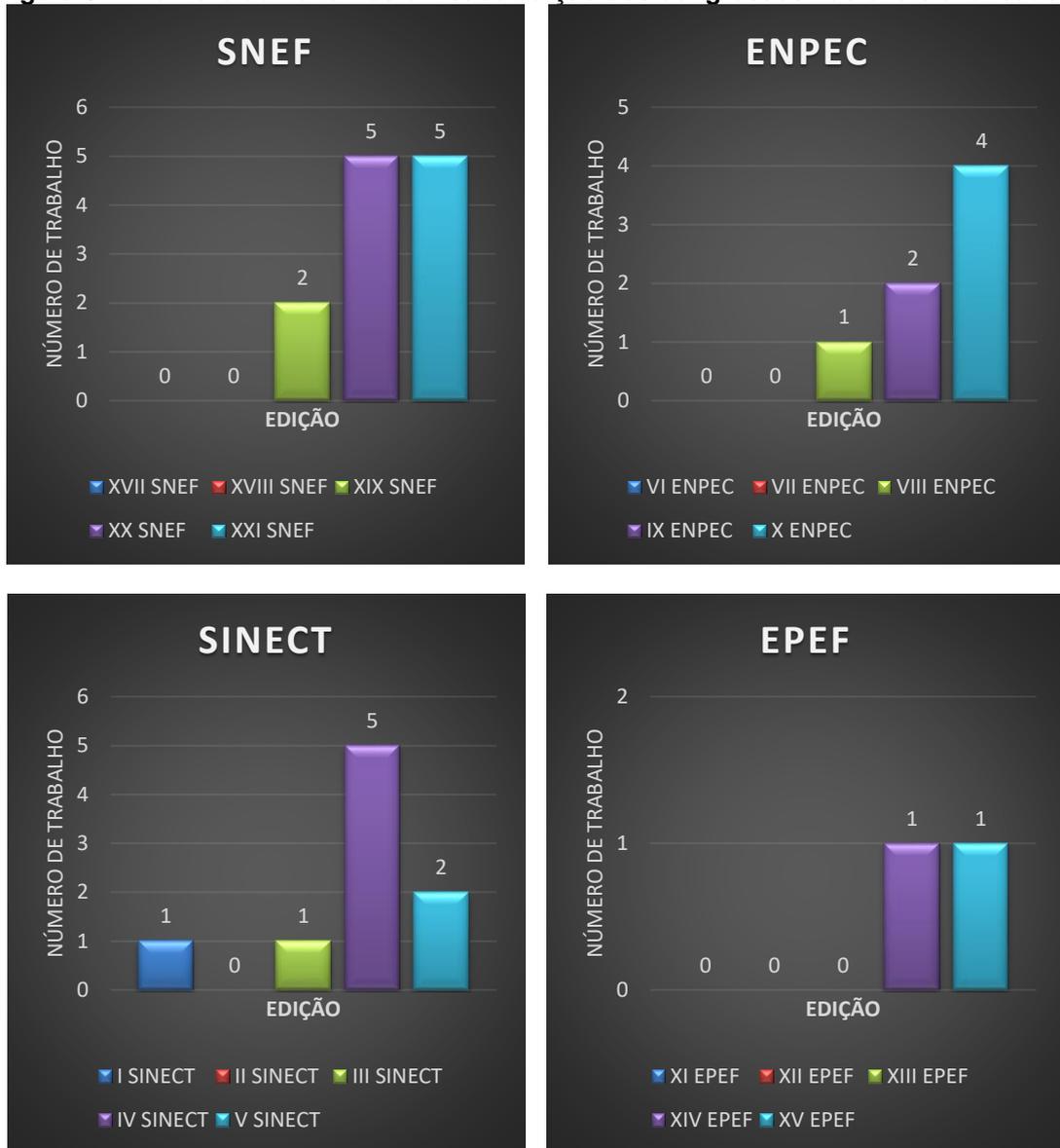
(ENPEC); 4. Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT). Os dois primeiros foram escolhidos por serem eventos da área de ensino de Física organizados pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). O terceiro é um encontro nacional de grande relevância na área de ensino de ciências. O quarto foi escolhido pelo interesse de fazer uma análise em um evento nacional de ensino de ciência e tecnologia. Resgataram-se nas últimas cinco edições desses congressos, as quais foram realizadas entre os anos de 2006 a 2016, os artigos que tinham em suas pesquisas a temática da Robótica, usando as palavras-chave “Robótica” e “Arduino”. Foram localizados trinta trabalhos com a temática em estudo. Além desses quatro eventos, foi feito também um levantamento em três importantes congressos internacionais da área de Ensino de Ciências e Tecnologia da Educação intitulados *Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, *Conference of the European Science Education Research Association* e *Congreso Internacional TIC e Educação* (ticEDUCA). Além desses, o encontro nacional da área da Informática na Educação chamado “*Workshop de Informática na Escola*” (WIE). A busca pelos artigos nesses quatro eventos foi feita de forma similar aos outros, com a diferença de que, nos congressos internacionais, precisamos utilizar mais palavras em outros idiomas como detalharemos mais à frente.

Chegamos a olhar alguns periódicos da área de Ensino de Ciência e, no momento que fizemos esse levantamento, nos deparamos com poucos trabalhos sobre Robótica. Diante de um número reduzido, optamos por analisar só os trabalhos dos congressos que já tivera uma amostragem considerável que nos forneceu muitos dados para a nossa análise.

Depois de selecionar os trabalhos dentro do foco temático, realizou-se a leitura deles e fizemos um estudo para encontrar as tendências nos textos. No intuito de sintetizar esses dados, foi construída uma tabela com título, autores (as), ideia do trabalho, estado, local, evento e ano de cada artigo. Essas informações foram organizadas em novas tabelas que geraram gráficos com o objetivo de indicar tendências e inferir ideias sobre as pesquisas relacionadas à Robótica.

A figura 04 mostra quatro gráficos com a quantidade de artigos sobre Robótica que foram apresentados em cada edição dos respectivos congressos.

Figura 04 - Número de trabalhos em cada edição dos congressos nacionais analisados



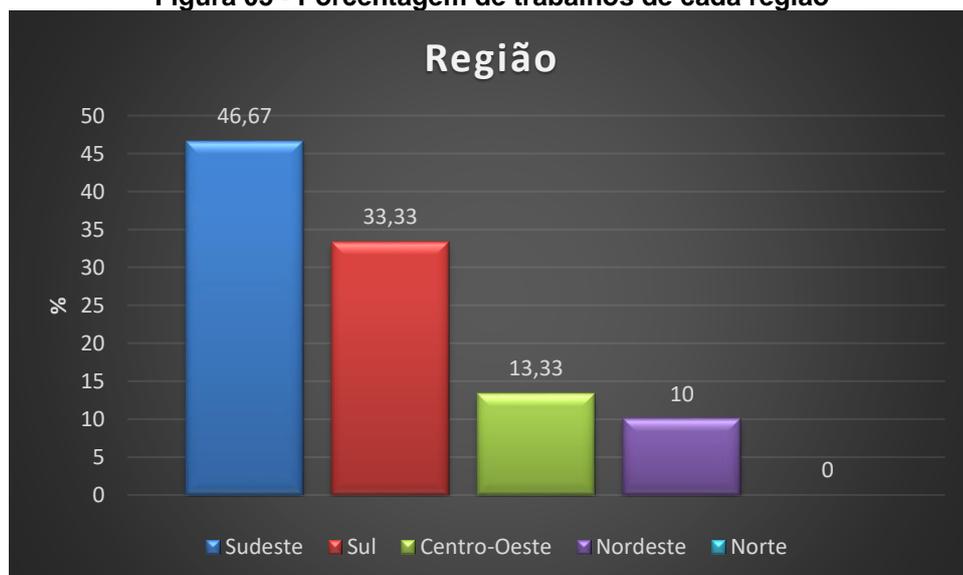
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante desses gráficos, observa-se um crescimento do número de trabalhos com a temática da Robótica nas últimas edições dos congressos (só o SINECT que teve uma queda na última edição em relação ao anterior). Assim como se percebe que, nas primeiras edições, poucos artigos foram apresentados. O congresso com o maior número de trabalhos pesquisados sobre Robótica foi o SNEF, com doze no total das cinco edições. O que dá uma média de 2,4 artigos publicados por edição nesse evento, mostrando que ainda não há um número expressivo de pesquisas sobre a temática sendo publicadas na área de Ensino de Ciências. Em oito eventos, dos vinte analisados, nenhum artigo sobre Robótica foi apresentado. No EPEF, por exemplo, só dois trabalhos sobre essa temática foram apresentados nas suas últimas cinco

edições; dando uma média de 0,4 artigos publicados sobre Robótica nesse evento. Desse modo, verifica-se que essa temática não tem sido muito pesquisada no Ensino de Ciências. Contudo, há um crescimento como mostram os dados dos gráficos. Esse aumento pode estar acontecendo devido a alguns importantes eventos no Brasil, com o objetivo de estimular a pesquisa na área de Robótica, terem iniciado há pouco tempo, como a Olimpíadas Brasileira de Robótica (iniciou em 2007), *Workshop* de Robótica Educacional (iniciou em 2008) e a Mostra Nacional de Robótica (iniciou em 2011). Como destacam Campos e Libardoni (2020), esses eventos ajudaram a disseminar a Robótica pelo país.

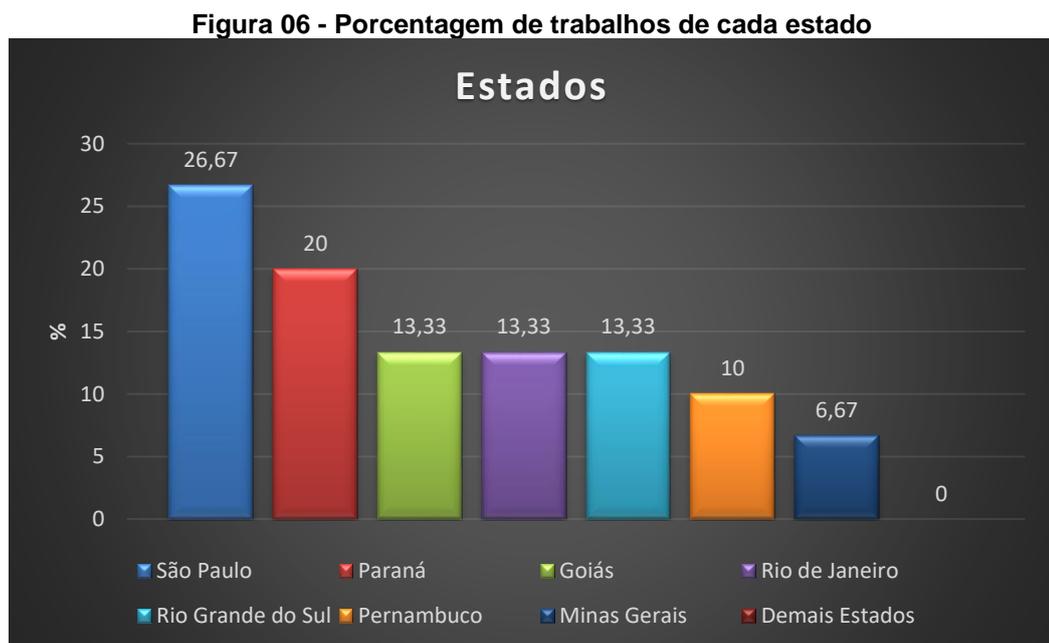
A figura 05 mostra que 46,67% das pesquisas apresentadas foram de instituições da região Sudeste, 33,33% do Sul, 13,33% do Centro-Oeste, 10% do Nordeste e nenhuma do Norte. O número maior de artigos apresentados nas regiões Sudeste e Sul pode ter sido por elas juntas terem organizado 18 eventos dos 20 que foram analisados (em cada uma destas duas regiões aconteceram 9 congressos). Como a região Sudeste tem mais cursos e programas de pós-graduação na área de Ensino de Ciências, conforme dados do documento da área de Ensino da Capes (BRASIL, 2013), muitos eventos acabam acontecendo nessa região. Houve muitos congressos na região Sul devido, principalmente, ao SINECT ser realizado só no Paraná.

Figura 05 - Porcentagem de trabalhos de cada região



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando a figura 06, percebe-se que 26,67% dos trabalhos apresentados foram de São Paulo, 20% do Paraná, 13,33% de Goiás, assim como Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, 10% de Pernambuco e 6,67% de Minas Gerais. Com essas informações, verifica-se que somente sete estados do Brasil publicaram artigos sobre Robótica nos eventos analisados nessa pesquisa. Desse modo, dezenove estados e mais o Distrito federal não publicaram trabalhos sobre o tema.



O estado com o maior número de trabalhos apresentados nos eventos foi São Paulo. Isso pode ter acontecido devido a este ter organizado sete dos vinte eventos que foram analisados. No caso do Paraná, foi o segundo estado com mais trabalhos publicados. Como os SINECTs aconteceram nesse local, isso pode ter influenciado nesse número de pesquisas. Um detalhe importante visto nesse gráfico foi que no Nordeste só encontramos trabalhos publicados de Pernambuco. Assim como no Centro-Oeste, só Goiás apresentou. Um dos motivos para ter acontecido isso podem ser as políticas públicas que aconteceram em Pernambuco nas quais *kits* de Robótica foram distribuídos às escolas do estado em 2012 pelo Governo Estadual (SEE-PE, 2012) e, em 2014, pela prefeitura de Recife (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2014). No caso de Goiás, desde de 2010 já se trabalha com a Robótica nas escolas e na universidade. O projeto Roboteka, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, de 2010 a 2012, implementou em dez escolas estaduais de Goiás um programa piloto

chamado Robótica Educacional (PAIVA, 2014). Em 2010, um grupo de quatro estudantes da UFG formou o Núcleo de Robótica Pequena Mecânica que começou a participar de competições de Robótica (UFG, 2017). Um dos trabalhos tinha pesquisadores de São Paulo e Minas Gerais. Considerou-se esta pesquisa como dos dois estados.

Na figura 07, percebe-se que 46,67% das pesquisas encontradas nos congressos utilizaram a plataforma do tipo Arduino, assim como 46,67% optaram em usar o *kit* LEGO. Com esses dados, observa-se que a maioria dos trabalhos (93,34%) desenvolveu seus estudos com esses recursos, sendo uma tendência as pesquisas no Brasil sobre Robótica na Educação utilizarem esses materiais. Os outros 6,67% restantes das pesquisas, na verdade, foram estudos teóricos que não usaram *kits* de Robótica. Em um deles, foi feita uma atividade na qual as equipes formadas por estudantes iam analisar e propor, através de um desenho, robôs que iam ajudá-los a estudar algum conceito de Química. No outro, foi feita uma investigação em um estudo do estado da arte no qual mapearam trabalhos apresentados em algumas revistas, congressos e no banco de teses e dissertações do portal de periódicos da Capes. A tendência mostrada, na figura 07, está de acordo com Hernandez *et al* (2013), que afirmam que há muitos estudos pelo mundo com uso de *kits* comerciais de Robótica, observando também que devido ao Arduino ser um *hardware* livre, com uma plataforma versátil de prototipagem eletrônica e de baixo custo, deve colaborar com o número significativo de pesquisas elaboradas e apresentadas com essa placa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

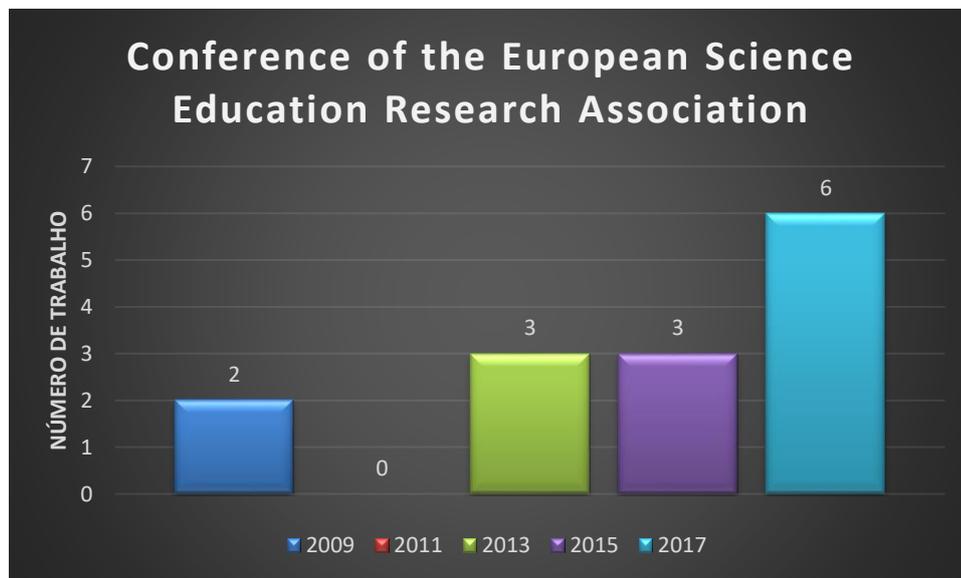
Este levantamento permitiu entender um pouco sobre a produção de pesquisas que debatem a Robótica no Ensino de Ciências no Brasil. Esse estudo mostrou que o trabalho com a temática abordada ainda está aumentando no país. Baseado nos dados do levantamento, percebemos um interesse crescente que precisa ser mais disseminado pelo país para que as pesquisas sobre a Robótica na área de Ensino de Ciências possam ser avaliadas em um contexto mais completo.

O número de pesquisas utilizando Arduino e o *kit* LEGO mostrou uma tendência no Brasil de usar esses materiais nos estudos. Isso mostra que protótipos da Robótica Sustentável que não precisam de uma interface cérebro-computador, como os hidráulicos e os elétricos, são pouco estudados nas pesquisas nacionais.

Com o intuito de saber um pouco sobre as pesquisas que estão sendo realizadas no exterior sobre a Robótica na Educação, foi feito um levantamento dos artigos publicados em três importantes congressos internacionais, sendo dois da área de Ensino de Ciências e um de Tecnologia na Educação. Esses eventos são: *Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (realizado na Espanha); *Conference of the European Science Education Research Association* (encontro que cada edição aconteceu em um país diferente da Europa); Congresso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA), que é realizado em Portugal. Como eles são realizados na Europa, as informações vão indicar como as pesquisas sobre Robótica estão sendo feitas nesse continente e as tendências. Foi feita uma busca nas últimas cinco edições desses congressos dos trabalhos de Robótica a partir das palavras-chave: “robótica”, “robot”, “robotica”, “robotic”, “robô”, “robotique” e “Arduino”. A quinta edição do ticEDUCA não tinha disponibilizado ainda a publicação dos trabalhos que foram apresentados no momento em que foi feito esse levantamento. No caso do *Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, não foi feito um levantamento de uma quinta edição, só de quatro, devido às edições anteriores do evento não disponibilizarem os anais (No caso da edição do ano de 2001, ela mostra pouquíssimos trabalhos no site. Não publicando todos que foram apresentados. Logo, optamos por não analisar essa edição). Foram localizados no total quarenta e seis artigos com a temática pesquisada.

A partir da seleção desses trabalhos, foram construídos gráficos como o da figura 08, que mostra a quantidade de artigos apresentados por edição em cada um dos três congressos internacionais analisados com a temática Robótica.

Figura 08 - Número de trabalhos em cada edição dos congressos internacionais analisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante dos dados desses gráficos, percebe-se que, no congresso voltado para a área de tecnologia na Educação, foi apresentado um número maior de pesquisas com a temática Robótica. O número total de quarenta e seis trabalhos nesses três encontros foi maior do que o registrado nos quatro eventos nacionais analisados anteriormente. Com isso, essas informações indicam que há mais pesquisas sobre o tema na Europa do que no Brasil. Entretanto, o *Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias* apresentou, no total, poucos trabalhos sobre Robótica comparado com os outros dois. Em duas edições, nenhum trabalho foi apresentado sobre a temática. O que mostra, como foi visto nos congressos nacionais, que em muitos eventos da área de Ensino de Ciências poucas pesquisas

sobre Robótica estão sendo apresentadas. Assim, reforçando a necessidade de se ter mais estudos sobre essa temática nessa área.

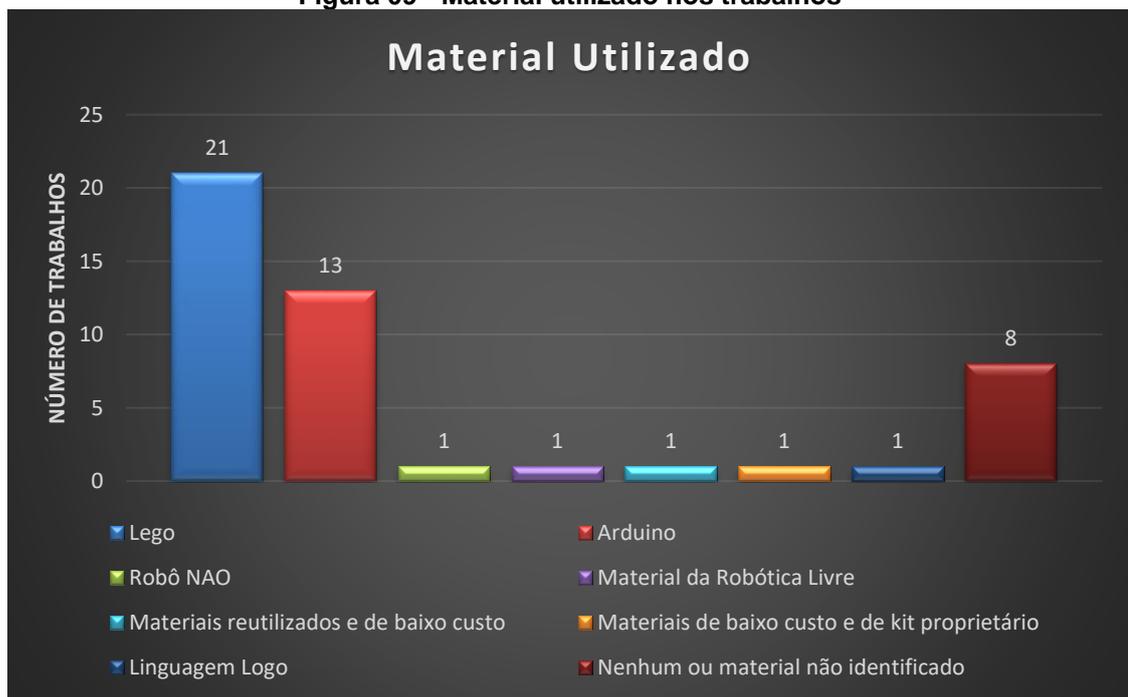
A figura 08 mostra uma oscilação nos três congressos. A *Conference of the European Science Education Research Association* foi o evento que mostrou um crescimento mais linear. Entretanto, em 2011, não houve trabalho apresentado sobre Robótica nesse congresso. Nas primeiras edições desses eventos, foram publicados 4 artigos sobre a temática. Nas últimas, 21 trabalhos. Fazendo um comparativo entre esses dados, podemos dizer que houve um aumento do interesse em fazer pesquisa sobre Robótica na Educação. Essa afirmação está de acordo com Benitti (2012), que destacou que o interesse popular e o mercado educativo da Robótica aumentaram. Ela também afirmou que pesquisas da *Japan Robotics Association (JPA)*, *United Nations Economic Commission (UNEC)* e *International Federation of Robotics (IFR)* indicaram um crescimento no mercado de Robôs voltados para a área da Educação com a perspectiva de que essa tendência continuaria.

Na figura 09, observa-se que 45,65% das pesquisas apresentadas nos três congressos internacionais utilizaram o *kit* da LEGO nas suas atividades enquanto em outros 28,26% usaram a placa Arduino. Esses dados reforçam a tendência encontrada no levantamento dos quatro congressos brasileiros, mostrando que esses materiais são bastante utilizados nas pesquisas de Robótica. Na Europa, o LEGO foi mais utilizado do que o Arduino. Foi encontrado um trabalho (que correspondeu a 2,17%), utilizando o robô NAO⁴, assim como uma pesquisa utilizando materiais da Robótica Livre, sem informar qual; outro trabalhando com a linguagem LOGO. Outra pesquisa usou materiais de baixo custo e de *kit* proprietários, não informando o fabricante, e outro estudo foi feito a partir da reutilização de materiais e outros de baixo custo. Este último foi realizado pelo autor e orientador da presente tese. Em 17,39% das pesquisas não utilizou nenhum material ou não foi informado; fazendo as seguintes pesquisas: 1. Análise de tendências nas teses de doutorado do Brasil que têm como temática a Robótica na Educação; 2. Questionário com alguns estudantes para analisar qual era o conhecimento deles sobre robô e Robótica; 3. Construiu um espaço on-line para promover uma comunidade de prática, reunindo professores que trabalham com a Robótica; 4. Pesquisa com professores, monitores e instrutores de Robótica para saber qual o entendimento deles sobre a importância da Robótica para

⁴ NAO é o nome dado ao robô. Ele pronuncia-se *Now* (agora).

a formação de sujeitos inovadores; 5. Estudo de objetos tangíveis programáveis na aprendizagem de programação, identificando a Robótica como ferramenta que fascina os estudantes a se interessarem em aprender; 6. Pesquisa com os estudantes que participaram das atividades STEM que utilizaram a Robótica; 7. Análise de uma prática na qual os estudantes projetaram, construíram e codificaram robôs centrados nos seres humanos; 8. Experimento de química utilizando a Robótica.

Figura 09 - Material utilizado nos trabalhos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o número de trabalhos apresentados sobre Robótica nos congressos nacionais que foram analisados da área de Ensino de Ciências não foi muito alto, optamos por fazer um levantamento em um congresso da área de Informática na Educação intitulado “*Workshop de Informática na Escola*” (WIE). Este foi organizado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC), com o intuito de saber um pouco sobre as pesquisas que estão sendo realizadas com a temática Robótica e comparar alguns dados desse evento com os encontrados na análise feita com os quatro encontros de Ensino de Ciências que foram mostrados anteriormente. Foi feita uma busca nas últimas cinco edições do WIE, nos anais que estão disponibilizados na internet, encontrando vinte e três trabalhos apresentados. Estes foram analisados, coletados dados e, com isso, foi gerado um gráfico, como mostra a figura 10, que apresenta a quantidade de artigos sobre Robótica em cada edição desse congresso.

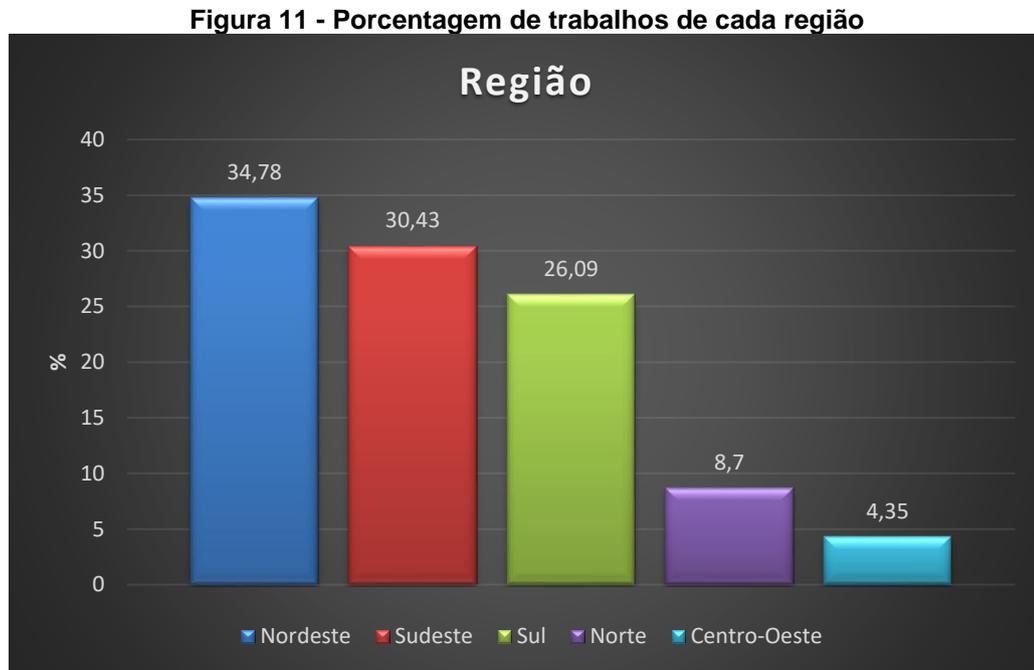
Figura 10 - Número de trabalhos em cada edição do WIE



Percebe-se na figura 10 que, mesmo com a queda do número de trabalhos apresentados do ano de 2013 para o de 2014, em um olhar geral dessas cinco edições mostrou um aumento relevante de artigos apresentados no ano de 2017. Da mesma forma, aconteceu com a maioria dos congressos nacionais da área de Ensino de Ciências que foram analisados no capítulo 2, que mostraram também um crescimento da quantidade de trabalhos apresentados. O número de vinte três artigos nessas cinco edições, dando uma média de 4,6 artigos por evento, superou os doze apresentados nos SNEF`s. O congresso nacional que tinha apresentado, até então, o maior número total de trabalhos publicados nos seus últimos cinco encontros, dando a entender que, nos congressos da área da Informática, estão discutindo a temática Robótica mais do que nos da de Ensino de Ciências.

Na figura 11, observa-se que 34,78% dos trabalhos apresentados foram da região Nordeste, 30,34% do Sudeste, 26,09% do Sul, 8,7% do Norte e 4,35% do Centro-Oeste. Diferente dos dados apresentados em relação aos quatro congressos de Ensino de Ciências, no *Workshop* de Informática na Escola a maioria dos trabalhos foram realizados no Nordeste. O Sudeste veio logo atrás com um a menos e o Sul com dois a menos apresentando uma pequena diferença entre elas em relação à quantidade de trabalho. Diferente do Norte e do Centro-Oeste, que publicaram poucos artigos em relação à essas três regiões. Entretanto, houve um equilíbrio maior na quantidade de trabalhos por região no WIE do que nos quatro eventos de Ensino de

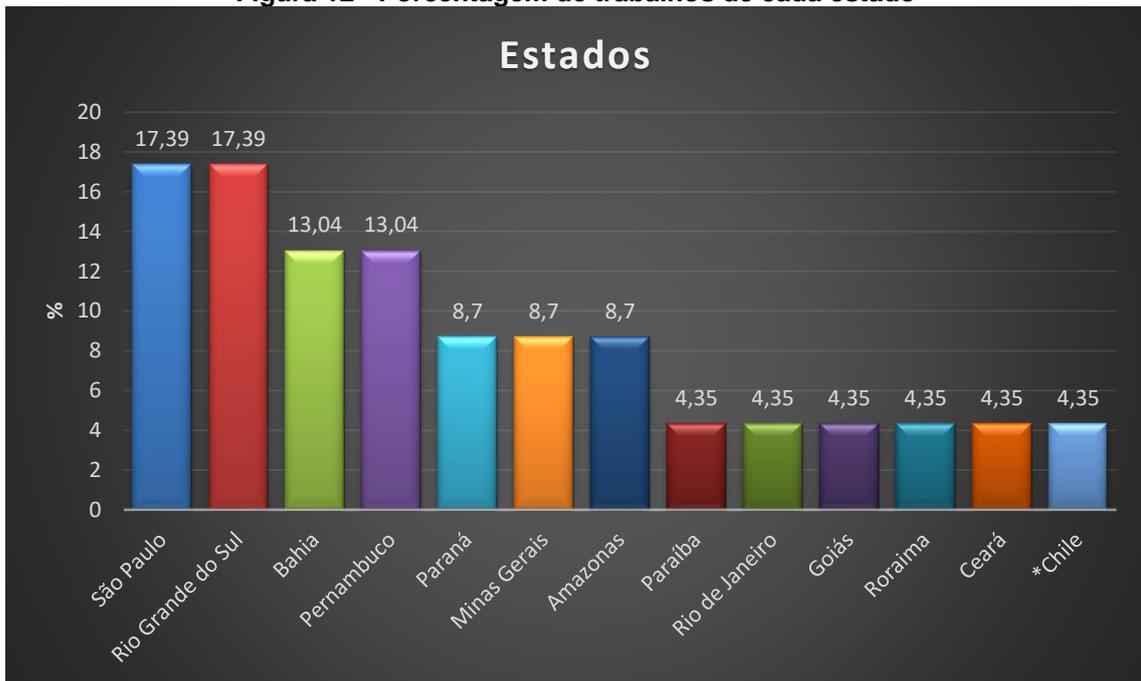
Ciências, ao ponto de representantes de todas as cinco regiões apresentarem artigos no evento. Um dos motivos do número maior de trabalhos apresentados do Nordeste pode ser o fato de dois congressos dos cinco terem sido organizados nessa região.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 12, verifica-se que São Paulo e Rio Grande do Sul, cada um com 17,39%, foram os estados que mais apresentaram trabalhos. Bahia e Pernambuco vieram logo depois com 13,04%, Paraná, Minas Gerais e Amazonas com 8,7%, e Paraíba, Rio de Janeiro, Goiás, Roraima e Ceará com 4,35%. Apesar de doze estados terem publicado mais do que os sete dos quatro encontros de Ensino de Ciências, quatorze estados e mais o Distrito federal não publicaram trabalhos sobre Robótica no WIE. Assim, mostrando, mais uma vez, a necessidade de pesquisar mais sobre essa temática. Outro detalhe é que um dos trabalhos foi do Chile. Apesar de não fazer parte da categoria “estados” do Brasil, colocamos no gráfico para deixar registrado esse dado.

Figura 12 - Porcentagem de trabalhos de cada estado



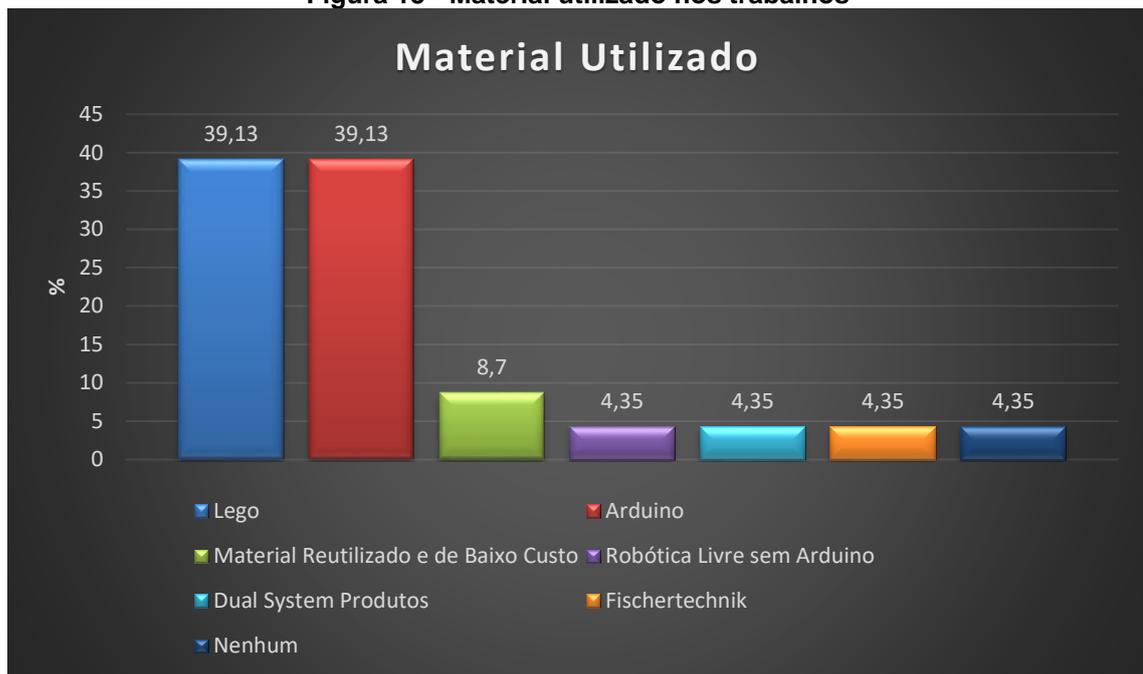
Fonte: Elaborado pelo autor.

São Paulo voltou a ter o maior número de trabalhos apresentados. Entretanto, dessa vez, junto com outro estado (Rio Grande do Sul). Houve uma quantidade maior de estados participantes e um maior equilíbrio de publicações entre eles. O Centro-Oeste foi a única região que foi representada por somente, mais uma vez, o estado de Goiás. Todos os outros tiveram, pelo menos, dois estados.

Alguns trabalhos tinham pesquisadores de mais de um local. Nesses casos, consideramos todos os estados relacionados nesses artigos.

Na figura 13, observa-se, mais uma vez, o predomínio dos materiais Arduino e do *kit* da LEGO, cada um em 39,13% dos trabalhos, como aconteceu no levantamento dos dados dos quatro congressos de Ensino de Ciências que apresentaram uma porcentagem, inclusive, mais alta que essa. No WIE, esses dois materiais foram utilizados em quase 80% das pesquisas, mostrando ser uma tendência o uso deles no Brasil. Entretanto, dessa vez, apareceram também como materiais utilizados os *kits* proprietários da *Fischertechnik* e da *Dual System* Produtos em 4,35% cada um. Houve uma pesquisa seguindo a Robótica Livre sem mencionar os componentes utilizados, só mostrando o *software* livre que usaram. Em outro trabalho, fizeram uma formação de professores, e outros dois (8,7%) reutilizaram materiais e outros de baixo custo seguindo a Robótica Sustentável.

Figura 13 - Material utilizado nos trabalhos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma das pesquisas utilizou o *kit* da LEGO e o Arduino. Consideramos, nesse caso, ambos como materiais utilizados nesse trabalho.

Em uma visão geral desse levantamento, apesar de os dados mostrarem um crescimento do estudo sobre a Robótica, observamos que não houve um número expressivo de publicações sobre essa temática nos eventos mostrando uma necessidade de haver mais pesquisas dessa tecnologia na Educação. O fato de muitos estados não terem apresentado trabalhos sobre Robótica nesses congressos nacionais, corrobora a necessidade de divulgar mais estudos sobre o tema. Verificamos também a tendência das pesquisas em trabalhar com o *kit* da Lego e a placa Arduino, mostrando poucos trabalhos com a Robótica Sustentável, além de não ter um estudo mais aprofundado sobre este tema, o que nos leva a perceber a importância de se fazer uma pesquisa mais densa sobre a Robótica Sustentável.

Nesses quase cem artigos analisados com a temática Robótica dos oito congressos, várias pesquisas foram feitas com distintos objetivos, chegando a muitas conclusões. Na próxima seção, mostraremos o conteúdo dos trabalhos com suas considerações.

2.1.1 O Conteúdo e as Considerações das Pesquisas

Muitas pesquisas (PEREIRA JR *et al.*, 2013; DINIZ; SANTOS, 2013; LIMA; FERREIRA; SOARES, 2015; GARCIA; SOARES, 2015; PEREIRA JR; SOARES, 2015; ROUXINOL *et al.*, 2011; MEDINA, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2017; ROSA; TRENTIN, 2017; SERAFIM; SOUZA, 2010; AYROSA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2012; CONCHINHA, 2012) foram realizadas aplicando a Robótica em atividades com estudantes do ensino fundamental, do médio e do superior utilizando, principalmente, materiais da LEGO ou trabalhando com o Arduino. Nesses variados estudos, houve pesquisas utilizando essa tecnologia no ensino de Química, Biologia, Física, Matemática e Programação. Esses trabalhos chegaram a muitas conclusões sobre trabalhar com a Robótica como: 1. Os estudantes compreendem melhor os conceitos básicos dessa tecnologia e dos conhecimentos científicos abordados; 2. Eles, espontaneamente, utilizam de analogias e/ou metáforas como auxílio em suas montagens; 3. Essa atividade pode criar um ambiente no qual os conceitos são trabalhados gradativamente a partir de dúvidas que vão surgindo; 4. Os alunos vão além da discussão dos conceitos devido à construção dos artefatos; 5. Incentiva a curiosidade dos estudantes em aprender os conhecimentos científicos dos artefatos; 6. Os alunos participam do processo de manipulação e planejamento como um estudante inventor; 7. Estimula crianças e jovens a fazer uso da criatividade, assim como trabalhar de forma cooperativa e colaborativa; 8. A aprendizagem é mais prazerosa; 9. Desenvolve o pensamento lógico-dedutivo; 10. Desenvolve a autonomia e o raciocínio lógico dos estudantes; 11. Possibilita a aprendizagem com o erro; 12. A Robótica pode ser um bom recurso para proporcionar a alfabetização científica; 13. O Arduino possibilita o desenvolvimento de projetos com características multidisciplinares e que podem ser aplicados ao cotidiano dos estudantes de forma a tornar o ensino e a aprendizagem de ciência e tecnologia mais atraente e desafiador; 14. Atividades com o Arduino podem estimular o pensamento computacional, em especial, aprender a linguagem de programação.

Rodrigues e Victoriano (2013) também realizaram uma prática de Robótica com o material da LEGO. A diferença em relação às pesquisas supracitadas é que essa atividade foi realizada em um museu com o seu público. Observaram que essa prática permitiu aos visitantes um contato com a tecnologia atual, assim como possibilitou potencializar competências como o raciocínio lógico, habilidades manuais,

capacidade crítica, trabalho colaborativo, além de poder explorar conceitos presentes em conteúdos da educação formal. Verma, Wickman e Kozma (2017) analisaram um clube de Robótica que fez práticas utilizando o material da LEGO e da *Blue-Bots* com estudantes recém-chegados de outros países a uma escola que trabalhava com o programa *STEM*. Observaram que a atividade possibilitou uma participação ativa com tarefas orientadas, propiciando uma comunicação científica entre os alunos. Dias, Abdalla e Saba (2017) também fizeram um estudo sobre as práticas de um clube de Robótica constituído de estudantes. Observaram que as práticas complementares desse clube contribuíram com a construção de conhecimentos dos estudantes do curso técnico em Informática.

Estudos foram realizados tendo como foco o ensino de música. Ferreira, Duran e Pereira (2014) desenvolveram um teclado musical utilizando o Arduino e reutilizando alguns materiais. Esse projeto possibilita utilizar o artefato no ensino de música com crianças e jovens que têm algumas deficiências. Correa *et al* (2016) desenvolveram um protótipo robótico utilizando o Arduino com o intuito dele ser utilizado como ferramenta no ensino de música nas escolas. Os autores acreditam na importância do desenvolvimento desse protótipo para o ensino de música, por sua utilização possibilitar a contribuição no desenvolvimento cognitivo e criativo dos educandos, propiciando um ambiente escolar mais afetivo e social.

Alguns estudos foram voltados para pessoas que têm alguma deficiência. Viveiros e Camargo (2011) discutem as bases teóricas, conceituais e empíricas de sua pesquisa que constitui uma sequência didática referente a situações didáticas voltadas ao ensino de Física com estudantes com deficiência visual, na qual, em sua proposta, eles incluem a montagem de modelos biônicos utilizando uma unidade robótica controlada por uma interface. Eles acreditam que seus protótipos são importantes tecnologias assistiva-inclusivas para deficientes visuais, e que podem facilitar o processo de ensino e aprendizagem de Física. Souza, Soares e Moraes (2014) apresentam como produto do trabalho o projeto “Etiqueta em Braille”, que foi desenvolvido pelos estudantes. Este artefato foi construído com o objetivo de diminuir a dificuldade que deficientes visuais têm no momento de escolher uma roupa. Freitas e Bertagnolli (2016) estão desenvolvendo uma tabela periódica que utiliza materiais de Robótica, como o Arduino, com o intuito de utilizá-la no ensino de Química do 1º ano do Ensino Médio. Há uma intenção de colocar símbolos em braille e o uso de sons durante a ativação de algumas interações da tabela para ajudar estudantes que

tenham algum grau de deficiência visual ou auditiva. Pretende-se que a tabela seja utilizada como um recurso didático que possibilite explorar vários tipos de situações-problemas e melhorar a aprendizagem dos assuntos abordados.

Ferreira, Duran e Pereira (2014) desenvolveram uma pesquisa na qual construíram um teclado musical que reutiliza alguns materiais e que utiliza o Arduino. O projeto possibilita um trabalho tecnológico com uma vertente social e ambiental, por discutir o descarte do e-lixo e ser possível utilizar o protótipo como instrumento de ensino musical para estudantes com alguns tipos de deficiência. D'Abreu *et al* (2012) desenvolveram uma pesquisa na qual protótipos robóticos foram construídos na escola utilizando o Arduino. Os autores também falaram de um artefato que fizeram chamado Mapa Tátil Sonoro, que é voltado para pessoas com deficiência visual. Observaram com esse estudo que *softwares* e *hardwares* livres têm possibilitado maior acesso ao uso da Robótica na Educação, e materiais dessa tecnologia podem ser usados no desenvolvimento de projetos que auxiliem pessoas com deficiência, contribuindo com a inclusão social e educacional. Conchinha (2012) desenvolveu uma prática pedagógica com pessoas com paralisia cerebral ligeira, com utilização do material de Robótica da LEGO. O autor observou que é importante verificar o grau de dificuldade da programação para que os participantes possam captar e se interessar. Também percebeu, com a prática, que a Robótica é uma ferramenta potencializadora de aprendizagem, desenvolvimento cognitivo e apoio terapêutico, mostrando que o material da LEGO pode ser utilizado em escolas inclusivas e que pode unir estudantes em torno de um projeto em comum.

Conchinha, D'Abreu e Freitas (2014) apresentaram um estudo que estava em andamento sobre comunidade de prática com professores, mostrando e debatendo vivências com a Robótica na Educação em distintos contextos inclusivos e que tenham potencial pedagógico e terapêutico da Robótica numa perspectiva inclusiva. Observaram que a comunidade de prática pode promover a inclusão, a acessibilidade, o despertar de sensibilidade e a colaboração de conhecimentos e projetos.

Algumas pesquisas mostraram alternativas para realizar trabalhos a distância. Oliveira *et al* (2015) desenvolveram um estudo no qual mostraram possibilidades da utilização de um escudo *ethernet* para o Arduino, para monitorar experimentos físicos a distância, via internet. Com a utilização da *ethernet shield* acoplado ao Arduino, estudantes terão a oportunidade de acessar um equipamento ou experimento ao ponto de ver resultados de medidas feitas em outros lugares. Stamatia *et al* (2013)

desenvolveram uma casa-modelo passiva com a utilização do Arduino, a qual possibilitará que estudantes do ensino médio possam conduzir o experimento real a distância. Esse tipo de prática pode oportunizar aos alunos a aplicação da Física em questões práticas, compreendendo a importância dessa ciência no cotidiano.

González e Bueno (2017) realizaram um questionário que fizeram com estudantes do ensino médio para saber qual era o conhecimento deles sobre Robótica e sobre programação. Ao analisar as respostas, observaram que os alunos têm certa ideia do que é um robô e este conhecimento pareceu vir de personagens de filmes e de desenhos animados ou experiências fora da escola. Sobre Robótica e programação, os estudantes tinham alguns conhecimentos, mas não eram bem estruturados.

Houve algumas pesquisas trabalhando com a Robótica Sustentável. Uma delas (BALDOW; LEÃO, 2017) realizaram uma prática pedagógica de Robótica com estudantes do ensino médio, reutilizando materiais e outros de baixo custo. Observaram, com essa pesquisa, que os alunos puderam aprender um pouco sobre trabalho em equipe e sobre a importância da sustentabilidade, dando ênfase à reutilização dos materiais e ao local certo de jogar fora o lixo, principalmente os eletrônicos. De forma colaborativa, a atividade possibilitou aos estudantes aprenderem assuntos de Física, como o Princípio de Pascal e alguns de Eletricidade. Apesar de esse trabalho ter tido bons resultados, a presente pesquisa pretende trazer mais evidências sobre a Robótica Sustentável. Ferreira, Duran e Pereira (2014) desenvolveram um estudo sobre a construção de um teclado musical a partir da Robótica Livre. Nessa pesquisa, chamou atenção a discussão no artigo sobre a reciclagem e o descarte do e-lixo. Apesar desse cuidado que os autores tiveram de debater esse importante tema, acreditamos que faltou discutir a reutilização dos materiais que possibilita uma diminuição do lixo e uma conscientização sobre a Sustentabilidade que discutiremos mais à frente. Santos e Medeiros (2017) trabalharam um conteúdo de geometria em duas turmas do ensino fundamental de forma que em uma delas trabalhou a Robótica com materiais recicláveis e reutilizados e na outra não. Observaram que a turma que trabalhou a Robótica teve um desempenho melhor do que o da outra. Além de esses alunos terem mostrado mais entusiasmo, envolvimento, criatividade, desenvolvimento motor e persistência em acertar até ver seu projeto pronto. Analisando o trabalho da Robótica Sustentável, que foi feito em uma das turmas, observamos que foi uma prática boa para se trabalhar

com as crianças, mas parte da construção dos artefatos não foi feita por elas e faltou mostrar mais detalhes do momento do desenvolvimento dos protótipos, apesar das avaliações terem mostrado dados importantes para as considerações feitas pelos autores.

Entre essas várias práticas realizadas, quatro delas fizeram um estudo comparativo de duas atividades diferentes. Uma delas foi feita por Santos e Medeiros (2017), como foi mostrado acima. Rosa, Giacomelli e Trentin (2014) desenvolveram uma atividade em uma turma utilizando o Arduino e um sensor de temperatura para coletar dados e gerar gráficos, enquanto em outra turma os dados foram anotados manualmente para a montagem dos gráficos trabalhando em ambas o mesmo conteúdo. Apesar das duas práticas terem se mostrado eficazes, o experimento com o Arduino instigou a curiosidade dos estudantes no que diz respeito ao funcionamento desse tipo de tecnologia que não levou muito tempo para construir os gráficos, como o outro que teve que anotar manualmente, possibilitando uma discussão maior sobre a condução da curva do mesmo durante sua construção automática.

Cambruzzi e Souza (2015) desenvolveram uma atividade em duas turmas de um curso técnico em computação na qual uma delas trabalhou a programação a partir de um ensino tradicional, e a outra utilizando o material de Robótica da LEGO. Ao comparar as duas práticas, observaram que os estudantes que trabalharam com a Robótica tiveram um desempenho melhor, aprenderam mais e se sentiram mais motivados/interessados. Silva e Bertagnolli (2016) desenvolveram uma prática pedagógica utilizando materiais de Robótica como o Arduino. Depois da realização dessa atividade, os autores compararam com pesquisas feitas com *kits* comerciais, percebendo que, na prática com a Robótica Livre, os alunos se motivaram mais, mostraram mais interesse em resolver os problemas, melhoraram a autoestima por se identificarem como seres capazes de criar artefatos novos. Diferente dessas pesquisas, nosso estudo fez um comparativo da Robótica Tradicional com a Sustentável, com o auxílio de instrumentos de investigação, como a videografia e os questionários (pré e pós-testes), que permitiram trazer mais evidências para diferenciar o trabalho desses dois tipos de prática.

Algumas pesquisas não chegaram a realizar uma prática com os estudantes. Os pesquisadores mostraram em seus estudos possibilidades de se trabalhar com a Robótica e protótipos desenvolvidos por eles para serem utilizados nas escolas. Molisani, Teixeira e Cavalcante (2013) mostraram possibilidades de se trabalhar com

o Arduino em conjunto com as TIC, em especial a *WEB 2.0*, na elaboração de práticas para o laboratório de Física do ensino médio. Eles desenvolveram uma sequência de atividades com o intuito de serem potencialmente significativas para o estudo introdutório de óptica.

Teixeira, Cavalcante e Balaton (2015) desenvolveram um experimento didático de espectroscopia utilizando o Arduino para discutir conceitos físicos relacionados à luz e ao processo *RGB* de produção de cores. Eles acreditam que a construção desse experimento por estudantes pode proporcioná-los um melhor aprendizado dos conceitos referentes à luz e cor, além de poder propiciar um interesse pela programação.

Bernardes e Diehl (2015) desenvolveram uma pesquisa na qual mostram possibilidades de se trabalhar com o Arduino e o sensor de ultrassônico HC-SR04 de forma a medir distâncias em diferentes formas com o mesmo intervalo de tempo. Eles demonstraram etapas de coleta de dados com apresentação de algumas propostas didáticas. Os autores acreditam que atividades com esse tipo de tecnologia pode proporcionar ao estudante um estímulo a procurar alternativas para superar obstáculos, a trabalhar de forma colaborativa, a pesquisar e a discutir conhecimentos de Física.

Kloc, Koscianski e Pilatti (2009) desenvolveram um projeto no qual propõem práticas pedagógicas colaborativa, com utilização da Robótica da LEGO como recurso interdisciplinar. Os autores acreditam que esse tipo de atividade faz com que os estudantes se motivem a aprender conhecimentos relacionados a recursos tecnológicos que possibilitem o desenvolvimento de artefatos robóticos, de forma a agregar conteúdos escolares com práticas reais. O trabalho em grupo é visto nesse estudo como ponto importante da atividade por possibilitar que os participantes debatam e analisem os pontos positivos e negativos durante o processo, de modo a permitir o desenvolvimento da maturidade do pensamento reflexivo e crítico.

Ghizoni *et al* (2012), através do grupo PET, realizaram um estudo com o material de Robótica da LEGO para verificar algumas possibilidades do seu uso no ensino de Física, incluindo alguns experimentos históricos. Os autores acreditam que atividades dinâmicas que possibilitem interagir com esses protótipos podem diminuir a dificuldade do ensino de Física.

Luciano, Luciano e Ferreira (2014) desenvolveram um equipamento que mensura o grau de histerese de materiais, por meio da utilização do Arduino e de

sensores comerciais de efeito Hall. Esse protótipo pode ser utilizado como recurso didático nas aulas de Física, podendo favorecer a aprendizagem dos estudantes em relação a assuntos, como magnetização e histerese.

Schivani e Pietrocola (2012) realizaram um estudo de práticas pedagógicas, com o uso do material de Robótica da LEGO tendo como base a Teoria Antropológica do Didático (TAD). A partir dessa pesquisa, observaram que atividades que têm o intuito de estimular o estudante a refletir e interligar a teoria com a prática, os recursos da Robótica podem ser utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem, levando em consideração os blocos prático-técnico e o tecnológico-teórico que devem estar bem interligados e trabalhados na prática.

Pinto *et al* (2009) apresentaram a plataforma computacional Saberlândia na qual jogos eletrônicos educacionais são desenvolvidos e em se pode utilizar recursos robóticos com o intuito de que os participantes possam construir conhecimentos de forma lúdica. Os autores acreditam que a exploração de recursos, como o da Robótica no jogo, é um atrativo a mais e contribui com a aprendizagem.

Torcato (2012) está desenvolvendo um estudo, que ainda está em andamento, no qual vai aplicar uma prática utilizando o material de Robótica da LEGO. O autor acredita que atividades com a Robótica tem impacto positivo na aprendizagem dos estudantes, de forma a melhorar o desempenho deles, e pode ser uma nova estratégia de aprendizagem. Barata (2016) vai realizar uma pesquisa de objetos tangíveis programáveis, em especial os da Robótica, com o objetivo de melhorar a aprendizagem da programação. Ele acredita que os estudantes terão mais interesse em aprender programação com práticas que utilizem objetos tangíveis programáveis. Santos (2013) fez um estudo sobre o Tati, que é uma interface textual que tem o TATIlogo, uma extensão da linguagem LOGO, o qual desenvolve vários micromundos da Física no *Second Life*, tendo vários tipos de objetos que seguem distintas leis da Física, possibilitando a aprendizagem dessa ciência. O autor acredita que o Tati oferece um ambiente de aprendizagem interativo no qual os estudantes podem ser arquitetos ativos e construtores de sua própria aprendizagem. Trentin, Pérez e Teixeira (2013) desenvolveram um protótipo através do Arduino para trabalhar o Movimento Retilíneo. Os autores acreditam que o uso dessa tecnologia pode contribuir com o ensino e aprendizagem, tendo a Robótica Livre um grande potencial no ensino de ciências. Cerci, Ferreira e Monte-Alto (2017) desenvolveram um robô, com o Arduino, que desenha em uma lousa e que os estudantes poderão, a partir de

um ambiente da programação LOGO, fornecer os comandos para que o robô desenhe por meio de conceitos matemáticos. Acredita-se que o estudante, ao trabalhar com esse material, desenvolverá o pensamento computacional e o seu conhecimento em Matemática. Teixeira e Sampaio (2017) apresentam um ambiente virtual criado por eles chamado *DuinoGraph*, que foi feito para trabalhar com o Arduino, com o objetivo de trabalhar em diferentes conhecimentos da Matemática e outras Ciências a partir de metodologias que possibilitem aos estudantes terem uma participação ativa.

Algumas pesquisas tiveram como foco analisar o professor tanto em formações, quanto realizando práticas e suas visões sobre a Robótica. Maciel Jr e Michelin (2016) relataram a construção de um curso de Robótica com o uso de Arduino para professores da área de Matemática e Ciências. Diante das primeiras análises, observaram que os docentes, ao discutirem sobre a aplicabilidade dos experimentos em sala de aula, acabaram refletindo sobre suas práxis e, conseqüentemente, o processo de ensino e aprendizagem. Castilho, Borges e Fagundes (2016) fizeram uma pesquisa com professores com o intuito de saber como eles enxergavam a inovação em suas práticas e como viam a Robótica na Educação. Observaram que as práticas dessa tecnologia nas escolas, tendo uma boa proposta pedagógica, pode contribuir na formação dos estudantes, indo além da mecânica, eletrônica e programação. Os professores pesquisados entenderam que a inovação era um processo que podia acontecer na escola, sendo a Robótica um ótimo recurso para o desenvolvimento de características inerentes aos sujeitos inovadores, como: capacidade de resolver problemas, de ser cooperativo, de pesquisar no grupo e fora dele e de ser criativo. Fernandes (2016) fez um estudo de uma formação de professores e uma prática que foi realizada por parte desses docentes com seus estudantes utilizando o material de Robótica da LEGO para aprender trigonometria. Esses professores relataram que foi importante passar pela experiência de desenvolver o protótipo, aprender a programar e passar por um processo parecido com o que os alunos participam; ajudando a antever eventuais dúvidas e dificuldades dos estudantes. D'Abreu e Bastos (2013) realizaram um estudo de uma formação para professores, que teve a presença de estudantes também, sobre o uso da Robótica utilizando o Arduino e o *kit* da empresa *Dual System* Produtos e Serviços Ltda (*kit* para Educação Tecnológica e Robótica, KTR – 12). Observaram que os professores à medida que iam se apropriando de conhecimentos da Robótica, se tornavam mais autônomos em trabalhar com os estudantes sem a ajuda de outra pessoa. Com isso, acredita-se que atividades com

essa tecnologia vão acontecer na escola mesmo depois da formação. Silva e Castro Neto (2016) fizeram um estudo com professores que participaram de uma formação de Robótica que utilizou o material da *Fischertechnik*. Observaram que a adesão à Robótica na Educação vem contribuindo com o processo de ensino e aprendizagem de Física, além de dinamizar o ensino de seus conteúdos. Conchinha, D'Abreu e Freitas (2014) mostraram uma pesquisa que estava em andamento sobre comunidade de prática na qual os professores que participavam apresentavam e discutiam vivências com a Robótica na Educação em diferentes contextos inclusivos, mas que tinham potencial pedagógico e também terapêutico numa perspectiva inclusiva. Verificaram nesse estudo com os professores que a comunidade de prática possibilitou a colaboração de conhecimentos e projetos.

Lima e Ferreira (2015) fizeram um mapeamento das tendências de artigos voltados à área de Robótica publicados no Brasil em congressos, revistas, dissertações e teses da área de ensino de ciências no período de 2005 a 2014. Os resultados indicaram que a quantidade de trabalhos nessa área ainda é bastante restrita, encontrando um número maior de publicações nas áreas da Informática e Computação. Os autores observaram uma concentração de estudos em investigações e divulgações da técnica do uso da Robótica, sinalizando-os uma necessidade de pesquisas sobre possibilidades, contribuições e reflexões sobre práticas pedagógicas com o uso da Robótica no processo de ensino e aprendizagem da Física. Essa necessidade que os autores indicam convergem com o que se propõe nessa tese. Acreditamos que a nossa pesquisa apresentou reflexões sobre a Robótica Sustentável, ao comparar com a Robótica Tradicional, mostrando contribuições sobre a prática com essa tecnologia.

Silva Jr, Leão e Lins (2017) fizeram uma análise da literatura das teses brasileiras que debateram a temática da Robótica na Educação aplicada ao ensino de ciências. Diante das oito teses encontradas, foram identificadas lacunas na produção brasileira em relação à internacional, principalmente em relação aos referenciais teóricos e metodológicos. Assim como perceberam que as investigações que aconteceram foram em oficinas extraclasse, com foco no ensino fundamental e médio, não havendo enfoque nos saberes dos professores com o trabalho com a Robótica. Diante dos poucos trabalhos, os autores apontam que é relevante pesquisar sobre a Robótica na Educação, sobretudo que os grupos de pesquisa ainda não estão

consolidados e há uma necessidade de se discutir mais sobre os referenciais teóricos e metodológicos.

Lessa *et al* (2015) fizeram uma análise das principais tendências das pesquisas científicas apresentadas no WIE de 2005 a 2014 sobre programação de computadores e em Robótica na Educação. Observaram que há poucas ações inovadoras nas escolas e, na maioria dos casos, estão relacionadas a pesquisas realizadas nas universidades. Diante disso, acreditam que é importante haver ações envolvendo a programação de computadores e de Robótica na Educação nas escolas de educação básica, e que para isso deve-se ter pesquisas científicas aplicadas, formação continuada de professores e o debate e a divulgação do que está sendo realizado em eventos científicos. Apesar de sabermos da importância de se trabalhar a parte da programação, o foco de nossa pesquisa está no desenvolvimento da parte estrutural do protótipo da Robótica.

Observamos nessa seção muitas pesquisas com a Robótica relacionadas a vários temas, como: música, pessoas com deficiência, trabalho a distância, ambientes virtuais, entre outros; chegando a muitas conclusões, principalmente, trabalhando com a Robótica Tradicional e a Livre. Entre os poucos estudos com a Robótica Sustentável, não verificamos uma pesquisa que alerte a importância da reutilização na prática com essa tecnologia e a conscientização sobre a Sustentabilidade. Isso mostra a necessidade de estudos mais aprofundados sobre essas questões ao realizar práticas com essa tecnologia. Ademais, não observamos pesquisas que investigassem de forma mais aprofundada os benefícios da Robótica Sustentável. Desse modo, nota-se a importância de uma pesquisa que possa trazer evidências sobre a prática pedagógica com esta Robótica. Verificamos também que muitas pesquisas de Robótica trabalharam conteúdos de Física. Entretanto, segundo a pesquisa aqui realizada, nenhuma explorou os assuntos do nosso estudo. Isso mostra que estamos discutindo conhecimentos físicos pouco debatidos na literatura sobre o assunto.

No próximo capítulo, falaremos sobre alguns distintos materiais da Robótica voltada para a Educação com suas diferentes formas de trabalhar e modos de visualizar as práticas pedagógicas que utilizam suas peças.

3 ROBÓTICA LIVRE, ROBÓTICA SUSTENTÁVEL E A SUSTENTABILIDADE

Mill e César (2013) destacam que aconteceram no Brasil distintas experiências na Educação com a Robótica, como observamos no capítulo 02. Os autores afirmam que a maioria utilizou *kits* com materiais pré-confeccionados e *softwares* de controle e acionamento de dispositivos eletromecânicos. Entretanto, construir práticas pedagógicas com materiais alternativos, que são os de baixo custo e/ou reutilizados e/ou não comerciais, na maioria das vezes, pode proporcionar uma atividade de Robótica mais rica dentro da Educação.

Mill e César (2013) destacam que a Robótica “Tradicional” na Educação, aquela desenvolvida nas escolas com *kits* comerciais que contêm peças pré-fabricadas com modelos padronizados, também possibilita aos estudantes aprenderem conceitos científicos e desenvolverem sua criatividade construindo protótipos autônomos. Entretanto, a Robótica trabalhada com esse material tem limitações devido às restrições das possibilidades de manipulações e construções de artefatos devido às peças terem encaixes pré-fabricados. Além disso, os produtos comerciais dessa área e seus programas computacionais proprietários (*softwares* pagos) são relativamente caros, dificultando seu acesso a todas as escolas e aos professores. Todavia, os autores afirmam que é mais fácil para o professor trabalhar com a Robótica Tradicional em sala de aula do que a Robótica Livre.

Barbosa e Silva e Blikstein (2020) destacam que existem materiais de Robótica proprietário que têm uma simplificação exagerada em seu *design*, exigindo pouco engajamento dos estudantes. Os *kits* acabam fazendo quase tudo pelo aluno, dando a impressão de que ele é quem está no controle, quando, na verdade, só está seguindo instruções que os levam a construir produtos padronizados. Campos (2019) destaca que projetos de Robótica que limitam a criatividade dos estudantes durante o processo da atividade praticamente estão só incorporando essa tecnologia à prática.

Os *kits* proprietários ganharam visibilidade no momento em que tentaram disseminar o ensino de Robótica. Um dos motivos desse destaque ter acontecido foi o fato de suas plataformas serem relativamente fáceis de serem manuseadas. Entretanto, os custos desses materiais eram elevados para os padrões das escolas do Brasil. Como alternativa, começaram a surgir *kits* livre com o custo menor de forma a torná-los mais acessíveis às instituições de ensino (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

É importante encontrar maneiras viáveis de se trabalhar a Robótica com materiais de baixo custo diante dos preços da maioria dos *kits* proprietários que não são acessíveis a todas as escolas. Assim como é interessante ter plataformas de programação gratuitas, evitando gastos com a licença do *software*. Entretanto, deve-se prezar pela qualidade do projeto, tendo um pensamento consciente sobre o meio ambiente. Costa *et al* (2013) destacam o trabalho da empresa OWI com seu *14 in 1 Education Solar Robot Kit* que recebeu alguns prêmios como o *Best Green Products Award 2013*, *Top Toy of the Year Award* e *Kids Product of the Year Award*, desde que colocou o produto no mercado, devido, principalmente, por ser um *kit* sustentável. Seus protótipos funcionam a partir da energia solar não precisando de pilha ou bateria. Entretanto, isso pode ser considerado um problema também pelo fato de funcionarem só com a presença de luz, não funcionando em locais com pouca luminosidade.

A seguir, falaremos sobre a Robótica Livre e Sustentável, que trabalham com materiais diferentes da “Tradicional” de forma a possibilitar práticas pedagógicas com outro olhar.

3.1 Robótica Livre

Segundo César (2013), Robótica Livre, ou, como ele denomina, Robótica Pedagógica Livre, são processos e procedimentos nessa área que envolvem atividades de ensino e aprendizagem com o uso de materiais baseados em soluções livre e/ou sucatas como instrumentos tecnológicos de mediação na construção do conhecimento.

As atividades com a Robótica Livre devem utilizar *softwares* livre. Mas, o que é um *software* livre? A Expressão “*software* livre” não significa dizer que o aplicativo é necessariamente gratuito, e, sim, quando sua licença de uso não precisa ser paga e o código fonte pode ser visualizado (MILL; CÉSAR, 2013). A GNU.ORG (2017) destaca que por *software* livre deve-se compreender como o *software* que respeita a liberdade e o senso de comunidade dos usuários. O que quer dizer que estes têm a liberdade de executar, copiar, distribuir, pesquisar, modificar e aperfeiçoar o *software*. Para que o programa seja considerado um “*software* livre”, ele precisa possuir quatro liberdades essenciais que são: liberdade 0: o programa deve ser executado como o usuário desejar com qualquer propósito; liberdade 1: o funcionamento do programa pode ser estudado e adaptado as diversas necessidades. Para isso, o acesso ao

código-fonte deve ser liberado; liberdade 2: cópias podem ser redistribuídas possibilitando ajudar outras pessoas; liberdade 3: cópias de versões modificadas também podem ser distribuídas. Com isso, toda comunidade poderá se beneficiar das modificações. Ressalta-se que o acesso ao código-fonte deve ser liberado.

As atividades com a Robótica Livre têm o sentido de incentivar o trabalho cooperativo, colaborativo, a resolução de problemas e a construção de conhecimentos. Além disso, o uso crítico e criativo de materiais descartados deve ser incentivado com o intuito de construir artefatos cognitivos (CÉSAR, 2013).

Na Robótica Livre, ao se trabalhar com materiais descartados e *software* livre, aspectos ecológicos e de liberdade/compartilhamento podem ser debatidos. Nesse sentido, a construção e execução de projetos pedagógicos sobre a Robótica a partir da reutilização de materiais descartados pode ajudar os estudantes a perceberem que os objetos que seriam jogados no lixo podem se tornar fonte de recursos para o desenvolvimento de novos protótipos. No caso da compreensão e a prática de ideias relacionadas a *copyleft* e *software* livre podem propiciar aos participantes uma reflexão sobre esses tipos de ideias, percebendo a importância de compartilhar um trabalho, uma informação, com o intuito de contribuir com um coletivo. Essas questões, a partir de uma perspectiva ética, moral e de responsabilidade social, podem fazer com que os estudantes mudem suas posturas como cidadãos (MILL; CÉSAR, 2013), podendo ter um pensamento mais coletivo e menos individualista de forma a refletir mais sobre as necessidades de um grupo maior do que só as suas. César e Melo (2009) destacam que as práticas pautadas na liberdade vêm de um pensamento que defende que o conhecimento produzido pelo ser humano deve ser compartilhado por todos, e não como uma propriedade particular. A Robótica Livre é uma atividade coletiva de ensino e aprendizagem em que todos trocam e constroem conhecimento.

Ao se realizar uma prática pedagógica com a Robótica Livre na qual os estudantes constroem um protótipo, este artefato tecnológico, que pode ser visto, em algumas situações, como brinquedo, permite que os alunos, dentro do contexto da criação e da concepção do objeto, possam desenvolver mais o seu potencial criativo. Esses protótipos robóticos que são criados, muitas vezes, são feitos a partir de artefatos tecnológicos que foram descartados, não sendo mais apropriado para uso ou considerados sem valor ou sentido. Logo, com o uso pedagógico correto destes

equipamentos, o que deixou de ter significado técnico, pode se tornar um protótipo da Robótica a partir de uma prática coletiva (CÉSAR; MELO, 2009).

Mill e César (2009) elencam algumas vantagens, em relação ao trabalho com a “Tradicional”, que eles observam quando as práticas pedagógicas são realizadas com a Robótica Livre. Abaixo, cinco vantagens:

- Desenvolvimento mais intenso da interação, cooperação, coletividade e do respeito ao outro, pois é exatamente esse o espírito de trabalho da comunidade de Software Livre;
- Possibilidade de agregar ao projeto preocupações ligadas à proteção da natureza, especialmente em relação à conscientização ecológica e aos recursos não-renováveis;
- Raciocínio lógico-matemático e poder de abstração mais apurado como resultado da participação na concepção e elaboração do código do programa de computador que comandará os dispositivos robóticos do projeto;
- Participação mais efetiva dos educandos na CRIAÇÃO do projeto a ser desenvolvido, pois não recebem módulos pré-confeccionados por empresas especializadas, além de ser facultada a alteração do código do software de controle do mecanismo robótico – o que significa uma distribuição do conhecimento de forma mais democrática;
- Exploração mais intensa de aspectos ligados à pesquisa e à ciência, especialmente aqueles ligados à ética e à democratização do conhecimento científico (MILL; CÉSAR, 2009, p. 236).

Oliveira *et al* (2011) fizeram uma comparação de um *kit* proprietário com os *kits* livre de Robótica chegando à conclusão de que a Robótica Livre é mais viável para ser trabalhada nas escolas por possuir um custo mais acessível e devido ao fato de que as características do material permitirem aos estudantes mais interação com a construção da estrutura dos protótipos e dos sistemas lógicos e sensoriais. Além disso, quando se aproveita o lixo tecnológico na montagem dos artefatos controlados, os alunos enfrentam um desafio de engenharia na adaptação e reaproveitamento dos materiais que estão inutilizados. Esse tipo de prática incentiva nos estudantes o desenvolvimento de uma conscientização ecológica e sustentável.

Há iniciativas de ambientes de Robótica de custo mais baixo que podem ser utilizados na Educação. A *GoGo Board* e o ambiente Arduino são dois exemplos desse tipo de ação. Segundo Zanetti *et al* (2012), ambos têm características parecidas, tendo como principal diferença a questão de o Arduino ter vários modelos e fornecedores de seu *hardware* prontas enquanto do *GoGo Board* ter como fator positivo a acessibilidade de os usuários poderem montar suas placas sem precisar de muitas ferramentas.

O projeto Arduino foi desenvolvido com a intenção de criar uma plataforma de prototipagem de baixo custo e de simples aprendizagem. O *hardware* do Arduino é uma placa eletrônica microcontroladora e o seu *software* é composto de um ambiente de desenvolvimento a partir da linguagem de programação. Ambos têm seu código aberto. Devido ao Arduino ser acessível e simples, comparado com outros *hardwares* e *softwares*, ele tem sido utilizado em vários projetos pelo mundo com diferentes aplicações. Professores e estudantes têm utilizado para construir instrumentos científicos de baixo custo, em pesquisas, por exemplo, de Física e Química, em trabalhos com programação e Robótica (ARDUINO, 2012).

É necessário que a pessoa que usa o Arduino tenha conhecimento básico de eletrônica e programação, ou que se faça um estudo prévio sobre estes. A presença do professor é importante, principalmente, em projetos iniciais, atuando como um facilitador utilizando a plataforma sem entrar, inicialmente, em muitos detalhes técnicos sobre os componentes eletrônicos (ZANETTI *et al.*, 2012).

A *GoGo Board* é um dispositivo *hardware* de código aberto e de baixo custo, tendo como um dos seus intuitos que a placa seja utilizada em atividade como a Robótica na Educação. O seu desenvolvimento se iniciou em 2001 com o tailandês Arnan Roger Sipitakiat e o brasileiro Paulo Blikstein, estudantes de pós-graduação no *MIT Media Laboratory* na época. A *GoGo Board 1* e a *2* foram desenvolvidas, mas tinham acessos limitados. Entretanto, estudantes podiam criar jogos e simulações incorporando sensores e atuadores. A *GoGo Board* original tinha uma placa de circuito impresso em um único lado com componentes fáceis de soldar. Foi feita uma pesquisa (GOGO BOARD, 2018) nas cidades de São Paulo, Cidade do México e Bangkok para saber se todos os componentes estavam disponíveis para que o projeto fosse acessível ao ponto de serem construídos em qualquer lugar e que fosse de baixo custo. A *GoGo Board 3* passou a incorporar um compilador LOGO, que possibilitava agora que a *GoGo Board* pudesse programar e executar de forma autônoma sem a necessidade de estar conectado a um computador. Em 2007, o código da plataforma *GoGo Board* foi aberto a partir da permissão do *MIT*. Em 2009, foi lançada a *GoGo Board 4*, que tinha uma porta *USB* integrada. A placa passou a ser bastante procurada a partir dessa versão. Em 2015, foi lançada a quinta versão. A *GoGo Board 5* passou a ser projetada para trabalhar também com a *Raspberry*. Esse recurso passou a permitir utilizar câmeras, som, *GPS* etc. *Smartphones* passaram também a poderem ser incorporados (GOGO BOARD, 2018).

Baseado em Sipitakiat, Blikstein e Cavallo (2004), Morelato *et al* (2010) listaram cinco pontos importantes do projeto da *GoGo Board* que são: 1. Propósito geral: os usuários podem utilizar a placa em seus robôs para medir e acompanhar dados ambientais, na condução de investigações científicas, para construir controle para jogos, para construir artes interativas etc; 2. Abertura: os projetos devem ser abertos, em especial o *software* e o *hardware*, e se possível, disponíveis na internet para as pessoas poderem consultar. Isso poderá ajudar a tornar a placa mais adequada para as necessidades particulares; 3. Fácil construção: a placa foi projetada utilizando placas de circuito impresso simples e componentes que são fáceis de soldar; 4. Foram escolhidas peças que são facilmente encontradas em lojas de componentes eletrônicos de diversos lugares do mundo (incluindo o Brasil); 5. Baixo custo: foi utilizado um baixo número de componentes com o objetivo de diminuir o custo utilizando peças baratas. É interessante utilizar sensores e motores encontrados em sucatas.

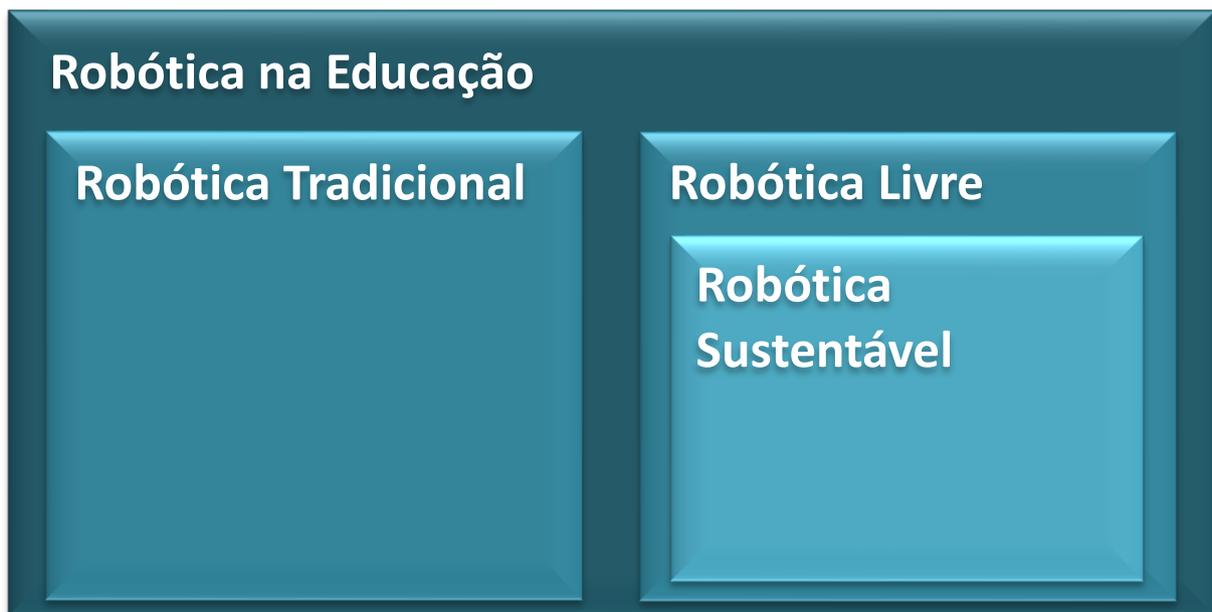
Morelato *et al* (2010) fizeram uma pesquisa na qual compararam alguns *kits* comerciais com a *GoGo Board*. Eles observaram que esses *kits* proprietários disponibilizam bastantes peças e acessórios que auxiliam na montagem dos protótipos da Robótica. No caso da *GoGo Board*, não tem essa mesma facilidade na montagem. Entretanto, eles afirmam que o uso de sucata é uma alternativa à compra de dispositivos comerciais, podendo reutilizar peças de brinquedos infantis e equipamentos eletrônicos quebrados. Além de essa atitude ter um apelo ecológico ao reutilizar um material que ia ser jogado fora, o uso de sucata proporciona um incentivo à criatividade dos estudantes que participam de atividades com a *GoGo Board*, não ficando limitados ao uso de um conjunto com peças pré-fabricadas determinadas.

A placa da *GoGo Board*, do Arduino e dos *kits* de Robótica proprietários que possuem esses microcontroladores, é a parte computacional na qual fica a programação que indicará os movimentos do robô, necessitando este de sensores, motores e da estrutura mecânica. No caso da utilização das placas *GoGo Board* e Arduino, é interessante para a construção do protótipo a compra de componentes de baixo custo para a montagem dos sensores, motores e da estrutura mecânica que também pode ser feita a partir da reutilização de materiais que seriam descartados e, possivelmente, jogados no lixo.

No “mundo” da Robótica Livre há a possibilidade de construir protótipos somente com descartados e peças de baixo custo. Práticas pedagógicas com esses

tipos de materiais serão chamadas aqui de Robótica Sustentável. A figura 14 mostra como dividimos essas áreas, incluindo a “Tradicional”, que fazem parte do universo da Robótica voltada para a Educação.

Figura 14 - Robótica na Educação e suas Áreas



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Robótica Livre tem se mostrado uma boa alternativa para se trabalhar essa tecnologia. Entretanto, acreditamos que a Robótica Sustentável pode ser uma outra solução, com seus benefícios, sendo mais viável a sua utilização por permitir trabalhá-la, em algumas situações, só com a reutilização de materiais e, em outras, com o acréscimo de alguns materiais de baixo custo. Mais à frente, discutiremos a prática que realizamos com a Robótica Sustentável, analisando o processo de desenvolvimento dos protótipos montados.

Antes de falar sobre a Robótica Sustentável, é importante ter conhecimento sobre o que é a Sustentabilidade. Discutiremos sobre o tema adiante, dando foco à Sustentabilidade Crítica por defender ideias condizentes com a proposta dessa área da Robótica voltada para a Educação.

3.2 Sustentabilidade Crítica e a Educação Ambiental

O conceito de Sustentabilidade é bastante provocador e, muitas vezes, incentiva a pensar nos variados caminhos. Quando se enxerga esse conceito biológico inserido na área da economia e da política dentro de um contexto social, ele acaba criando uma noção de responsabilidade do que vai acontecer no amanhã, considerando as atitudes realizadas pelos seres humanos hoje. Devido à sociedade atual dar tanto destaque no imediato e efêmero, pode-se considerar como positivo propor uma ideia oposta (LOUREIRO, 2012).

Loureiro (2012) destaca que a Sustentabilidade é um conceito que veio das Ciências Biológicas e que está relacionado à capacidade de um ecossistema que consegue permitir sua reprodução ou permanência no tempo. No âmbito da questão social, pode-se dizer que é um processo ou um sistema que para ser sustentável precisa:

1) conhecer e respeitar os ciclos materiais e energético dos ecossistemas em que se realizam; 2) atender a necessidades humanas sem comprometer o contexto ecológico e, do ponto de vista ético, respeitando as demais espécies; 3) garantir a existência de certos atributos essenciais ao funcionamento dos ecossistemas, sem os quais perderiam suas características organizativas; 4) reconhecer quais são seus fatores limitantes preservando-os para não inviabilizarem a sua capacidade de reprodução; 5) projetar a sua manutenção em termos temporais (necessidade de incorporar projeções futuras no planejamento das atividades humanas com base nos saberes disponíveis hoje) (LOUREIRO, 2012, p. 56).

Segundo Loureiro (2012), a ideia sobre Desenvolvimento Sustentável pode ser entendida como a defesa de um desenvolvimento que seja possível sem prejudicar o meio ambiente, em especial, o ecossistema. Essa preocupação deve abranger não só o ser humano como também à vida de outras espécies. Dessa forma, o desenvolvimento pode ser visto como: “Sinônimo de crescimento econômico e produção de mercadorias, e a felicidade e o bem-estar estariam associados ao consumo em massa.” (LOUREIRO, 2012, p. 59).

Desde os anos 90 que o setor empresarial vem fazendo estudos e modificações com o objetivo de se adequar a uma realidade de mercado que passou a trabalhar com o meio ambiente. Entretanto, esse novo olhar passou a existir por observarem que podiam ganhar com a visão de uma economia preocupada com o meio ambiente. Vendo-o, assim, como um negócio vantajoso o uso da Sustentabilidade no mundo do

mercado. Começaram a perceber que aquilo que era jogado no lixo podia se transformar em um dinheiro. Dessa forma, diminuiria o lixo e também a poluição. Com isso, o mercado poderia explorar esses benefícios a seu favor passando uma imagem à população de preocupação com o meio ambiente (LAYRARGUES, 2000).

Diante desse novo olhar dos empresários, aparece um novo consumidor:

Desponta, nesse contexto, o consumidor verde, que é aquele em cujo poder de escolha do produto incide, além da questão qualidade/preço, uma terceira variável: o meio ambiente, ou seja, a determinação da escolha de um produto agora vai além da relação qualidade e preço, pois este precisa ser ambientalmente correto, isto é, não prejudicial ao ambiente em nenhuma etapa do seu ciclo de vida. Dizem até que, de agora em diante, o simples ato da compra determina uma atitude de predação ou preservação do ambiente, transferindo o ônus da responsabilidade ambiental à sociedade, não mais ao mercado ou Estado (LAYRARGUES, 2000, p. 85).

O mercado tem interesse nesse consumidor por ele ajudar a ideia de uma economia preocupada com o meio ambiente e que faz o trabalho da reciclagem, mesmo esse mercado não se preocupando com o consumismo. Com isso, os impactos causados ao meio ambiente pela cultura do consumismo não são discutidos (LAYRARGUES, 2000).

Em relação à questão do lixo, muitos ambientalistas enxergam como sendo um dos maiores problemas ambientais no atual cenário mundial. Não à toa se discute muito a sua diminuição, inclusive nas escolas. Entretanto, muitos estudos mostram que essas instituições educacionais acabam abordando a discussão de forma simplificada, sem fazer um debate mais completo que possibilite aos estudantes terem uma compreensão mais ampla da problemática. Isso acaba acontecendo porque no momento que se trabalha somente a parte da reciclagem do lixo, incentivando a coleta seletiva, os alunos deixarão de visualizar os problemas ocasionados pela cultura do consumismo. Dessa forma, eles ficam alheios de um problema atual da sociedade e de um pensamento mais crítico sobre a Sustentabilidade (LAYRARGUES, 2002).

Layrargues (2002) destaca que Carvalho (1991):

Ao analisar o discurso ambientalista governamental brasileiro, aponta a existência de duas matrizes discursivas sobre a questão ambiental: um *discurso ecológico oficial*, enunciado pelo ambientalismo governamental, representante da ideologia hegemônica e encarregado de manter os valores culturais instituídos na sociedade; e um *discurso ecológico alternativo*, proferido pelo ambientalismo original *strictu sensu*, corporificado pelo movimento social organizado, representante da ideologia contra-hegemônica e encarregado de disseminar valores subversivos à ordem social e econômica instituída (LAYRARGUES, 2002, p. 182-183).

A questão do lixo, para o discurso alternativo, é um problema que já se inseriu na cultura devido ao pensamento consumista, que é um dos alvos das críticas em relação a essa sociedade moderna. A partir do momento em que o filósofo e economista escocês Adam Smith defendeu a ideia de que a produção tem que ter a finalidade do consumo, a economia passou a ter como objetivo aumentá-lo, de forma que a sociedade passou a aceitar essa ideia como sinônimo de bem-estar. Entretanto, esse consumismo começou a ser enxergado como o responsável por vários problemas ambientais. E isso leva à compreensão de que ele não pode ser visto como sinônimo de felicidade (LAYRARGUES, 2002).

Segundo Layrargues (2002), vivemos em uma sociedade consumista na qual um bem lançado passa a ser obsoleto pouco tempo depois de ter sido comprado por um indivíduo. Além disso, a grande maioria dos eletrônicos e eletrodomésticos passaram a ter uma vida útil cada vez menor do que aos de décadas passada. Ao diminuir o tempo de descarte desses materiais, aumenta-se, assim, o lixo. Combater essa obsolescência programada parece ser um bom caminho para diminuir a quantidade de lixo produzida por produtos que ainda não deixaram de funcionar. Essa ideia de que um determinado aparelho ficou ultrapassado, mesmo funcionando, faz com que as pessoas acreditem que devam descartá-los e comprar um novo.

No que diz respeito à pedagogia dos 3 R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), Layrargues (2002, p. 185) destaca que:

...o discurso ecológico alternativo advoga uma sequência lógica a ser seguida: a redução do consumo deve ser priorizada sobre a reutilização e reciclagem; e depois da redução do consumo, a reutilização deve ser priorizada sobre a reciclagem, conforme salienta o texto do Tratado sobre Consumo e Estilo de Vida.

Apesar de o consumismo gerar riscos ao ambiente por poder esgotar os recursos naturais e saturar os depósitos de lixo, sempre inventam mecanismos que garantem o controle desses riscos, como a reciclabilidade. Ao invés de incentivar a

redução do consumo, ele se mantém e ainda cria-se a ideia de que através da reciclagem se compensa o risco do consumismo. Entretanto, não é tão simples assim. Essa é uma falsa segurança que demonstra uma alienação da realidade que passa a imagem de que um comportamento ambientalista correto ajudará a resolver um problema, mas o que acontece é que se camufla a crítica ao consumismo e reforça a concentração de renda. Afinal, reciclando, a cultura do consumismo é salva e a descartabilidade e a obsolescência planejada continuam contribuindo com o expansionismo do capitalismo. Portanto, há, praticamente, duas interpretações sobre o significado da política dos 3R`s. O discurso ecológico oficial, afirma que não faz sentido defender a redução do consumo por não ser o consumismo o problema e, sim, o consumo insustentável. Logo, a questão não está na cultura, e sim na técnica. Para os críticos ao consumismo, sua defesa está na cultura da frugalidade. Essas visões distintas levam à compreensão da política dos 3R`s da seguinte forma: o discurso ecológico oficial defende a priorização da reciclagem articulada com o projeto liberal; o discurso ecológico alternativo afirma que se deve priorizar a redução e a reutilização articulada com um projeto político-ideológico progressista. Essas visões levam a considerar que a reciclagem acaba não ameaçando o sistema dominante, visto que ela não questiona o consumismo. Ao contrário da defesa do discurso ecológico alternativo, que defende a redução do consumo e a reutilização (LAYRARGUES, 2002).

Apesar do trabalho que tem sido feito pelos catadores e sucateiros ter revertido, muitas vezes, em seu sustento e uma melhor condição de vida, a distribuição dos lucros com a reciclagem não tem sido justa. A parte que fica com eles é bem menor do que a das indústrias de reciclagem; mostrando assim mais um trabalho exploratório feito pelo sistema capitalista. Ao mesmo tempo, algumas pessoas separam os lixos recicláveis, em suas respectivas casas, sem saber que esses materiais são vendáveis. Estes acabam “doando” esses materiais à indústria enquanto o catador vende a ela. Diante dessa atitude do consumidor, ele acaba, mesmo sem intenção, eliminando o catador do processo. Dessa forma, a indústria de reciclagem aumenta sua parcela no lucro. A forma como essa reciclagem vem sendo feita, no caso, carente de políticas públicas, contribui muito pouco com o ambiente. Essa prática está se tornando uma atividade econômica como qualquer outra. Entretanto, esse discurso é omitido da grande maioria das pessoas. Caso elas fossem cientes desse “detalhe”, talvez, muitas deixassem de contribuir com a reciclagem (LAYRARGUES, 2002).

3.3 Robótica Sustentável

Uma das preocupações de alguns governos, instituições de ensino e parte da sociedade é conscientizar a população em relação à preservação do meio ambiente e à produção de lixo. Com o desenvolvimento da tecnologia, cresce o debate sobre o descarte desses artefatos; tanto os que não funcionam, como aqueles que funcionam. Entretanto, não têm mais utilidade ao usuário, como exemplo os lixos eletrônicos. Esse tipo de material descartado tem particularidades em relação a outros lixos ao ponto de ele ter uma categoria específica para ela intitulada: E-lixo (SILVA, 2010; CELINSKI *et al.*, 2012). Silva (2010, p. 1) destaca que:

Para a fabricação de um microcomputador a indústria emprega o uso de diversos elementos como alumínio, chumbo, germânio gálio, ferro, níquel e plásticos (polímeros de diversas origens). Os computadores descartados de forma inadequada perdem esses materiais que poderiam ser reciclados ou reutilizados, amenizando, com isso, impacto ambiental.
...Os eletrônicos descartados de forma incorreta representam o tipo de resíduo sólido de maior crescimento no mundo...

Lima *et al* (2010) destacam que quando materiais eletrônicos são descartados – como tablete, smartphone, pilha, teclado, televisão, computador e/ou qualquer outro tipo de aparelho eletrônico – é sempre bom ter o cuidado com o seu descarte devido a quantidade de metais pesados em suas peças. Buscar alternativas para diminuir o lixo desse tipo de material parece ser importante para preservar a natureza. Os autores reforçam que, infelizmente, no Brasil, o debate sobre esse problema não tem sido muito profundo.

O quadro 01 mostra alguns elementos químicos que fazem parte de alguns materiais eletrônicos e os danos que eles podem causar aos seres humanos.

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 nervosos e sanguíneo
Mercúrio	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 chama (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 eWastGuide apud Bogarim, Larrea e Ghinozzi (2015)

Práticas pedagógicas como a Robótica Sustentável podem contribuir na diminuição de impactos ambientais no quais materiais que iriam para o lixo passam a ser reutilizados, como os lixos eletrônicos; assim como ajudam com a diminuição do consumismo. Da mesma forma que como essa atividade é realizada com materiais de baixo custo, possibilita o estudante fazer esse tipo de trabalho em casa também, aumentando o acesso a essa tecnologia, podendo, qualquer escola, desenvolver atividades com esses recursos.

A Robótica Sustentável trabalha reutilizando materiais descartados como, por exemplo, peças que estão dentro do computador como motores, engrenagens, *coolers*, *leds*, interruptores, fios, dentre outros. Assim como pode reutilizar materiais, a exemplo de papelão, cano e garrafa pet, e usar materiais de baixo custo com o intuito de construir artefatos sustentáveis que possam ser acessíveis para que todas as escolas tenham a possibilidade de poder realizar práticas pedagógicas com esses protótipos. Ao optar por construir uma prática pedagógica na qual se defende a reutilização de materiais para a construção dos protótipos, a Robótica Sustentável

passa a defender uma ideia relacionada à Sustentabilidade Crítica, indo de encontro ao consumismo, assim como diminuindo a quantidade de lixo que seria produzido se, ao invés de reutilizar o material, o comprasse.

Esses artefatos da Robótica Sustentável, na maioria das vezes, são elétricos e/ou hidráulicos. Ao se reutilizar motores de drives de *CD*, *DVD*, *HD* e/ou de impressora que iam ser jogados fora, esse material pode ser reutilizado na construção de vários protótipos elétricos, como carrinho elétrico, lixadeira elétrica, serra elétrica, mão biônica elétrica, mini aspirador, dentre outros. Ao fazer um artefato desse, é possível ensinar e aprender na prática estudos relacionados à eletricidade devido a esses protótipos funcionarem com circuitos elétricos. No caso dos artefatos hidráulicos, normalmente eles são construídos por meio de seringas e mangueiras com água dentro delas. Exemplos de experimentos hidráulicos são a escavadeira, a mão biônica hidráulica, o robô hidráulico, o elevador hidráulico, entre outros. O trabalho com esses protótipos permite discutir o Princípio de Pascal devido a eles funcionarem a partir do conceito desse conteúdo.

Enquanto a Robótica Tradicional trabalha com a programação de uma interface de seu *kit* proprietário e a Robótica Livre a programação de *hardware* livre, utilizando um *software* livre também, a Robótica Sustentável constrói protótipos sem a necessidade de se trabalhar com a programação. Com isso, a Robótica Sustentável pode ser utilizada como uma prática inicial nas escolas para que os estudantes possam compreender algumas ideias básicas da área, assim como aprender conhecimentos científicos, para depois começar a trabalhar com a Robótica Livre desenvolvendo projetos com *hardware* livre e seus componentes, conseqüentemente, trabalhando a programação, mas já com uma compreensão maior da parte estrutural e a Ciência que explica seu funcionamento.

Muitos *kits* proprietários da Robótica Tradicional têm modelos de protótipos a serem construídos pelos estudantes seguindo um manual de instrução com o passo a passo sem esse artefato utilizar uma interface que trabalhe com alguma programação. No caso da Robótica Sustentável, não há um manual a ser seguido. O estudante tem a liberdade de construir e desenhar protótipos com diferentes materiais, tamanhos e encaixes. Isso proporciona um desenvolvimento dos estudantes no que diz respeito à criatividade para criar projetos. Trabalhando, em muitos casos, como um marceneiro e um eletricista ao ponto de utilizar ferramentas, como serrinha, chave de fenda, martelo, pistola de cola quente, furadeira, multímetro, ferro de solda, chave

de boca, alicate universal, alicate de corte, estilete, tesoura, alicate de bico, fita métrica, serrote, dentre outros.

Ao se trabalhar com a Robótica Sustentável, acreditamos que há nessa prática algumas diferenças relacionadas à Tradicional e à Livre, como:

- Insere a temática ambiental numa perspectiva mais crítica a partir das práticas pedagógicas desenvolvidas com essa Robótica;
- Proporciona uma atividade mais acessível podendo chegar a todas as escolas por trabalhar com a reutilização de materiais e com o uso de outros de baixo custo;
- Propicia uma atividade mais simples por não trabalhar com a programação;
- Possibilita discutir mais os assuntos da Física pelo fato dos conhecimentos científicos que explicam o funcionamento dos protótipos serem dessa área;
- Permite desenvolver melhor uma atividade pedagógica na qual os estudantes podem aprender conhecimentos práticos realizados por marceneiros e eletricitistas, o que pode facilitar um trabalho posterior com a Robótica Livre.

Na próxima seção, mostraremos alguns projetos de Robótica voltados à Educação que existem no Brasil e no mundo.

3.4 Projetos de Robótica na Educação

No Brasil e no mundo há alguns pesquisadores e grupos que vêm executando projetos com a Robótica na Educação. Algumas dessas atividades e desses estudos serão mostrados adiante.

3.4.1 Robótica Livre

O professor Dr. Danilo Rodrigues César criou o projeto Robótica Livre que tem no site “roboticalivre.org” informações sobre esse trabalho que vem sendo executado com outros professores. Logo que se entra no site, tem uma definição de Robótica Livre, tirada da tese de doutorado de César (2013).

Um pouco depois, a Robótica Livre é definida como uma metodologia educacional que utiliza descartados e artefatos eletrônicos no ensino de Robótica; tendo como principal característica o uso de materiais não patenteados em seus

projetos e que podem ser usados por qualquer pessoa e em qualquer ambiente. Eles também afirmam que um projeto de Robótica Livre só é considerado livre se ele trabalhar com *software* e *hardware* livre. Esse tipo de prática pedagógica propõe o uso do Linux e seus aplicativos (ROBÓTICA LIVRE, 2018).

No site também há um breve histórico do início do projeto Robótica Livre no qual diz que ele foi criado no ano de 2001 pelo professor Dr. Danilo Rodrigues César, quando este era aluno especial das aulas de Educação Tecnológica no CEFET-MG. No ano de 2002, no seminário dessa disciplina, o professor César apresentou um *kit* de Robótica que utilizava a linguagem LOGO utilizando o ambiente GNU/Linux. Esse material tinha como função reproduzir, a partir de *leds*, os comandos que estavam na linguagem LOGO. Esse *kit* de Robótica, que era voltado para a Educação, teve algumas melhorias nesse mesmo ano e passou a ter mais recursos técnicos e utilizava lixo tecnológico/eletrônico como peças para a montagem dos experimentos. O *hardware* livre passou a ficar à disposição como "Interface de *Hardware* Livre (IHL)" (ROBÓTICA LIVRE, 2018).

3.4.2 Robô Livre

Outro projeto existente no Brasil é o da Robô Livre, que tem informações sobre o seu trabalho no site roboivre.org (ROBÔ LIVRE, 2018a) o qual, em sua primeira página, diz o seguinte: "Robótica pode ser feita por qualquer pessoa, independente de formação, nível social ou financeiro". Eles criaram a plataforma "roboiv.re", disponível desde 2005, que tem a intenção de ser desenvolvida de forma colaborativa, mostrando a possibilidade de qualquer pessoa poder trabalhar com a Robótica. Nesse local, são compartilhados vários projetos que são abertos e liberados para que qualquer pessoa possa desenvolvê-lo. Em parceria com o programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica (EDUMATEC) da Universidade Federal de Pernambuco e a Universidade da República do Uruguai (UdelaR), a metodologia de trabalho do grupo tem três princípios que são:

1. "É fácil fazer". A convicção de que a Robótica pode e deve ser trabalhada por qualquer pessoa, independentemente de sua formação, idade, condição sociocultural e conhecimento prévio.
2. Desenvolvimento colaborativo. Todos os artefatos e conteúdos produzidos e disponibilizados são baseados nas licenças GNU (GPL e FDL).
3. Abordagem de ensino desenvolvida de forma horizontal. Trocando a hierarquização na relação facilitador-aluno por uma forma democrática e participativa por meio da prática (ROBÔ LIVRE, 2018b).

Eles defendem que a Robótica não deve ser tratada como uma ciência complexa e, sim, deve ser trabalhada de forma a transformá-la em algo simples de ser feito. Destacam também que de forma natural, os conhecimentos de algumas ciências são construídos durante a participação de um projeto de Robótica. Além de que os estudantes acabam aprendendo a serrar, a colar, construir circuitos elétricos, programar placas, a lidar em grupo e a definir os materiais que serão utilizados nos protótipos. Em relação ao segundo ponto, o grupo defende a importância de compartilhar conhecimentos. Sobre o terceiro princípio, eles afirmam que não se deve impor uma hierarquização entre o facilitador e o estudante, cada pessoa que participa de uma prática de Robótica tem sua responsabilidade por trazer soluções e problemas à equipe. Deve haver uma forma democrática e participativa na condução do aprendizado (ROBÔ LIVRE, 2018b).

Eles têm desenvolvido um trabalho em algumas instituições com o intuito de criar grupos de pesquisa em Robótica autossuficientes chegando as atividades na Escola Estadual Poeta Manuel Bandeira, no Colégio de Aplicação da UFPE, no Colégio Apoio, no SENAI e no Espaço Ciência, ambos do estado de Pernambuco. O trabalho da Robô Livre não tem se restringindo a uma prática de encaixar peças e seguir um manual pré-definido, como na Robótica Tradicional, mas no incentivo à construção de experimentos tecnológicos com programação de microcontroladores, desenvolvimento de projetos e montagem de circuitos eletrônicos e usinagem de peças, com o intuito de estimular o interesse dos participantes (ROBÔ LIVRE, 2018b).

3.4.3 Robótica Sucata

O projeto Robótica Sucata foi criado pela professora Débora Denise Dias Garofalo que realizou nos últimos anos vários trabalhos com essa tecnologia. Ele nasceu a partir de uma vontade de mudar a rotina e a vida de estudantes de uma escola municipal de ensino fundamental de São Paulo. Depois que ela apresentou

pela primeira vez seu trabalho em 2017 na Bienal do Ibirapuera, seu projeto passou a ganhar destaque e passou a ser realizado em outros locais da cidade (VISCANTI, 2018).

O projeto Robótica Sucata tem a intenção de realizar trabalhos com crianças e jovens de São Paulo, principalmente das periferias, a partir do desenvolvimento de artefatos construídos com lixos que são retirados das ruas da Cidade com o objetivo de mediar a construção de conhecimentos de eletrônica, robótica e de conteúdos de disciplinas curriculares. Exemplos de protótipos que o projeto propõe construir nas práticas são os carrinhos motorizados, robôs pessoais contendo placas programáveis, como, por exemplo, Arduino e *Microbir*, barco de isopor, aranha elétrica, máquina de refrigerante, aspirador de pó, dentre outros (GAROFALO, 2019).

3.4.4 Outros Projetos de Robótica na Educação

O quadro 02 mostra alguns projetos de Robótica na Educação que estão acontecendo ou aconteceram no Brasil e em outros lugares no mundo.

Quadro 02 - Projetos de Robótica

Nome	Endereço	Informações
Jabuti Edu	https://jabutiedu.org	O projeto Jabuti Edu consiste em desenvolver uma plataforma que seja simples, barata e útil voltada ao ensino de Robótica para crianças e jovens. Eles utilizam tecnologias livres, conforme a ideia da Robótica Livre. O projeto é desenvolvido de forma colaborativa contando com uma comunidade que é seguida por vários pesquisadores de distintos estados de quatro regiões do Brasil e um da Argentina.
Robotizando	http://www.robotizando.com.br	O projeto Robotizando tem feito um trabalho com a Robótica realizando atividades, como ministrar cursos, oficinas, palestras e organizar eventos dessa área e de tecnologia. Eles também têm fabricado e comercializado <i>kits</i> de Robótica Livre tendo como público entusiastas e escolas; oferecendo a essas instituições materiais didáticos e treinamentos. Eles oferecem cursos de eletrônica para iniciantes e de Arduino. A Robotizando mantém uma equipe que desenvolve pesquisa; planejando e executando também projetos nas áreas de eletrônica analógica e digital, Robótica e desenvolvimento de <i>software</i> .

Robótica Educacional	http://tecnicolinux.blogspot.com.br/2013/08/ampliacao-do-projeto-robotica.html	O projeto Robótica Educacional destaca que a Robótica Livre é uma forma de trabalhar nessa área a partir de soluções livres substituindo os <i>kits</i> comerciais. Eles propõem o trabalho com a programação a partir de <i>hardware</i> e <i>software</i> livre. Eles usam motores, componentes eletrônicos de baixo custo (incluindo o Arduino) e outros materiais de sucata para construir seus <i>kits</i> de Robótica de acordo com a realidade das escolas que aplicam as atividades.
LaRPP Sustentável	BOGARIM; LARREA; GHINOZZI, 2015.	A proposta do LaRPP Sustentável é conscientizar as escolas e a comunidade a descartarem os lixos eletrônicos em locais apropriados para serem recolhidos e separados com o intuito de serem reutilizados em projetos de Robótica e aqueles que não servirem serem jogados fora nos locais certos para esse tipo de lixo. No caso dos componentes que são descartados de computadores e <i>notebooks</i> , eles são reutilizados para ajudar na manutenção de computadores de escolas públicas do município. Há na universidade uma caçamba para que o lixo eletrônico seja jogado nesse local. No caso das escolas que o grupo apresenta o projeto, eles deixam um recipiente para o descarte de materiais eletrônicos.
Um Robô por Aluno (URA)	http://www.natalnet.br/ura/	Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no laboratório NatalNet, pesquisadores criaram o projeto Um Robô por Aluno (URA) que tem como objetivo trabalhar com a Robótica na Educação para difundir em todos os níveis de ensino o interesse pela tecnologia. O grupo construiu alguns robôs de baixo custo mostrando que é possível popularizar o trabalho com a Robótica de forma que as escolas que não têm condições de ter <i>kits</i> comerciais proprietários, podem construir protótipos com materiais de baixo custo.
Arts & Bots	http://www.artsandbots.com/	A CREATE Lab, Laboratório de Robótica Comunitária, Educação e Capacitação Tecnológica da Universidade Carnegie Mellon, que fica localizada em Pittsburgh (Pensilvânia, Estados Unidos), tem um projeto chamado <i>Arts & Bots</i> que tem um programa de Robótica com <i>kit</i> , materiais de artesanato, ambiente de programação e formação de professores para trabalhar a Robótica em cursos não técnicos. O Projeto tem o interesse de atrair estudantes com variados talentos com o interesse de aprender. O <i>Art & Bots</i> trabalha com arte, criatividade, pensamento computacionais, engenharia, trabalho em grupo e soluções de problemas de forma que os estudantes fiquem mais fluentes com as tecnologias.

TERECOP (<i>Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods</i>)	http://www.terecop.eu/index1.htm	Na Europa foi desenvolvido o projeto <i>TERECOP (Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods)</i> , com tempo determinado de duração de 2006 a 2009, com a participação de oito instituições de seis países (<i>School of Pedagogical and Technological Education - Grécia, Institut Universitaire de Formation des Maîtres d'Aix-Marseille - França, Department of Information Engineering – University of Padova - Itália, University of Pitești - Romênia, IT+Robotics srl - Itália, Museo Civico di Rovereto - Itália, Charles University Prague, Faculty of Education - República Checa, Public University of Navarre - Espanha</i>) baseado nas teorias do Construtivismo e do Construcionismo tendo como um de seus objetivos trabalhar com a formação de professores no intuito de eles introduzirem e efetivarem de forma adequada o uso da Robótica na Educação. O projeto desenvolveu estratégias colaborativas com a finalidade de aplicá-las na educação básica de forma a servir como exemplo de prática pedagógica Construtivista a ser utilizada em sala de aula para trabalhar temas relacionados às ciências e a tecnologia.
---	---	--

Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 02, verificam-se alguns projetos de Robótica que têm uma preocupação em divulgar essa tecnologia e contribuir com o seu uso na Educação. Alguns deles oferecem cursos, palestras, oficinas, vídeos, organizam eventos, assim como disponibilizam em seus sites informações de como construir alguns protótipos, como faz o Jabuti Edu e o URA com os artefatos Jabuti Edu e *Eco-Bot*, respectivamente. A LaRPP Sustentável faz um trabalho interessante de conscientização nas escolas e comunidades para descartarem os lixos eletrônicos nos locais apropriados. Eles aproveitam esse e-lixo para desenvolverem protótipos de Robótica.

O *Arts & Bots* desenvolveu o *kit* de Robótica *Hummingbird*. As pesquisas que levaram a esse produto utilizaram a ideia do “*design* participativo” de forma que estudantes e professores se envolveram em todas as etapas do processo de *design*. O *kit* permite que os estudantes possam criar, construir e programar robôs a partir de materiais eletrônicos e de artesanato (HUMMINGBIRD, 2018).

Observamos no Brasil e no Mundo trabalhos com a Robótica Tradicional, Livre e Sustentável, desenvolvendo ótimos projetos que estão disseminando o uso dessa

tecnologia, assim como possibilitando a aprendizagem de conhecimentos científicos a partir da sua utilização. Entretanto, apesar de verificarmos práticas com a Robótica Sustentável, não observamos um estudo que defina melhor essa área dentro da Robótica na Educação e que faça uma comparação, principalmente, com a Tradicional. Mais à frente, falaremos sobre a prática que foi realizada que possibilitou essa comparação.

No próximo capítulo, iremos discutir sobre a fundamentação teórico-metodológica da prática pedagógica. A escolha da Aprendizagem Colaborativa se deu por acreditarmos que ela reflete o tipo de aprendizagem que consideramos importante, diante de um trabalho em equipe, por poder proporcionar aos estudantes uma atividade na qual eles possam contribuir um com o outro durante todo o processo. Como destaca Barbosa e Silva e Blikstein (2020), quando se trabalha em equipe de forma colaborativa, os estudantes podem aprender uma importante competência do século XXI que é concordar e divergir em grupo, respeitando as diferenças.

4 APRENDIZAGEM COLABORATIVA

No momento que um grupo de estudantes está trabalhando em equipe e eles contribuem um com o outro, como companheiros entre si e com o seu professor, em uma atividade, esse processo de ensino e aprendizagem pode ser chamado de colaborativo. Esse tipo de prática pedagógica possibilita que os estudantes exponham suas ideias e pensamentos; podendo chegar a novas opiniões.

Silva e Soares (2011, p. 2) destacam que o trabalho com a Aprendizagem Colaborativa:

...exige o engajamento de todos no processo de construção do conhecimento, pois é assim que os sujeitos se desenvolvem fundamentados em uma base autônoma e crítica. Ele é constantemente incitado a colocar seu conhecimento a prova, pois necessita compartilhar seus posicionamentos e concepções para que possa ser avaliado e se avaliar no processo de construção do conhecimento.

Torres e Irala (2014) afirmam que metodologias que se baseiam na Aprendizagem Colaborativa normalmente promovem uma aprendizagem mais ativa por incentivarem o pensamento crítico, a interação entre os estudantes, a negociação de informações e a resolução de problemas. Além disso, os alunos precisam assumir na atividade uma responsabilidade de ensinar e aprender. Habilidades metacognitivas também são desenvolvidas por eles no momento que trazem seus esquemas sobre a atividade, compartilhando e negociando com o objetivo de encontrar uma solução a partir de um entendimento socializado. Os autores reforçam que a construção do conhecimento acontece socialmente, a partir da interação entre os estudantes, e não a partir de uma transferência de conteúdo do professor ao aluno. Dessa forma, os discentes não são vistos como seres passivos dentro do processo de ensino e aprendizagem. A Aprendizagem Colaborativa reconhece que os estudantes chegam às atividades com seus conhecimentos prévios, suas experiências, e o que eles entendem do mundo. Todavia, no contexto escolar, é importante lembrar que quando são formados grupos de alunos, os objetivos deles devem ser socializados. O professor tem a responsabilidade de organizar as equipes de forma ordenada, desenvolvendo situações de aprendizagem nas quais os estudantes tenham a possibilidade de trocas significativas entre eles, e o ambiente deve ser adequado de

forma que propicie o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas criativamente durante a interação de forma solidária e sem hierarquia.

Logo, a Aprendizagem Colaborativa considera o estudante como o centro do processo. O professor tem a função de ser um orientador dos discentes com a missão de criar situações que possibilitem aos alunos desenvolverem suas habilidades a partir da interação social sendo esta o início do desenvolvimento cognitivo.

Em alguns casos, a Aprendizagem Cooperativa é confundida com a Colaborativa. Na primeira, a tarefa é dividida de forma que cada estudante fica responsável por uma parte do problema. Na Colaborativa não há essa separação na tarefa, os alunos se juntam para resolver o problema sem hierarquia entre eles. Assim, são os estudantes quem planejam a estrutura de interação, assim como controlam as distintas variáveis que devem ser decididas; influenciando na aprendizagem deles. Na cooperativa é o professor que faz o planejamento e que mantêm o controle quase que total das estruturas de interação entre os estudantes e dos resultados (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Com o intuito de conhecer mais a Aprendizagem Colaborativa e suas influências, na próxima seção mostraremos as raízes epistemológicas dessa teoria.

4.1 Raízes Epistemológicas da Aprendizagem Colaborativa

O psicólogo russo Lev Vygotsky tinha uma teoria na qual um dos seus objetivos era explicar o desenvolvimento e a aprendizagem dos seres humanos. Seus conceitos davam base a práticas pedagógicas que muitos professores realizavam e compreendia em processos educativos, como: materialismo-histórico-dialético, processo de mediação, zona de desenvolvimento proximal, funções psicológicas superiores, interação, linguagem, signos etc. As ideias de Karl Marx são as que mais influenciaram a teoria de Vygotsky (FASSBENDER, 2009).

Santa e Baroni (2014) destacam que Vygotsky defendia a necessidade de se criar uma teoria que fosse capaz de realizar uma mediação entre o materialismo dialético com os estudos relacionados aos fenômenos psíquicos concretos. Assim, o método dialético, sendo utilizado como base, buscou identificar algumas mudanças qualitativas no comportamento conectado ao processo de desenvolvimento biológico, assim como sua relação com o contexto social.

Santa e Baroni (2014) destacam que Karl Marx defendia que o trabalho tinha sido determinante na transformação do homem como ser histórico, no caso, o ser humano construiu sua própria história. As percepções psicológicas da teoria histórico-cultural influenciadas nos princípios marxistas apresentavam ideias com o objetivo de superar contradições relacionadas ao sistema capitalista, principalmente as alienações em todas as suas formas. O desenvolvimento do indivíduo acontece a partir da sua interação entre si e com o meio no qual atua. Desse modo, acaba sendo determinante o ambiente econômico e sociocultural.

Um detalhe importante das ideias de Marx e Engels, que mostra que o trabalho é uma atividade específica do ser humano, é que os animais agem com o objetivo de satisfazer suas necessidades biológicas. Enquanto o homem, além dessas necessidades, quer satisfazer as necessidades culturais e sociais (CABRAL, 2008).

Fassbender (2009) destaca que, influenciado por Marx, Vygotsky defendia que as funções psicológicas humanas eram que constituíam o que de fato diferenciava o ser humano dos animais. Para Marx era o trabalho que permitia compreender a constituição social do sujeito, da mesma maneira que suas relações sociais, historicidades e cultural. O homem e suas ações transformadoras eram que modificavam com frequência elementos culturais. Desse modo, o indivíduo passava a ser enxergado como um ser de contexto cultural, dialético e histórico. Baseado nas ideias de Vygotsky e Marx, Santa e Baroni (2014) destacam que o homem, mesmo sendo influenciado por questões de ordem biológica, é enxergado como um ser socialmente pronto que se desenvolve de forma consciente devido a suas ações sobre a realidade.

Vygotsky defendia que a interação era fundamental para o desenvolvimento cultural do sujeito. O desenvolvimento sócio cultural era a evolução do indivíduo histórico, que estava inserida na história social humana e que, para ele se desenvolver, ele devia se apropriar dos produtos culturais, tanto o material quanto o intelectual (FASSBENDER, 2009).

Vygotsky, ao tornar mais ampla a ideia de mediação, no campo da interação sujeito/ambiente a partir de instrumentos, para o universo do uso de signos, inovou sua definição com uma abrangência diferente. No que diz respeito à linguagem e às práticas mediadas pelo uso de instrumentos, ele dizia que, quando a fala e a prática se convergiam, mesmo quando eram vistas como linhas independentes de desenvolvimento, era o momento crucial para o desenvolvimento intelectual no que

se refere à origem das ideias genuinamente humanas de inteligência prática e abstrata. Essa conclusão parece com a ideia de Engels sobre a gênese da linguagem, a qual dizia que a convergência das potencialidades suscitadas pelo desenvolvimento linguístico e a prática transformadora do trabalho foram decisivas para a construção do homem como ele era, realçando a importância dos aspectos da sociabilidade (SANTA; BARONI, 2014).

A teoria sociocultural de Vygotsky era direcionada à interação social, assim como no desenvolvimento cognitivo do sujeito. Ele defendia que o conhecimento era construído a partir da interação do sujeito com o meio e com outros sujeitos. A interação era vista como o ponto principal dessa aprendizagem. A Aprendizagem Colaborativa defende esse mesmo ponto de vista. Ela é uma fundamentação teórico-metodológica que possibilita os estudantes aprenderem com eles mesmos.

As ideias de Vygotsky levavam ao pensamento que havia uma necessidade da interação entre duas pessoas ou mais colaborando entre si em uma atividade interpessoal de forma a proporcionar uma reelaboração intrapessoal (TORRES; IRALA, 2014). A teoria dele dizia que havia no estudante a Zona de Desenvolvimento Real, que consistia em competências e conhecimentos que já foram construídos, incluindo problemas que o aluno já sabia resolver sozinho. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) era onde se encontravam as aptidões e os conhecimentos que não foram amadurecidos e havia a necessidade de uma orientação de um adulto ou um colega mais experiente. Essa ideia de Vygotsky reforça a concepção de que a interação do aprendiz com os seus colegas pode propiciar ao sujeito empregar técnicas e conceitos aprendidos no momento de uma prática colaborativa, quando estão tentando resolver um problema com seus companheiros (TORRES; IRALA, 2014).

A influência das ideias de Vygotsky, conseqüentemente tendo as de Marx e Engels também, na Aprendizagem Colaborativa demonstra que esta teoria tem uma intenção que pode ir além da sala de aula. Respeitar a opinião dos outros, trabalhar em grupo, saber discutir e usar argumentos, ser crítico, ter humildade para aprender com seus pares, tudo isso vai além da sala de aula. O discente aprende a viver mais em sociedade sem ser um sujeito individualista.

Essas considerações reforçam como a Aprendizagem Colaborativa possibilita benefícios importantes para uma prática com a Robótica de forma a contribuir com o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos científicos que são discutidos durante o

processo de desenvolvimento de um protótipo dessa tecnologia. Além de outras questões como o respeito, a criticidade e a convivência harmoniosa em sociedade.

4.2 Benefícios e Princípios Básicos da Aprendizagem Colaborativa

Trabalhar com a Aprendizagem Colaborativa pode ter alguns benefícios importantes para a Educação, como: 1. Um grupo de estudantes normalmente compreende melhor um problema proposto do que um aluno só; 2. Eles compartilham a responsabilidade; 3. Eles identificam de forma mais fácil os erros; 4. Uma equipe possui mais conhecimento do que se fosse uma pessoa só. Logo, eles terão mais opções para resolver o problema; 5. Há uma sinergia. A qualidade do trabalho em grupo geralmente é melhor do que se fosse feito de forma individual. Os membros são comprometidos com as decisões tomadas; 6. Acesso a mais informações úteis de forma filtrada devido à contribuição dos membros do grupo; 7. Aprendizagem mais rápida em grupo do que de forma individual devido à possibilidade de interagir com membros mais experientes (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Baseado em Johnson e Johnson (1994) e Johnson, Johnson e Holubec (1999), Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) mostram elementos que eles consideram fundamentais para qualquer atividade colaborativa que são:

- **Interdependência Positiva:** no momento da atividade quando algo positivo ou negativo afetar um dos integrantes, todos serão afetados. Os integrantes precisam perceber que, para chegar aos objetivos, é necessário que cada um alcance o seu próprio também. O apoio deve ser mútuo e de forma a sempre celebrarem juntos os êxitos.
- **Valorização Pessoal; Responsabilidade Pessoal:** É importante fazer a avaliação do desenvolvimento pessoal para conhecer o desempenho de cada membro de forma a perceber o valor do trabalho em grupo.
- **Habilidades Interpessoais e de Equipe:** Se deve ensinar aos participantes dos grupos as habilidades sociais, assim como incentivá-los a colocá-las em prática, visto que são necessárias para uma boa atividade colaborativa. Os membros devem ter: confiança, apoio entre os participantes, uma comunicação boa e habilidade para resolver os conflitos.

- **Avaliação do grupo:** É importante fazer uma análise do trabalho realizado pelo grupo com o intuito de identificar as distintas ações e tomar decisões que contribuam com a melhora do processo de trabalho que está acontecendo.

Baseado em Johnson e Johnson (2001) e SaponShevin *et al.* (2001), Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) destacam alguns princípios considerados básicos para um grupo fazer um bom trabalho colaborativo como:

- É importante que cada membro, de alguma forma, consiga contribuir, com sua particularidade, com o grupo para chegar a suas metas. Não se deve ganhar mérito se os outros membros os levarem “nas costas”.
- Com objetivos e metas comuns a serem alcançados por todos os membros, é importante que todos os integrantes sempre apoiem e prestem assistência nas tarefas e trabalhos.
- A responsabilidade de cada integrante deve ser igual a dos outros do grupo.
- As habilidades interpessoais são importantes, como: confiança entre os membros, diálogo claro entre eles, apoio entre todos, assim como resolver de forma construtiva os conflitos durante a realização do trabalho.
- Refletir sempre sobre a atividade realizada pelo grupo, contribuindo para chegar a decisões relacionadas à forma como está acontecendo o trabalho.
- Deve haver o respeito em relação aos pontos de vista distintos dos participantes, considerando suas diferentes habilidades e personalidades.

É importante se ater a alguns detalhes no trabalho colaborativo, como: 1. organizar grupos com pessoas heterogêneas; 2. formar grupos com no máximo quatro estudantes; 3. deixar os grupos distantes uns dos outros; 4. deixar os participantes da mesma equipe juntos um do outro; 5. o espaço da atividade deve ser flexível ao ponto de os participantes poderem se mover por ele trocando de lugar livremente (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Os estudos de Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) serão explorados adiante, mostrando como eles defendem o trabalho Colaborativo para se chegar a Aprendizagem Efetiva.

4.3 Colaboração Efetiva

Para se chegar a uma colaboração efetiva, deve-se ter, de alguma forma, uma interdependência entre os sujeitos participantes da atividade. Essa dependência está na necessidade dos estudantes compartilharem as informações contribuindo na compreensão de conceitos e ajudando a chegar a algumas conclusões. No caso, há a necessidade dos sujeitos dividirem seus conhecimentos. Para chegar à colaboração efetiva, é necessário que os estudantes e os professores cumpram com os seus papéis (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014). Adiante, se discutirá sobre esses papéis.

4.3.1 Papel dos Estudantes na Aprendizagem Colaborativa

Em relação ao papel dos estudantes comprometidos em um processo de aprendizagem colaborativa, Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) afirmam que eles devem ter as seguintes características:

- **Responsáveis pela aprendizagem:** os estudantes são responsáveis pela sua própria aprendizagem. Eles que definem os objetivos da aprendizagem, assim como os problemas que são significativos para eles. Eles têm que perceber quais são as atividades específicas que são importantes para chegar aos seus objetivos e devem sempre avaliar se estão chegando a esses objetivos.

- **Motivados pela Aprendizagem:** os estudantes que estão comprometidos têm paixão em aprender. Eles têm prazer em resolver problemas, assim como compreender as ideias e os conceitos. Para esses alunos, a aprendizagem os motiva a querer se envolver mais com a atividade.

- **Colaborativos:** os estudantes compreendem que a aprendizagem deve ser social. Por isso, eles escutam as ideias de seus colegas, assim como eles têm empatia com os outros membros do grupo e têm consciência de que suas mentes devem ser abertas para escutar e entrar em acordo com ideias contraditórias e opostas. Eles devem ter habilidades para perceber as potencialidades dos outros colegas e saber aproveitá-las da melhor forma possível com o intuito de resolver o problema.

- **Estratégicos:** os estudantes a todo momento devem estar desenvolvendo e refinando a aprendizagem e as estratégias tomadas para resolver o problema. Esta

habilidade de aprender a aprender (metacognição) inclui também construir modelos mentais de conhecimentos, mesmo que esses modelos estejam sendo construídos a partir de informações complexas e que estejam em mudança. Esses estudantes têm a capacidade de utilizar o conhecimento com o intuito de resolver os problemas de forma criativa, assim como são capazes de relacioná-los a distintos contextos.

4.3.2 Papel do Professor na Aprendizagem Colaborativa

No momento que se decide utilizar a Aprendizagem Colaborativa como fundamentação teórico-metodológica de um estudo que terá uma prática com estudantes, é importante saber como o professor contribuirá dentro dessa pesquisa. Collazos, Muñoz e Hernández (2014) descrevem os papéis, e suas respectivas características, que os docentes devem ter como: Facilitador, Instrutor e Desenhador Instrucional.

4.3.2.1 Professor como Desenhador Instrucional

Esse papel que o professor tem que ter precisa definir as condições iniciais da prática pedagógica que pretende realizar. Nesse planejamento, deve-se determinar os objetivos, assim como suas temáticas e os conhecimentos básicos que devem ser aprendidos durante o processo. Isso requer deixar claros os critérios, as tarefas a serem realizadas, explicar os assuntos que subjazem os conhecimentos das temáticas definidas, estabelecer quais serão os mecanismos de avaliação e sempre acompanhar a aprendizagem dos estudantes. É importante que o professor reflita sobre esse papel que ele deve ter devido a estar inserido dentro da filosofia de trabalho colaborativo e que dá ao docente a responsabilidade de planejar um ambiente que deve oportunizar aos estudantes poderem aprender (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Baseado nas ideias de Van Til & Van der Heidjen (1996), Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) listam as atividades que o Professor como Desenhador Instrucional deve ter, que são:

- Ações pré-instrucionais;
- Definir os objetivos;
- Tamanho do grupo;
- Composição do grupo;
- Distribuição da sala;
- Material do trabalho;
- Tópico das subáreas;
- Sessão de ideias a respeito do tópico. (O que você conhece? Quais informações são necessárias conhecer? Como e onde levá-la para resolver o problema? (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014, p. 14, tradução nossa).

Essa lista resume bem o papel que o professor como Desenhador Instrucional deve ter ao se trabalhar com a Aprendizagem Colaborativa.

4.3.2.2 Professor como Facilitador

Esse papel do professor requer uma habilidade na qual o docente vai contribuir no processo de ensino e aprendizagem, desenvolvendo nos estudantes habilidades para a resolução de problemas, a metacognição e o pensamento crítico. Além disso, o docente deve ajudá-los a se tornarem pessoas mais autônomas, ensiná-los a aprender a aprender. Uma tática para o professor é fazer questionamentos com o intuito de analisar o conhecimento dos alunos. Para isso, o docente deve fazer perguntas do tipo: Por quê? O que isso significa? Como sabe que isso está certo? Quando o docente perceber nos estudantes pensamentos superficiais, assim como noções vagas, ele poderá ajudar dando pistas e incentivá-los a usar boas estratégias. Entretanto, o Facilitador, quando interagir com os estudantes, deve evitar dar sua opinião ou informações que acabem levando o estudante à resposta. O professor não pode dizer como o estudante deve pensar. O facilitador deve ajudar, quando perceber que os alunos estão necessitando, sem que eles deixem de manter a responsabilidade em relação a sua própria aprendizagem (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

4.3.2.3 Professor como Instrutor

O Professor como Instrutor tem a tarefa de ensinar os estudantes a trabalhar em equipe de forma colaborativa com o intuito de resolver problemas. Para isso, o docente precisa discutir e trabalhar com os estudantes as habilidades da colaboração. Alguns estudantes acabam resistindo a esse tipo de trabalho devido a conflitos

interpessoais que muitas vezes têm a ver com a diferença entre os membros da equipe em relação às habilidades, à responsabilidade, à ética, e que podem interferir no trabalho do grupo. Por isso, é importante que o professor ensine aos alunos as habilidades de se trabalhar em equipe e de resolver problemas. No caso, é interessante preparar os discentes com alguns elementos instrucionais que contribuam para eles entenderem o significado de trabalho em equipe, assim como fortalecer a relação entre eles de forma que contribua com o desempenho do grupo (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) destacam que no trabalho colaborativo o docente deve exercer primeiro o papel de Desenhador Instrucional, construindo as configurações iniciais e as definições das tarefas que serão realizadas pelos estudantes. Dentro desse planejamento, deve-se pensar nas atividades pré-instrucionais. Em seguida, o professor desempenha os três papéis: Desenhador Instrucional, Instrutor e Facilitador. Eles serão exercidos durante o processo. O Desenhador Instrucional poderá, sempre que necessário, reconfigurar as condições planejadas relacionadas à aprendizagem com o intuito de que ela seja mais objetiva. O Instrutor pode avaliar as atividades se elas necessitam melhorar o como aprender pelos estudantes do grupo. O Facilitador poderá ficar elaborando esquemas que permitam o desenvolvimento cognitivo em maior escala. O docente conseguindo exercer bem esses papéis em um ambiente de aprendizagem, o trabalho colaborativo poderá levar os estudantes a chegar a uma Aprendizagem Efetiva.

A Aprendizagem Colaborativa serviu como fundamentação teórico-metodológica para a prática que foi realizada com os estudantes com a qual trabalhamos a Robótica Sustentável e a Tradicional. Os conhecimentos destacados nesse capítulo serviram para nos ajudar na organização de toda a atividade, assim como na postura do professor/pesquisador durante todo o processo da prática; exercendo os três papéis dessa teoria com o intuito de contribuir com a aprendizagem dos estudantes.

Como vamos trabalhar conteúdos de Física na nossa pesquisa, podendo os estudantes, de forma colaborativa, aprender esses conhecimentos científicos, abordaremos na próxima seção o principal assunto de Eletricidade relacionado aos protótipos e o Princípio de Pascal.

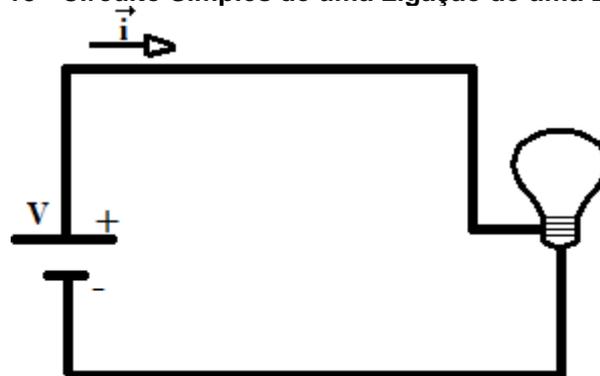
4.4 Conteúdos de Eletricidade e Princípio de Pascal

A prática pedagógica que foi realizada na pesquisa trabalhou com seis protótipos, em que o funcionamento de quatro deles envolveu conteúdos da Eletricidade e, dos outros dois, do Princípio de Pascal.

O principal assunto da Eletricidade envolvido nos dois primeiros protótipos dos dois grupos (ventilador e ciclista – Robótica Tradicional; alarme de placa de pressão e mão biônica elétrica – Robótica Sustentável) basicamente é circuito simples.

Para iniciar a discussão sobre circuito simples, vamos ilustrar um na figura 15:

Figura 15 - Circuito Simples de uma Ligação de uma Lâmpada



Fonte: Elaborada pelo autor.

O circuito da figura 15 tem uma corrente elétrica “ i ” e uma fonte ideal⁵ de tensão V que está alimentando a lâmpada. Sobre este circuito, Halliday, Resnick e Walker (2012b, p. 159) afirmam que:

Quando uma fonte é ligada a um circuito, a fonte transfere energia para os portadores de carga que passam por ela. Essa energia pode ser transferida dos portadores de carga para outros dispositivos do circuito, como, por exemplo, o filamento de uma lâmpada.

Três protótipos da prática pedagógica - o ventilador, o ciclista e a mão biônica elétrica - utilizam motor(es) que é (são) alimentado(s) por pilha ou bateria. No caso do alarme de placa de pressão, ele tem como fonte a bateria do notebook.

A explicação Física do funcionamento do robô hidráulico (terceiro protótipo da equipe da Robótica Sustentável) e pinball (terceiro protótipo da equipe da Robótica

⁵ Sobre fonte ideal de tensão: “...é aquela que não apresenta nenhuma resistência ao movimento das cargas de um terminal para o outro.” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012B, p. 158)

Tradicional) envolve a ideia do Princípio de Pascal. Sobre o mesmo, Halliday, Resnick e Walker (2012a, p. 66) enunciam da seguinte forma: “Uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente.”

Dessa forma, a pressão aplicada em um ponto desse fluido tem o mesmo valor em todos os seus pontos. Logo, nessa situação, como a pressão em dois pontos desse fluido são iguais, podemos dizer que $P_1=P_2$. Como pressão é Força sobre Área, chegamos a seguinte situação: $F_1/A_1=F_2/A_2$. Essa expressão explica, nos dois protótipos, o porquê de exigir menos força quando é utilizado uma seringa menor para aplicar uma pressão que vai deslocar uma outra seringa conectada à primeira com uma mangueira cheia de água. Como a seringa menor tem uma área de contato menor, ela exige menos força para aplicar a mesma pressão.

No próximo capítulo, detalharemos a parte metodológica da pesquisa.

5 METODOLOGIA

5.1 Natureza da Pesquisa

Com o intuito de contemplar o objetivo central deste estudo, levamos em consideração a pesquisa do tipo intervenção, que de acordo com Damiani *et al* (2013) é uma pesquisa que está relacionada ao planejamento, com criatividade, e a implementação de interferência (mudança, inovações pedagógicas), dialogando com a teoria, com o intuito de produzir avanços, melhorias, nos processos de construção de aprendizagem dos sujeitos participantes e completando o estudo com a avaliação dos efeitos dessa interferência. Os autores reforçam que nesse tipo de pesquisa deve-se identificar e separar o momento da sua intervenção e o da sua avaliação. O método da avaliação tem que ter o intuito de descrever quais serão os instrumentos de coleta e análise de dados que vão ser utilizados para capturar os resultados da intervenção. Os dados que demonstrarem mudanças nos sujeitos participantes, com o auxílio dos instrumentos, devem ser examinados a partir dos referenciais teóricos que embasaram a pesquisa.

Damiani (2012) afirma que pesquisas de intervenção em Educação têm como pressuposto que elas, quando estão relacionadas a processos de ensino e aprendizagem, têm potencial para propor novas práticas pedagógicas ou inovar as já existentes, produzindo conhecimentos teóricos. A autora resume e sistematiza a pesquisa do tipo intervenção da seguinte forma: 1. São pesquisas aplicadas; 2. Têm de mudar ou inovar, o que reforça a importância de analisar a prática; 3. Estudam dados criados e não os existentes; 4. Envolvem uma avaliação sobre os resultados das práticas.

Nas próximas seções, vamos falar sobre os sujeitos participantes, os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados e descrever como foram feitos o teste piloto e a intervenção em uma escola pública detalhando o momento da prática pedagógica. As análises dos dados serão vistas no próximo capítulo.

5.2 Sujeitos da Pesquisa

O teste piloto foi realizado com estudantes do terceiro ano do ensino médio/técnico em informática de uma escola localizada no município de João Pessoa-PB. A escolha desta série foi pelo fato de o assunto de Eletricidade fazer parte do seu conteúdo programático e de esses estudantes não terem estudado Hidrostática nos anos anteriores, além de serem conhecimentos que estão relacionados aos protótipos da Robótica Sustentável. Nove participantes (seis garotos e três garotas) com idades entre 16 e 18 anos foram selecionados de forma voluntária a partir de uma apresentação da proposta da atividade na qual explicamos que iríamos desenvolver uma prática com a Robótica a partir da reutilização de materiais, no contraturno o qual eles não estivessem ocupados com outras atividades escolares. A escolha dessa instituição foi pelo fato de o professor/pesquisador fazer parte do seu quadro de docentes, tornando mais viável a realização da prática pedagógica nessa instituição.

Depois da realização do estudo piloto, fizemos a prática pedagógica com estudantes do primeiro ano do ensino médio/técnico em informática da mesma instituição de educação básica dos alunos que participaram do teste piloto. Optamos por trabalhar com estudantes dessa série por eles não serem alunos do professor/pesquisador e por acreditarmos que a maioria deles não tinha conhecimentos práticos de Robótica. Seis estudantes (três garotas e três garotos) foram selecionados de forma voluntária a partir de uma apresentação da proposta da atividade. Eles e seus respectivos responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A) no qual se explicaram a ideia e o motivo da pesquisa, as etapas que iam ser realizadas na atividade, os riscos, o respeito ao anonimato e o direito de eles a poderem sair a qualquer momento, se desejassem, e a pedir informações sobre o estudo.

5.3 Instrumentos de Pesquisa

Os instrumentos de investigação da presente pesquisa foram os questionários (pré e pós-testes) e a videografia com os estudantes participantes da atividade realizada.

5.3.1 Questionários (Pré e Pós-Testes)

Gil (2008) destaca que ao utilizar o questionário como instrumento de pesquisa, ele pode ser visto como uma técnica de investigação que contem perguntas direcionadas a sujeitos da pesquisa com o intuito de conseguir dados. As informações das respostas contribuirão com as considerações da pesquisa.

Dill, Klein e Moresco (2013) destacam que um conjunto de questões aplicadas antes de iniciar uma prática pedagógica pode ser definida como pré-teste, tendo o intuito de analisar o grau de conhecimento dos participantes sobre determinado assunto que, ao final da atividade, será reavaliado a partir da aplicação das mesmas perguntas, ou podendo ser outras com o mesmo grau de complexidade, sendo essa avaliação denominada de pós-teste. Com esses dois questionários, é possível fazer comparações que permitam observar se a prática desenvolvida foi eficaz e se melhorou o conhecimento dos estudantes (MALIK; ALAM, 2019). Oakleaf (2008) reforça que o pré e o pós-testes possibilitam comparações que permitem verificar a evolução dos conhecimentos dos participantes.

Na prática realizada, aplicamos um pré-teste antes de iniciá-la e um pós-teste depois da atividade finalizar de forma que essas avaliações foram instrumentos de coleta de dados estruturados. Lakatos e Marconi (2003, p. 196) definem a avaliação estruturada quando “segue um roteiro previamente estabelecido; as perguntas feitas ao indivíduo são predeterminadas”. A partir da observação das respostas dos estudantes, comparamos as notas das duas avaliações. Além disso, no pré-teste colocamos duas questões a mais para obter informações dos estudantes sobre o que já tinham estudado de Física e se já tinham participado de alguma prática com a Robótica. Nosso intuito com essas duas questões foi verificar se os estudantes já tinham um conhecimento prévio sobre a tecnologia que eles iam trabalhar e os conteúdos principais abordados na atividade.

Os principais objetivos desses questionários (pré e pós-testes) foram: analisar se os estudantes melhoraram seus desempenhos depois da realização da atividade prática; e identificar, durante a prática, momentos em que os estudantes debateram conhecimentos que podiam solucionar as questões propostas no questionário.

5.3.2 Videografia

De acordo com Loizo (2008), o registro de vídeo é um instrumento necessário quando um conjunto de ações humanas é visto como complexo e difícil de ser compreendido por um único observador.

Garcez, Duarte e Eisenberg (2011), baseados em Honorato *et al* (2006), destacam que há ditos que não se consegue captar oralmente. Por não serem captados em um gravador, eles podem ser perdidos sem o seu registro na pesquisa. A junção do som com a imagem em movimento pode mostrar uma difícil produção de significados e sentidos que são manifestados nas palavras e gestos.

Diante desses fatos, as práticas pedagógicas realizadas foram filmadas e gravadas, e transcritos os áudios dos estudantes durante o processo para as análises das discussões deles no período do desenvolvimento dos artefatos e da movimentação, comparando a experiência com a Robótica Tradicional e a Sustentável. Os nomes dos estudantes não foram expostos nas transcrições, preservando o anonimato.

O objetivo da videografia foi analisar as diferenças de se trabalhar com Robótica Sustentável e Tradicional, as discussões deles sobre os conhecimentos de Eletricidade, Princípio de Pascal e Sustentabilidade, os momentos de colaboração e os benefícios da Robótica Sustentável e Tradicional que foram perceptíveis de observar. As partes das transcrições que mostraram evidências sobre esses pontos ressaltados foram expostas para a discussão.

5.4 Atividades Desenvolvidas na Pesquisa

Como tínhamos conhecimentos práticos sobre atividades com a Robótica Tradicional, visto que o professor/pesquisador já tinha realizado práticas com esse material em outras oportunidades, realizamos um estudo piloto com a Robótica Sustentável. Nosso objetivo era conhecer um pouco mais sobre o trabalho com os protótipos dessa área para a organização da prática pedagógica posterior - que foi videografada – na qual foi aplicado um questionário para a análise de seus dados.

Ao finalizar as atividades com a Robótica Sustentável no teste piloto, decidimos continuar a prática, com os mesmos estudantes, desenvolvendo projetos da Robótica

Livre para conhecermos melhor o uso desse material em práticas com essa tecnologia e porque esses alunos começaram a ter ideias de protótipos utilizando *Software* livre.

Depois do estudo piloto, realizamos a Prática Pedagógica com uma equipe trabalhando com a Robótica Sustentável e outra com a Robótica Tradicional.

5.4.1 Teste Piloto

O teste foi iniciado no mês de maio de 2017, com os nove estudantes que, voluntariamente, decidiram participar da prática pedagógica, e optamos por fazer o primeiro encontro em uma sexta à tarde devido à grade de aulas da turma deles não ter aula nesse horário. Ficaram definidos o dia e o turno para a realização das atividades desta pesquisa, durando em média, três horas por encontro. Os estudantes se dividiram em dois grupos, ficando um com quatro e outro com cinco participantes. O professor/pesquisador analisou as equipes e percebeu que havia uma heterogeneidade entre os estudantes em relação ao comportamento e ao desempenho na disciplina Física e, com isso, não viu necessidade de mudar os membros dos grupos. Os encontros foram realizados no laboratório de Física/Robótica da escola por ser o local mais apropriado para a atividade por ter bancadas, um espaço largo para os estudantes poderem trabalharem de forma confortável, e um computador para realização das pesquisas. Conseguimos instalar mais dois computadores da escola no laboratório, ficando com o total de três no local, para que cada equipe pudesse ter o seu para fazer seus estudos, e um de reserva para qualquer problema inesperado. O tempo dos encontros dependia de vários fatores, como o que se propunha no dia, os desafios que apareciam durante o desenvolvimento dos artefatos e, também, o cansaço dos estudantes devido à rotina da semana na escola, visto que eles tinham aulas todas as manhãs e em algumas tardes. Alguns encontros extras foram marcados em outros dias a pedido dos próprios estudantes e também por nós para adiantar o projeto. A atividade foi dividida em dois momentos: o primeiro para trabalhar a Robótica Sustentável e o segundo a Robótica Livre. No primeiro encontro, discutimos com os estudantes sobre a ideia da Robótica Sustentável, a Sustentabilidade, reforçando a importância da reutilização de materiais descartados, e os conhecimentos relacionados ao Princípio de Pascal e à Eletricidade. O Quadro 03 mostra um resumo do que aconteceu nos encontros do teste piloto que foram realizados.

Quadro 03 - Cronograma das Atividades Realizadas no Teste Piloto

Atividades		Encontro(s)
Robótica Sustentável	Discussão sobre a Robótica Sustentável, a Sustentabilidade e os conhecimentos relacionados ao Princípio de Pascal e à Eletricidade.	1º
	Pesquisa e escolha dos protótipos da Robótica Sustentável que iam ser desenvolvidos. Recolhimento dos materiais que iam ser reutilizados e divisão dos grupos.	2º
	Desenvolvimento do robô hidráulico.	3º, 4º e 5º
	Desenvolvimento do carrinho elétrico.	6º
	Desenvolvimento do gerador de energia eólica e início da mão biônica hidráulica.	7º
	Desenvolvimento da mão biônica hidráulica.	8º e 9º
	Desenvolvimento do alarme de placa de pressão e da lixadeira/serra elétrica de mão.	10º
Robótica Livre	As equipes discutiram o projeto que iam desenvolver e listaram os materiais que iam precisar para construir os protótipos selecionados.	11º
	Desenvolvimento dos protótipos e suas respectivas programações.	12º ao 20º

Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo encontro, os estudantes começaram a pesquisar na internet protótipos de Robótica Sustentável, escolhendo para construírem um carrinho elétrico, um robô hidráulico, um gerador de energia eólica, uma mão biônica hidráulica, um alarme de placa de pressão e uma lixadeira/serra elétrica de mão. Os quatro primeiros foram pesquisados durante o segundo encontro e os dois últimos em casa por um dos estudantes que apresentou, no terceiro encontro, a sugestão para os demais que aceitaram a proposta. Sabendo quais artefatos eles iam desenvolver, os estudantes começaram a procurar o máximo de componentes que estavam descartados na escola que iam ser utilizados na atividade. Eles abriram alguns computadores, que iam ser jogados fora, e tiraram algumas peças como o *cooler*, os motores do *DVD* e *CD*, as engrenagens, os fios, os interruptores, as *leds*, os metais cilíndricos etc.

Outras peças foram encontradas na escola também, assim como algumas eles trouxeram de casa. Para construírem os protótipos, disponibilizamos uma caixa de ferramentas com chaves de fenda, alicate universal, de bico e de corte, arco de serra, martelo, ferro de solda, pistola de cola quente, fita isolante, fita crepe, barbante, multímetro, tesoura, estilete, chaves de boca, fita métrica, entre outros, além de uma furadeira e uma serra tico-tico para eles poderem utilizar na construção dos artefatos. A partir daí, as duas equipes, cada uma em sua bancada, desenvolveram os protótipos seguindo a seguinte sequência: robô hidráulico (3 encontros), carrinho elétrico (1 encontro), gerador de energia eólica, mão biônica hidráulica (3 encontros), alarme de

placa de pressão e lixadeira/serra elétrica de mão (1 encontro). A figura 16 mostra esses artefatos prontos.

Figura 16 - Protótipos Desenvolvidos no Teste Piloto



Fonte: Elaborada pelo autor.

O quadro 04 mostra os materiais que foram utilizados na construção desses artefatos.

Quadro 04 - Materiais Utilizados nos Protótipos

Protótipo	Materiais Reutilizados	Material(is) de baixo custo
Gerador de Energia Eólico	<i>Cooler, fios, pedaço de madeira e led.</i>	Cantoneira.
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 de um 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 Elétrica de Mão	Motor, carregador, interruptor, lata de 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.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se no quadro 04 que a maior parte dos materiais que foram utilizados na construção dos artefatos foram reutilizados. Alguns materiais de baixo custo também foram usados. Todos eles foram fáceis de serem encontrados e comprados, não tendo dificuldade em adquirir essas peças. Como foram utilizadas seringas de

tamanhos diferentes, algumas delas não vendem em qualquer farmácia. Encontramos as de 10 e de 20 mL em lojas que vendem produtos médicos e hospitalares. Diante dos materiais que foram utilizados, percebe-se que os protótipos que foram montados nessa atividade pelos estudantes são acessíveis e seguem a ideia de Layrargues (2002) da Sustentabilidade Crítica e a da Robótica Sustentável por trabalhar com essa tecnologia, priorizando a reutilização das peças ao invés de comprar *kits* proprietários, assim como possibilitar uma discussão sobre a Sustentabilidade. É importante ressaltar que, devido à escola ter um curso médio/técnico de informática, havia no local impressora, *HD*, leitor de *DVD* e *CD*, *cooler* e outras peças de computadores descartados. Isso facilitou bastante conseguir algumas peças dos protótipos, assim como contribuiu para diminuir esse lixo eletrônico na escola.

Depois desse primeiro momento, no qual foi trabalhado a Robótica Sustentável, decidimos continuar a atividade trabalhando agora com a Robótica Livre com o intuito de analisar se o trabalho anterior ia contribuir com o de agora e testar um número menor de participantes por equipe. No primeiro encontro desse segundo momento, os alunos foram divididos em três equipes de três. Os grupos se reuniram para debater o projeto que eles iam querer fazer. Alguns alunos chegaram a pesquisar na internet alguns artefatos robóticos para servirem de exemplo e chamaram o professor algumas vezes para falar o que estavam pensando. Sugerimos a eles que tentassem fazer algo novo ou inovador e que estaria à disposição deles a placa Arduino e seus componentes. Optamos por essa placa devido ao seu custo baixo, ser fácil comprá-la, assim como seus demais componentes, ter várias funcionalidades e ser recomendada para esse tipo de trabalho, como mostrou o levantamento feito no capítulo 2. Depois de discutirem, uma equipe decidiu desenvolver um ambiente inteligente para pet, a outra um teclado musical e a terceira um robô humanoide hidráulico. Com a definição, os alunos começaram a listar os materiais que eles iam precisar para construir seus protótipos. No encontro seguinte, com alguns materiais em mãos (ainda foi necessário comprar alguns que faltavam para completar a lista de componentes), os estudantes começaram a construir seus artefatos e a pesquisar e desenvolver a programação. Como o laboratório passou a ter três computadores, cada equipe ficou com um e o notebook do professor/pesquisador ficou à disposição no caso de quererem um aparelho a mais para pesquisar. Nesse segundo momento, foram realizados 10 encontros.

Percebe-se no quadro 03 que os protótipos da Robótica Livre demandaram mais tempo do que os da Robótica Sustentável. O principal fator que observamos que determinou essa diferença de tempo foi do trabalho com a programação. Para o artefato do teclado, por exemplo, precisou-se de pouco tempo para a construção de sua estrutura. Entretanto, os estudantes tiveram vários problemas com o desenvolvimento da programação. Entre eles, o som chegou a não ser emitido, o *buzzer* fez um barulho frequente de interferência e os códigos apresentaram *bugs* no início. Para solucionar esses problemas, os estudantes tiveram que analisar e estudar formas de resolver.

Na próxima seção, apresentaremos algumas considerações relacionadas ao estudo piloto e como elas influenciaram na prática pedagógica realizada com a Robótica Sustentável e a Tradicional.

5.4.1.1 Algumas Considerações sobre o Estudo Piloto

O teste piloto serviu para observarmos na prática uma experiência com a Robótica na Educação, com o intuito de contribuir com a construção da pesquisa, principalmente a parte da prática pedagógica. Um detalhe importante que percebemos foi em relação ao número de estudantes por equipe. Quando as equipes trabalharam com quatro e cinco integrantes, verificamos que em alguns momentos um deles não estava participando muito da prática. Já com apenas três alunos, todos participaram de forma mais ativa durante todo o processo. Com isso, decidimos realizar nossa prática pedagógica com três em cada equipe.

Outro ponto importante desse estudo foi a verificação do tempo de construção dos protótipos. Observamos que alguns artefatos demandaram mais tempo do que estávamos esperando devido à não familiaridade dos estudantes com o uso das ferramentas e aos momentos que eles paravam para discutir a construção do protótipo.

Os estudantes, ao decidirem o artefato que iam desenvolver na Robótica Livre, todos os três grupos, foram influenciados pelos protótipos que eles desenvolveram na Robótica Sustentável. O teclado musical e o ambiente inteligente para pet utilizaram a ideia da placa de pressão nas teclas do instrumento e na base da casa de cachorro para ligar o ventilador interno. No caso do robô humanoide hidráulico, utilizaram as seringas e mangueiras que foram usadas também no robô hidráulico e a mão biônica

hidráulica. Essa constatação mostra que o trabalho com a Robótica Sustentável pode ajudar com o posterior trabalho com a Robótica Livre. Como a placa de pressão e o robô hidráulico chamaram mais atenção dos estudantes a ponto de influenciarem no projeto posterior da Robótica Livre, esses dois protótipos fizeram parte da prática pedagógica da pesquisa.

5.4.2. Prática Pedagógica

Para selecionar os estudantes, apresentamos a proposta para a turma de 1º ano de informática da escola e, no final dessa exposição, passamos uma folha para os estudantes interessados colocarem seus nomes. 15 alunos se prontificaram em participar. Como a atividade foi organizada para duas equipes com três estudantes cada, tivemos que fazer uma seleção. Conversamos com um professor da sala para nos ajudar nessa escolha. A partir de informações sobre cada um, selecionamos 6 alunos que, aparentemente, tinham perfis diferentes em relação ao comportamento e ao desempenho nas disciplinas. Com esses nomes em mão, combinamos com eles o primeiro encontro.

A sequência de atividades planejada para a prática pedagógica foi: 1. Ter uma conversa inicial para informar como ia ser a prática e aplicar o pré-teste; 2. A equipe 02 (Robótica Tradicional) desenvolver seu primeiro protótipo (ventilador); 3. A equipe 01 (Robótica Sustentável) desenvolver seu primeiro protótipo (alarme de placa de pressão); 4. A equipe 02 desenvolver seu segundo protótipo (ciclista); 5. A equipe 01 desenvolver seu segundo protótipo (mão biônica elétrica); 6. A equipe 02 desenvolver seu terceiro protótipo (pinball); 7. A equipe 01 desenvolver seu terceiro protótipo (robô hidráulico); 8. Aplicar o pós-teste. Optamos por começar com a equipe 02, porque o último protótipo da equipe 01 demandava de muito tempo para ser desenvolvido, como acabou acontecendo, conforme mostra o quadro 05, e, também, observado no estudo piloto.

O quadro 05 mostra o cronograma de toda a prática pedagógica que foi realizada com a informação do tempo de cada atividade.

Quadro 05 - Cronograma da Prática Pedagógica

Encontro	Atividade	Tempo
1º	Falamos como ia ser a prática e aplicamos o pré-teste.	1:30h
2º	A equipe 02 desenvolveu o ventilador.	1h10min
3º	A equipe 01 desenvolveu o alarme de placa de pressão.	50min
4º	A equipe 02 desenvolveu o ciclista.	1h20min
5º	A equipe 01 desenvolveu a mão biônica elétrica.	2h10min
6º	A equipe 02 desenvolveu o pinball.	2h40min
7º, 8º e 9º	A equipe 01 desenvolveu o robô hidráulico.	8h
10º	Aplicamos o pós-teste.	40min

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do estudo piloto a essa prática, a escola passou por uma reforma que fez com que os estudantes tivessem que mudar de local. Durante essa reforma em 2019, tiraram as telhas em cima do laboratório e demoraram a colocar as novas. Isso acarretou infiltrações no teto e nas paredes do local, deixando a sala sem condição de ser utilizada devido ao cheiro do mofo. Eles agora passaram a estudar no Centro de Formação de Educadores do Estado da Paraíba. Nesse local, optamos por trabalhar no laboratório de Robótica no qual havia três bancadas e um espaço amplo, que possibilitava um trabalho, visto que os estudantes podiam se movimentar e se organizar, colocando os materiais em vários locais. Entretanto, não tinha computador no laboratório, e o sinal da internet do local não era muito bom. A partir do 8º encontro, tivemos que realizar a prática no laboratório de Física do mesmo local diante do pedido de troca de sala da direção do Centro de Formação devido a eles precisarem reorganizar o laboratório de Robótica, por ter chegado novos materiais para essa sala. As bancadas do laboratório de Física eram coladas nas paredes com carteiras enfileiradas no meio desse ambiente. Apesar das mudanças de configuração do primeiro para o segundo laboratório, não observamos prejuízos no desenvolvimento do protótipo. Os estudantes, rapidamente, se adaptaram ao nosso local.

A prática pedagógica foi realizada de setembro a novembro de 2019. No primeiro encontro, nos reunimos no laboratório de Robótica e conversamos com eles sobre como ia acontecer a prática. Depois dessa explicação e de tirar as dúvidas que foram expostas, aplicamos nosso pré-teste com o objetivo de obter algumas informações a mais dos estudantes e verificar o conhecimento conceitual e prático de alguns assuntos de Eletricidade e do Princípio de Pascal dos estudantes. O quadro 06 apresenta as 07 questões realizadas no pré-teste.

Quadro 06 - Perguntas Realizadas no Pré-Teste

1. Quais assuntos de Física você já estudou?
2. Você já trabalhou com Robótica? Se sim, qual material utilizou? Como foi a atividade?
3. Desenhe abaixo um circuito elétrico com uma bateria de 20V ligada a um resistor de 40Ω.
4. Em nossas casas, temos alguns interruptores nas paredes que, ao apertá-los, as lâmpadas acendem ou apagam. Como o interruptor funciona nesse tipo de circuito para conseguir fazer com que a lâmpada fique acesa ou apagada?
5. Uma pessoa pegou um carregador de 15V e ligou a um cooler de 12V que acabou queimando nessa situação. Como você ligaria esse cooler sem que ele queimasse?
6. Em oficinas de carros, existem elevadores hidráulicos que conseguem levantar esses automóveis que são relativamente pesados. Você sabe explicar como isso é possível?
7. Uma determina pessoal quis fazer uma réplica de como funcionam alguns freios de carro utilizando madeira, êmbolo e um fluido. Veja como ficou o experimento:

Ao testar o experimento, a pessoa percebeu que, ao aplicar uma pressão P no pedal com uma força F , a alavanca empurrou o êmbolo A, e o fluido aplicou no êmbolo B uma pressão igual a P com uma força F . Como ela queria que a força aplicada no êmbolo B fosse maior, o experimento acabou não tendo total êxito.

Utilizando o conhecimento do princípio de Pascal, como você resolveria esse problema?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas duas primeiras questões do questionário do Quadro 06, analisamos algumas informações sobre o conhecimento dos alunos relacionados a alguns assuntos de Física e se já tinham participado de alguma atividade de Robótica. As questões terceira, quarta e quinta tiveram como objetivo observar o conhecimento dos estudantes sobre alguns assuntos de Eletricidade. As questões seis e sete tiveram o intuito de verificar o conhecimento dos participantes em relação ao Princípio de Pascal. Os comentários da terceira à sétima questão foram corrigidos para obter uma nota de cada aluno e serão mostradas no capítulo 6 em gráficos. As respostas consideradas certas tiveram o valor de 2 pontos, os comentários que não estavam certos, mas podiam ser considerados alguma parte, receberam 1 e os errados 0.

A identificação dos participantes tanto no pré e pós-testes e na transcrição dos áudios foram enumeradas com os números 01, 02, 03, 04, 05 e 06, para que o anonimato de cada um fosse respeitado.

Com algumas informações do pré-teste e as que o professor consultado nos passou dos estudantes, dividimos as duas equipes de forma que elas tivessem participantes com comportamentos heterogêneos e desempenhos diferentes nas disciplinas. Com a definição dos grupos, iniciamos o desenvolvimento dos protótipos. Os estudantes 01, 02 e 03 fizeram parte da equipe 01 que trabalhou com a Robótica Sustentável. Os estudantes 04, 05 e 06 fizeram parte da equipe 2 que trabalhou com a Robótica Tradicional.

Cada equipe foi chamada individualmente para desenvolver seus artefatos. Preferimos trabalhar dessa forma para observarmos mais atentamente o trabalho deles durante o processo. Uma câmera foi colocada no local para filmar e gravar o áudio deles.

Houve algumas adaptações nos protótipos da Robótica Tradicional, sugeridos pelo professor/pesquisador, para que as atividades pudessem proporcionar aprendizagens similares relacionadas aos conteúdos da Física. No caso do ventilador e do ciclista, em vez de utilizar a placa solar, foi disponibilizado pilha para ligar o motor. Do Pinball, foi tirada a placa interface, para não precisar trabalhar com a programação, ligando as mangueiras, que mexiam as paletas, às seringas.

Sugerimos três protótipos (alarme de placa de pressão, mão biônica elétrica e robô hidráulico) para a equipe da Robótica Sustentável. Como não existia um manual como dos *kits* proprietários, os estudantes desse grupo utilizaram o *Smartphone* de um participante da equipe para pesquisar na internet os três protótipos e optaram por ver vídeos sobre esses experimentos.

Depois dos estudantes finalizarem os seis protótipos dos dois grupos, realizamos um pós-teste com eles, utilizando as questões 3, 4, 5, 6 e 7 do pré-teste, com o objetivo de analisar se o desempenho deles melhorou depois da realização da prática, comparando as respostas com as do pré-teste, assim como observamos a percepção deles sobre o trabalho com a reutilização de materiais.

No próximo capítulo, mostraremos o pré e pós-testes e as transcrições dos áudios com suas respectivas análises.

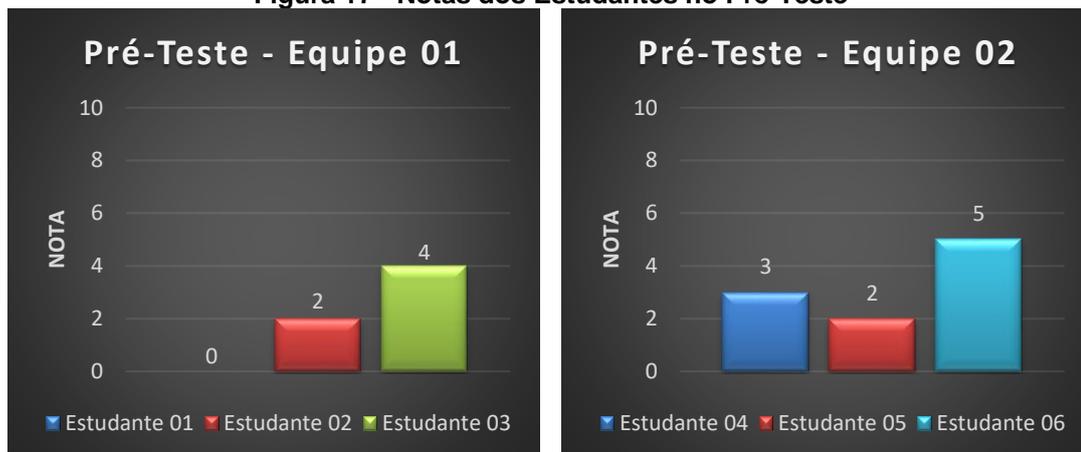
6 RESULTADOS, DISCUSSÕES E ANÁLISES

6.1 Pré-Teste

A primeira pergunta do pré-teste teve como objetivo saber o conhecimento de Física que eles já tinham estudado até o momento da prática. De forma geral, todos responderam Movimento Retilíneo Uniforme, Movimento Retilíneo Uniforme Variado e Leis de Newton, aparentando esses assuntos terem sido trabalhados em sala de aula no 1º ano até aquele momento. Outros assuntos também foram colocados, mas a sua maioria foi visto no 9º ano do Ensino Fundamental. Só um deles colocou Hidrostática, o que mostrou que a maioria não tinha estudado o Princípio de Pascal. O estudante, que disse que já tinha trabalhado esse assunto, não mostrou ter construído bem o conhecimento sobre o Princípio de Pascal, por não ter respondido a uma das perguntas (7ª) sobre o conteúdo e, na outra questão (6ª), seu comentário ter sido errôneo. Como os estudantes já viram as Leis de Newton, este conhecimento podia contribuir na percepção da força nas práticas da Hidrostática. Em relação aos conhecimentos de eletricidade, o estudante 02 colocou que já tinha estudado alguns assuntos da área. Entretanto, quando foi responder as questões sobre o assunto, uma ele não respondeu (3ª), outra estava errada (4ª) e a terceira tinha alguns erros (5ª). O estudante 05 informou que assistiu algumas videoaulas sobre alguns assuntos (Resistores e Capacitores) dessa área. Mas, no pré-teste, respondeu a uma questão (5ª), e as outras (3ª e 4ª) disse que não sabia explicar; dando a entender que estes dois estudantes ainda não compreendiam bem o assunto. Em relação à segunda questão, procuramos saber se eles já tinham trabalhado com a Robótica alguma vez. Só o estudante 05 disse que trabalhou com a Robótica. Ele fez um carrinho. Os demais, nunca trabalharam com essa tecnologia. Essa foi uma informação importante por mostrar que a maioria dos sujeitos da pesquisa ia iniciar a prática sem uma experiência anterior com a Robótica.

Em relação às questões 3, 4, 5, 6 e 7, fizemos um gráfico com as notas dos estudantes para podermos comparar com o pós-teste, como mais à frente mostraremos. A figura 17 mostra o gráfico com as notas de cada participante.

Figura 17 - Notas dos Estudantes no Pré-Teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante dessas notas, observamos que a maioria dos participantes não tinha muito conhecimento sobre o Princípio de Pascal e a parte da Eletricidade abordada. Esses dados foram importantes para o estudo, visto que era interessante para os pesquisadores que os estudantes selecionados não tivessem muito conhecimento sobre os conteúdos tratados para que eles pudessem ter a possibilidade de aprenderem mais durante a prática.

6.2 Desenvolvimento do Alarme de Placa de Pressão – Equipe 01

Antes de os estudantes iniciarem a prática, o professor conversou com eles sobre trabalhar em grupo de forma colaborativa com o intuito de eles poderem executar a tarefa e resolvessem os problemas em equipe. Foi discutido sobre o respeito aos colegas, a tomada de decisões em conjunto, os erros e acertos são de todos, não dividir tarefas e, sim, sempre trabalharem juntos, entre outras coisas. Nessa ocasião, o professor exerceu seu papel de Instrutor, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014).

Para desenvolverem os protótipos da Robótica Sustentável, disponibilizamos aos estudantes materiais (palito de picolé, mangueira, papel alumínio, motores, entre outros) e ferramentas (alicates, martelo, chaves de fenda, furadeira, entre outros) que foram colocados na bancada conforme mostra a figura 18.

Figura 18 - Materiais e Ferramentas na Bancada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os estudantes começaram a fazer a base da placa de pressão, porém não gostaram muito da primeira que fizeram, por ter ficado torta e, por isso, ela estava atrapalhando um pouco o movimento. Devido a isso, tomaram a decisão de fazer outra. Essa decisão corroborou com Gebran (2009) pela Robótica ter permitido aos estudantes terem contato com uma situação na qual eles tiveram que tomar uma decisão a partir da circunstância presenciada. Por ter descartado a primeira base, o estudante 03 fez uma reflexão sobre o trabalho da equipe e sobre a questão do desperdício.

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

Professor: Por quê?

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.

Nesse breve trecho, o estudante 03 fez uma crítica à própria equipe por ter desperdiçado palitos na primeira tentativa de fazer a base da placa de pressão. Essa fala mostrou sua preocupação em realizar a prática aproveitando o material para o desenvolvimento do protótipo sem desperdiçá-lo, estando de acordo com Layrargues (2002), ao defender não só a reutilização da sucata, como o não desperdício de forma a reduzir o lixo.

Entretanto, o estudante 01 fez uma ressalva à crítica argumentando que os palitos que foram desperdiçados foram utilizados para um protótipo inicial e que é normal errar no início. Essa “falha” acabou ajudando a equipe a refazer a base da

placa de pressão com mais cuidado, concordando essa ação com Mill e César (2009) e Miranda e Suanno (2009) no momento em que os estudantes perceberam que o erro fazia parte do processo de desenvolvimento do protótipo e que ele era importante para chegar a um acerto.

Durante o desenvolvimento do protótipo, os estudantes chegaram a utilizar mais de uma cola. No caso, usaram a cola instantânea, a branca e a quente. Essa última, eles tiveram um pouco de dificuldade de trabalhar com ela no início por não saberem o momento certo que podiam utilizá-la devido ao tempo que tinham que esperá-la derreter e, assim, poder utilizá-la de forma eficaz. Conforme foram usando, eles foram se familiarizando mais com a cola quente.

Observamos que a equipe seguiu um caminho diferente do proposto pelo vídeo que estavam assistindo. Eles perceberam que era mais fácil colocar o papel alumínio nas duas bases (de cima e de baixo) antes de colá-las do que colocar depois delas conectadas como foi sugerido no vídeo que eles estavam vendo. Foi interessante ver os estudantes não se prendendo a todas as sugestões e por eles terem percebidos uma forma mais fácil de construir o protótipo.

Em determinado momento da prática, os estudantes falaram sobre como a placa de pressão poderia ter uma utilidade.

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 trecho, o estudante 01 observou uma utilidade para o alarme de placa de pressão, afirmando que pode ser utilizado para a segurança de uma casa. Ao mesmo tempo, ele pensou em um problema na aplicação que seria escutar o som do alarme no caso de estar longe de casa. O estudante 02, ao refletir sobre o problema colocado, pensou em uma solução, que era conectar o Arduino e programá-lo para mandar uma mensagem para o celular da pessoa, no caso de alarmar. Apesar de esse estudante não saber ainda trabalhar com o Arduino, ele mostrou ter conhecimento sobre o que essa placa e seus componentes podiam proporcionar. Esse foi um momento interessante devido aos estudantes em um trabalho da Robótica

Sustentável, pensarem no uso de um *hardware* livre como solução para um problema em uma eventual aplicação real do protótipo; mostrando que o trabalho com a Robótica Sustentável pode influenciar em ideias de projetos posteriores relacionadas à Robótica Livre.

Em uma determinada ocasião, o estudante 02 explicou ao 01 a placa de pressão e o porquê do alumínio.

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.

Nesse breve trecho, o estudante 02, a partir de uma prática colaborativa, ensinou ao estudante 01 o funcionamento da placa de pressão e o papel do alumínio no artefato. Verificamos nessa ação que os participantes foram de acordo com o que Torres e Irala (2014) afirmaram ao dizer que os estudantes têm que assumir a responsabilidade de ensinar e aprender. Como aconteceu nessa ocasião na qual o estudante 02 ensinou o funcionamento da placa de pressão e o porquê do alumínio ao 01.

Na explicação do estudante 02, ele falou um pouco sobre como funcionava a placa de pressão. Observamos que ele teve a ideia de um circuito aberto ao dizer “abriu a ligação”, o que mostrou compreensão sobre o protótipo. Além disso, ele conseguiu trazer a discussão sobre condutor e isolante ao falar sobre o papel alumínio que ficou na base para aumentar a área de contato dos fios para facilitar o fechamento do circuito ao se tocarem. Completando seu raciocínio ao dizer que se o fio fosse conectado aos palitos, estes não fariam o protótipo funcionar devido a seu material ser isolante. Essa situação esteve em concordância com D’Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), visto que a Robótica proporcionou um ambiente de aprendizagem aos estudantes.

Em um determinado momento da prática, ao fixarem os fios da caixinha de som as placas, conectarem ao computador e darem “play” ao som, a música foi emitida, mesmo eles não pressionando as placas. Ao analisarem o que estava acontecendo,

o estudante 01 verificou que o papel alumínio da placa de cima estava tocando o da placa de baixo. O contato entre eles se deu devido a um pouco antes os alunos terem colocado um tubo de cola em cima da placa, para testar, que acabou empurrando o alumínio de cima para baixo, ao ponto de ficar encostado no de baixo. O estudante 01 colocou o dedo entre as placas e separou os alumínios. Assim, o som passou a não tocar mais sem pressionar as placas.

Logo depois do protótipo ficar pronto, os estudantes começaram a falar sobre o funcionamento do artefato.

Estudante 02: Funcionandooooo!

Estudante 01: Tá.

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.

Nesse breve trecho, eles voltaram a falar sobre o alumínio ser um material condutor e que o som era emitido quando o circuito era fechado. Quando aberto, o som não era propagado. Nesse momento, observamos uma discussão sobre condução e a ideia de circuito aberto e fechado. Essa ocasião ressaltou as ideias de D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) que destacaram que uma prática com a Robótica pode propiciar uma situação de aprendizagem aos estudantes a partir da interação deles. A figura 19 mostra como ficou o protótipo.

Figura 19 - Alarme de Placa de Pressão



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na continuação desse momento, eles tiveram a ideia de colocar um interruptor no lugar das placas.

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 abaixa, 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 estudantes perceberam que a ideia da placa de pressão era similar à do interruptor ao ponto de colocarem um no circuito para mostrar na prática que ambos têm a mesma função no circuito (abrir e fechar). Ao colocarem o interruptor no circuito, eles voltaram a explicar como funcionava a placa de pressão que abria e fechava o circuito mostrando que o interruptor fazia o mesmo. Nesse momento, eles não só discutiram a parte física do protótipo como conseguiram relacionar ao interruptor, mostrando criatividade ao colocar um no circuito para verificar na prática como funcionava. A atitude dos estudantes mostrou que a Robótica pode elevar e estimular a criatividade deles ao ponto de desenvolverem novas possibilidades de invenções, indo de acordo com Gonçalves *et al* (2015), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006). A sucata também possibilitou um incentivo à criatividade, conforme Morelato *et al* (2010), assim como propiciou os alunos poderem testar, verificar ideias e a viabilidade do protótipo desenvolvido, conforme Gebran (2009).

Esse momento da atividade possibilitou aos estudantes debater a ideia do interruptor que fez parte da 4ª questão do pré-teste. A discussão e a prática com o interruptor surgiram a partir da ideia dos próprios estudantes e podiam ajuda-los a solucionar o problema desta questão do questionário.

Durante o processo de retirada dos fios das placas e conexão com o interruptor, o estudante 03 pegou a extremidade dos dois fios e os colocou em contato, fechando o circuito e emitindo o som. Essa ação mostrou que ele tinha compreendido a ideia de circuito aberto e fechado, de forma que o ambiente da Robótica proporcionou ao aluno poder testar, verificar ideias e a viabilidade do artefato e aprender, indo de acordo com D'Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) que defenderam que práticas pedagógicas utilizando a Robótica podem propiciar aprendizagem de conhecimentos científicos.

Observamos nessa prática uma movimentação a mais devido aos estudantes terem que se deslocar para locais que tinham tomada perto para utilizar a cola quente. Essas pequenas mudanças de locais, nos fez ficar atentos para as outras práticas com o intuito de verificar se haveria algo similar. Além disso, esse deslocamento fez com que os estudantes se afastassem da câmera, na primeira metade da prática, trazendo dificuldade em captar o áudio da conversa deles. Em virtude disso, nas outras duas práticas dessa equipe (desenvolvimento da mão biônica elétrica e do robô hidráulico), colocamos o material na bancada que ficava próxima de uma das paredes, onde ficavam as tomadas, a câmera voltada para esse local, para que os estudantes não se afastassem tanto da máquina filmadora ao ponto de dificultar a captação do áudio.

6.3 Desenvolvimento do Ventilador – Equipe 02

Antes de os estudantes começarem a prática, o professor se reuniu com eles e conversou sobre trabalhar em grupo de forma colaborativa com o objetivo de eles poderem executar as tarefas resolvendo os problemas em equipe. Foi dialogado sobre o respeito aos colegas, a tomada de decisões em conjunto, os erros e acertos são de todos, não dividir tarefas e, sim, sempre trabalharem juntos, entre outras coisas. Nesse momento, o professor exerceu seu papel de Instrutor, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014).

No trabalho com a Robótica Tradicional, optamos por trabalhar com os *kits* da *Fischertechnik*⁶ por serem os materiais disponibilizados nas escolas estaduais do estado da Paraíba. Pegamos as peças de dezenas de *kits* e organizamos em caixinhas com divisórias, da mesma empresa, de forma que ficassem disponíveis aos estudantes dessa equipe várias peças para eles poderem utilizar no desenvolvimento do protótipo. A figura 20 mostra como ficou a organização na bancada desse material.

Figura 20 - Caixas com Peças de Vários Kits da Fischertechnik



Fonte: Elaborada pelo autor.

Explicamos aos estudantes o primeiro passo do desenvolvimento do ventilador, que mostrava as peças que iam ser usadas com a quantidade de cada uma delas e um desenho ao lado, exibindo como deveria ficar a montagem. Optamos por fazer isso para que eles não iniciassem a prática às cegas com o manual de instrução da construção. Deixamos claro que eles tinham a liberdade de não seguir o passo a passo do caderno, caso quisessem. Pedimos aos estudantes que, na ligação do ventilador, só usassem uma pilha. Não explicamos o porquê para que eles mesmos pudessem descobrir. Optamos por darmos essa informação para diminuir o risco de queimar o motor do *kit* da escola, que só tinha dois disponíveis.

No desenvolvimento do primeiro protótipo, os estudantes tiveram um pouco de dificuldade para entender o manual do *kit* de Robótica. O trecho abaixo mostra um momento em que eles começaram a discutir um problema sobre a construção do ventilador.

⁶ Os *kits* da *Fischertechnik* são direcionados a várias idades podendo desenvolver distintos protótipos utilizando sensores, placa solar, placa interface, engrenagens, motores, entre outros.

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 tava 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.

Estudantes 05 e 06 começaram a discutir sobre um problema na construção do artefato até conseguirem achar uma solução. Além de eles perceberem o erro que cometeram, o estudante 06 explicou ao estudante 04 como devia ser feito. Observa-se nesse momento que os estudantes 05 e 06 trabalharam de forma colaborativa e, ao aprenderem, o estudante 06 ensinou ao 04. Dessa forma, houve um trabalho colaborativo, conforme Torres e Irala (2014), uma vez que houve interação dos estudantes durante a prática resolvendo um problema e, também, quando eles assumiram a responsabilidade de ensinar e aprender.

Começamos a verificar, nessa ocasião, que o manual do *kit* não tinha todas as explicações para a construção dos protótipos. Alguns detalhes, como o local exato de encaixar na base e a posição certa da peça, os estudantes tiveram que aprender durante a prática. O diálogo abaixo mostra um pouco disso.

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.

Nesse trecho, percebemos como os estudantes aprenderam com o erro a forma exata de montar o protótipo conforme o manual, indo de acordo com Mill e César (2009) e Miranda e Suanno (2009) ao mostrarem que o trabalho com a Robótica pode proporcionar a compreensão do erro como algo natural de uma prática com sua importância para o trabalho. Assim como perceber que o erro pode se tornar o primeiro passo para chegar a uma solução.

As duas perguntas do professor, fizeram com que ele exercesse seu papel de facilitador, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014), devido a suas questões permitirem com que os estudantes explanassem e refletissem sobre o porquê de eles terem errado e como eles perceberam essa falha.

Em outra ocasião, o professor fez uma pergunta aos estudantes que refletiram sobre ela.

Professor: Como é que vocês sabem que ela (a peça) é de 7,5, 15, 30...?

Estudante 04: Porque tem aqui (apontou para o manual).

Estudante 04: A gente vai encaixando ela até vê.

Estudante 06: Mas a gente não sabe qual delas é.

Estudante 04: Sim, eu vou testando.

Professor: Aqui (apontou para o manual) diz que está precisando de, por exemplo, 60 graus. Como é que você pega a peça e sabe que ela é?

Estudante 04: Testando. A que der certo, a gente bota.

Professor: Mas, não tem como saber?

Estudante 06: Ter tem.

Professor: Como?

Estudante 06: Deve ter algum número em algum lugar. Mas...

Estudante 04, 05 e 06 começaram a olhar as peças procurando algum número. Estudante 04 encontrou e disse:

Estudante 04: 7,5, essa aqui (mostrou a peça).

Professor: Encontrou?

Estudante 04: Aqui.

Professor: Onde que estava?

Estudante 04: Aqui do lado.

Estudantes 05 e 06 começaram a olhar as peças que estavam no protótipo e verificaram que tinham duas com ângulos diferentes do manual. Eles trocaram as peças.

Nessa ocasião, o professor exerceu seu papel de facilitador, segundo Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao trazer a questão do como os estudantes sabiam o ângulo das peças, o que fez eles refletirem e perceberem que podiam estar utilizando as peças erradas. Com isso, eles procuraram nelas alguma indicação de medida. Ao acharem, corrigiram o protótipo. Essa situação proporcionou uma discussão sobre ângulo, indo de acordo com Arlegui e Pina (2016), devido à Robótica poder proporcionar estudos de conhecimentos científicos, em especial os da Física, podendo ir além desta.

Em um outro momento, os estudantes perceberam que pegaram uma peça errada e, por isso, o protótipo não estava conforme o manual.

Estudante 04: É só encaixar mais duas. Mais duas não, mais quatro.

Estudante 04: Bota a mão em cima.

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.

Observamos, nesse momento, que os estudantes tiveram um pouco de dificuldade de pegar algumas peças por terem outras parecidas com elas. O uso da peça errada pode atrapalhar na construção do protótipo. A equipe pode perceber esse erro na hora ou mais à frente quando tiverem dificuldade em seguir um passo por essa falha anterior. É importante salientar que estamos falando do desenvolvimento do artefato seguindo o passo a passo do manual. Essa forma de construir os protótipos seguindo o passo a passo, que é a forma como os *kits* acabam induzindo na montagem, e tendo que utilizar a peças exatas, mostrou trazer limitações no desenvolvimento do artefato por privar, em parte, a criatividade dos estudantes durante o processo de construção do protótipo. Essa situação corroborou com Mill e César (2013) por mostrar que a Robótica Tradicional tem materiais que trazem restrições de possibilidades de manipulação e montagem devido a suas peças pré-fabricadas terem tamanhos e encaixes padronizados.

Caso os participantes, em uma atividade com a Robótica Tradicional, decidam seguir uma montagem alternativa do manual, a troca das peças se torna normal.

Alguns minutos depois, eles voltaram a ter 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.

Estudante 05: Agora foi.

Nessas duas ocasiões, os estudantes trabalharam de forma colaborativa discutindo os problemas do protótipo até conseguirem resolvê-los. Esses foram dois momentos em que observamos que o erro acabou provocando uma discussão entre os participantes que conseguiram resolver o problema de forma colaborativa. Observamos nesse momento que os estudantes agiram conforme Collazos, Muñoz e Hernandez (2014). Os alunos escutaram uns aos outros e entraram em acordo na

solução dos problemas. Assim como a atividade com sua interação entre os estudantes seguiu Miranda e Suanno (2009), uma vez que foi durante esse processo de desenvolvimento dos protótipos robóticos que surgiu o problema e, conseqüentemente, a discussão sobre sua solução.

Quando os estudantes terminaram de montar o ventilador, eles perceberam que a pilha não ficava fixa. Resolveram, então, fazer um suporte para ela. Começaram a procurar peças para fazer esse suporte de forma que a pilha pudesse ficar bem encaixada nele sem cair. Entretanto, tiveram dificuldade em fazer devido aos buracos de encaixes da base terem distâncias definidas sem poder encurtar ou alongar esse comprimento. Esse problema fez com que o suporte ficasse curto quando colocava a peça em um determinado buraco da base, ou um pouco longo quando colocava no outro ao lado. Mesmo com essa dificuldade, eles deram um jeito de deixar a pilha fixa ao prendê-la com uma fita adesiva. Fizeram o mesmo para fixar os fios aos polos da pilha. Essa situação da prática mostrou que os estudantes tiveram a criatividade de acrescentar o suporte ao protótipo para que a pilha ficasse fixa, não necessitando segurá-la para deixar o ventilador funcionando; e perceberam que podiam utilizar um material (fita adesiva) que não pertencia ao *kit* para resolver o problema. Essa situação mostrou que estava em concordância com Gonçalves *et al* (2015), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006), em virtude de a prática da Robótica ter despertado, estimulado e desenvolvido a criatividade dos estudantes, ao ponto de criarem novas invenções. Assim como ressaltou a ideia de Gebran (2009) no momento que a Robótica proporcionou aos estudantes um contato com uma ocasião na qual eles tiveram que tomar uma decisão diante da circunstância da prática. Ao mesmo tempo, verificamos que o material do *kit*, por ter peças pré-fabricadas com tamanhos e encaixes padronizados, diminuiu as possibilidades de criatividade dos estudantes por ter limitado a construção do artefato com as medidas desejadas pelos participantes. Situação essa que esteve em concordância com Mill e César (2013), que alertaram que esses materiais da Robótica Tradicional restringem as possibilidades de manipulação e desenvolvimento dos protótipos, por causa das limitações de suas peças pré-fabricadas, que têm tamanhos e encaixes exatos.

A figura 21 mostra como ficou o protótipo do ventilador desenvolvido pela equipe.

Figura 21 - Ventilador



Fonte: Elaborada pelo autor.

Depois de eles conseguirem desenvolver o ventilador, o professor começou a fazer algumas perguntas para saber um pouco sobre o conhecimento dos estudantes sobre algumas questões científicas do protótipo.

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.

Nessa situação, os estudantes mostraram que o ventilador podia girar um pouco mais rápido caso a pilha tivesse 2V ao invés de 1,5V. Eles mostraram também que, se utilizasse uma pilha com mais de 2V ou uma associação em série de pilhas que passasse dessa tensão, o motor queimaria. Observamos, nesse diálogo, que os estudantes conseguiram aprender alguns assuntos de eletricidade durante a prática, indo de acordo com D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) no momento em que a Robótica proporcionou uma situação de aprendizagem dos estudantes a partir da interação dos membros da equipe.

Essa ocasião proporcionou aos estudantes um debate sobre: se o motor fosse alimentado por uma tensão maior do que a dele, ele queimaria. Esse momento de discussão pode ter contribuído para uma solução para o problema proposto da 5ª questão do pré-teste.

Seguindo o diálogo, o professor fez outra pergunta.

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: Por que...

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.

Nesse momento, o professor percebeu que os estudantes não sabiam que o ventilador podia funcionar com a pilha nas duas posições, e sugeriu que eles fizessem o teste para verificar. Ao conectarem a pilha ao circuito nas duas posições, os estudantes observaram que o ventilador ligava em ambas as situações. Também,

observou-se que o sentido de rotação mudava quando se colocou a pilha na posição contrária. Apesar de verificarem esses detalhes, eles não souberam explicar o porquê. Nesse momento, o professor fez os estudantes refletirem sobre detalhes do experimento que eles não tinham se atentado; exercendo, o docente, seu papel de facilitador, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Apesar de os estudantes não saberem explicar o porquê de o ventilador ligar e girar em sentidos contrários nas duas posições da pilha, eles tiveram a oportunidade de verificar na prática esses detalhes que anteriormente eles achavam que não aconteciam. Além disso, perceberam que, se o cooler de um computador fosse ligado no sentido contrário, queimaria componentes dentro desse aparelho eletrônico. Dessa forma, mostrando, nessa ocasião, que os estudantes conseguiram relacionar o aprendizado da atividade com seu cotidiano.

Verificamos nessa prática, como as próprias transcrições mostraram, que os estudantes debateram mais a montagem do artefato do que conhecimentos científicos. Como era o primeiro artefato que os participantes estavam fazendo e, com isso, estavam conhecendo o material, as dificuldades podem ter acontecido por causa desses detalhes.

6.4 Desenvolvimento da Mão Biônica Elétrica – Equipe 01

Ao começarem a desenvolver a mão biônica elétrica, os discentes utilizaram a mão do estudante 01 como modelo, fazendo o desenho no papelão e, posteriormente, o corte. Eles colocaram o motor na palma da mão e prenderam uma extremidade do cordão a esse dispositivo e a outra à ponta do dedo. Veja a discussão deles, nesse momento.

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.

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.

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.

Estudante 02 fechou o circuito e o dedo fez o movimento. Eles se surpreenderam na hora.

Estudante 01: Que medo, me assustei.

Estudante 02: Que medo. Tá com medo hoje.

O barbante soltou na ponta do dedo e eles retomaram para ajeitar.

Nesse breve trecho, verificamos os estudantes trabalhando em equipe no desenvolvimento do protótipo estando todos os três focados na execução da tarefa. Nessa ocasião, os integrantes trabalharam de forma colaborativa, conforme Collazos, Muñoz e Hernandez (2014), baseado em Johnson e Johnson (2001) e SaponShevin *et al.* (2001), ao realizarem a atividade com objetivos e metas em comum de forma que eles se apoiaram e prestaram assistência na execução da tarefa.

Apesar de eles terem colocado o motor para funcionar, girando e puxando o dedo com o barbante, uma das extremidades do barbante acabou descolando-se da ponta do dedo. Os estudantes voltaram ao trabalho do protótipo resolvendo esse problema ao deixarem a ponta do barbante mais colada no dedo e esperando mais tempo para ela secar. Mesmo utilizando cola instantânea, eles perceberam que havia necessidade de esperar um pouco para que ela secasse totalmente e, assim, deixasse a ponta do barbante mais presa. Esse momento da prática proporcionou uma situação de aprendizagem dos participantes a partir do trabalho em equipe, indo de acordo com

D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) que alegam que o trabalho com a Robótica pode proporcionar ambientes de aprendizagem aos estudantes. Da mesma forma, ressaltou Gebran (2009) por a Robótica ter propiciado um ambiente no qual os estudantes tiveram que tomar uma decisão diante da circunstância que ocorreu durante a prática.

Mais à frente, eles decidiram utilizar uma linha mais fina ao conjecturarem que o barbante, por ser um pouco grosso, podia estar atrapalhando na hora de enrolar na haste do motor e, também, no momento de desenrolar. Ao testarem com a linha nova, verificaram um resultado melhor no enrolar e desenrolar da linha na haste do motor. Essa mudança, que fez eles não seguirem o recomendado pelo vídeo, esteve de acordo com Gonçalves *et al* (2015), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006), por mostrarem que a Robótica pôde proporcionar uma prática que estimulou e elevou a criatividade dos estudantes de forma que eles desenvolveram suas invenções para resolver o problema.

Os estudantes agora começaram a testar o protótipo sendo ligado a baterias diferentes e duas pilhas em séries.

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 já tinha sido bastante usada em outros projetos 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.

Estudante 02 ligou o motor a duas pilhas.

Estudante 01: Tá saindo forte.

Estudante 03: Tá forte assim.

Estudante 03: Acho melhor a bateria.

Os estudantes, nesse momento, fizeram testes com uma bateria nova, outra usada e duas pilhas em série para verificar o resultado do movimento do motor puxando o dedo com a linha. Observaram, nesse teste, que a bateria usada já não tinha a mesma eficácia da nova, assim como o movimento com as duas pilhas de 1,5V

cada. Apesar de ter sido bom, o movimento era mais fraco do que a bateria nova, que tinha 9V. Diante disso, os estudantes perceberam que quanto maior era a tensão da bateria ou da pilha, mais rápido era o giro do motor. De forma colaborativa, eles trabalharam juntos e tomaram a decisão de utilizar a bateria nova por perceberem que ela estava dando a melhor resposta ao movimento desejado; indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e Torres e Irala (2014), ao trabalharem em equipe escutando um ao outro. Sendo assim, entrando em acordo sobre a conclusão a que chegaram com o estudo feito, que mostrou que eles foram responsáveis pelo próprio aprendizado. Essa situação esteve em concordância com D'Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), visto que a prática com a Robótica propiciou aos estudantes um ambiente de aprendizagem a partir da interação dos alunos.

Mais à frente, nessa prática, o professor fez algumas perguntas a eles 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 temos usando duas aí fica três.

Estudante 02: Mas se juntasse três negócio desse podia equivaler um desse (indica a bateria).

Nesse diálogo, o professor exerceu seu papel de facilitador, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao ter feito questões que fizeram com que os estudantes expusessem e refletissem sobre seus conhecimentos relacionados às tensões das pilhas e da bateria e o giro mais rápido ou mais lento do motor. Um detalhe interessante que eles perceberam foi que, se colocassem três duplas de pilhas de 1,5V cada em série, eles teriam a mesma tensão da bateria que tinha 9V. Isso mostrou a compreensão deles sobre as pilhas em série, que elas somavam suas tensões e, dessa forma, eles podiam chegar a vários valores. Essa aprendizagem na prática seguiu as ideias de D'Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) ao proporcionar a Robótica uma

situação que favoreceu uma compreensão melhor dos conhecimentos discutidos na atividade a partir da interação dos membros da equipe.

Em um determinado momento, eles colocaram um interruptor no circuito, mas desistiram da ideia.

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.

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.

Estudante 02 testou sem o interruptor.

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

Estudante 01: É.

Estudante 02 testou outra vez.

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

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. Estudante 03 fez o teste.

Estudante 01: Aí, tá devagar.

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

Nessa situação, os estudantes perceberam que para o protótipo funcionar bem, era necessária somente uma ligação rápida do motor para ele puxar o dedo. Com o interruptor conectado, quando fechavam o circuito, o motor acabava puxando muito. Por isso, decidiram tirá-lo e optaram por fazer a ligação direta na bateria com um toque rápido dos fios para fechar rapidamente o circuito. Observamos no diálogo como os estudantes trabalharam de forma colaborativa, negociando a melhor forma de ligar o artefato, seguindo Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e Torres e Irala (2014), ao realizarem a atividade em equipe. Isso só foi possível, porque escutaram um ao outro até chegarem a um acordo sobre a melhor forma de resolverem o problema, desenvolvendo e refinando as estratégias de sua solução. Além disso, assumiram a responsabilidade de ensinar e aprender. Esse momento da atividade ressaltou as ideias de D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009),

Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) por a prática com a Robótica ter possibilitado aos participantes um ambiente de aprendizagem a partir do trabalho em equipe dos estudantes.

A figura 22 mostra o protótipo pronto com a ligação de somente um dedo da mão.

Figura 22 - Mão Biônica Elétrica



Fonte: Elaborada pelo autor.

Abaixo, os estudantes explicando o funcionamento do protótipo.

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.

Nesse breve trecho, os estudantes explicaram o funcionamento do protótipo ressaltando a ideia de que o elástico fazia com que o movimento do barbante puxasse o dedo com menos “violência” por fazer uma força contrária à que o barbante aplicava no dedo. Além disso, o elástico tinha o propósito de trazer o dedo de volta para a sua posição reta. Essa situação da atividade esteve em concordância com D’Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a Robótica propiciou uma ocasião de aprendizagem a partir da interação dos estudantes.

O professor também exerceu seu papel de facilitador, segundo Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao trazer uma questão para os estudantes refletirem sobre como o dedo voltava para a posição reta.

6.5 Desenvolvimento do Ciclista – Equipe 02

Na montagem do ciclista do *kit*, os estudantes voltaram a ter um pouco de dificuldade com a sua construção como aconteceu com o ventilador. De forma colaborativa, eles discutiram e resolveram 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.

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 (ele 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.

Nessa situação, os estudantes observaram um erro no protótipo e começaram a discutir sobre ele achando uma solução para a falha que verificaram no artefato. Nesse momento, mais uma vez, como aconteceu também durante a construção do ventilador, os estudantes trabalharam de forma colaborativa para solucionar o problema do protótipo. A ação dos estudantes esteve de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) ao escutarem a ideia dos outros membros da equipe e entrarem em acordo sobre a solução do problema.

Em um determinado momento da prática, o estudante 04 tentou convencer os outros integrantes da equipe a colocar uma peça nova na cabeça do ciclista.

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

Estudante 04: Será que o volante encaixa?

Ele 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.

Estudante 06 foi pegar as peças e o 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.

Eles 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.

Estudante 04 pegou uma roda maior e tentou trocar pela menor que estava no rosto do protótipo. 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 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.

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

Nessa situação, os estudantes não conseguiram se entender e negociaram, seguindo a ideia do trabalho colaborativo de Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Como não conseguiram chegar a um consenso, prevaleceu a opinião da maioria. Observamos que o estudante 06 estava seguindo o manual sem aceitar mudanças, o que não é interessante se pensarmos que a prática com a Robótica possibilita o desenvolvimento da criatividade dos participantes. Diferente do estudante 04, que quis fazer algo fora do padrão e só conseguiu porque convenceu o estudante 05. Apesar de este estudante ter aceito uma sugestão, e não as duas que foram propostas. Essa situação reforçou o pensamento de Mill e César (2013) no momento em que a Robótica Tradicional, com seu passo a passo no manual, induziu o estudante a seguir à risca o roteiro preestabelecido pelo *kit*. Assim como o trabalho com esse material acabou dando a impressão ao aluno de que ele que estava no controle, mas, de fato, é que estava seguindo instruções que levam o participante a montar produtos padronizados, conforme Barbosa e Silva e Blikstein (2020).

Ao terminarem de construir o protótipo do ciclista, eles conectaram os fios aos polos das pilhas. Mas, a roda não girou. Eles tiraram a corda elástica, que ligava o motor à roda, e verificaram se o 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.

Estudante 05: Qual?

Estudante 04: Chavezinha.

Estudante 05: Chave.

Estudante 04: É, chave de fenda.

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

Estudante 05: É o motor.

Estudante 06: É o motor.

Nesse momento, depois de verificarem que a roda não estava girando, os estudantes tiraram o elástico que ligava ela ao motor para verificar se ele estava funcionando. Ao chegarem à conclusão que não, colocaram outro no lugar. O Estudante 04 pediu ao 06 para segurar umas das pontas dos fios para fazer o teste.

Estudante 04: Segura aqui.

Ele ligou.

Estudante 04: Tá girando.

Estudante 06: Tá.

Estudante 05: Tá?

Estudante 06: Tá.

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.

Nessa situação, observamos a equipe trabalhando de forma colaborativa para encontrar o problema do protótipo e solucioná-lo. Dessa forma, eles foram de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) ao ouvirem um ao outro chegando à solução da questão encontrada, tendo objetivos e metas comuns, bem como prestaram serviços uns aos outros na tarefa. Assim como corroboraram com Gebran (2009) no momento que a Robótica proporcionou aos estudantes um ambiente o qual se depararam com uma circunstância que fez com que eles tivessem que tomar uma decisão para solucionar o problema.

A figura 23 mostra como o protótipo construído pela equipe ficou.

Figura 23 - Ciclista



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em outro momento, a partir de uma pergunta feita pelo professor, os estudantes verificaram uma falha no protótipo e voltaram a trabalhar de forma colaborativa para solucionar um problema.

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!

Estudante 05 começou a mexer no protótipo para ajustar 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.

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.

Estudantes 05 e 06 ajustaram.

Estudante 05: Agora foi.

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

Observamos nessa situação que o professor fez uma pergunta com o intuito de os estudantes relacionarem o pedal de uma bicicleta e como estava o do protótipo do ciclista deles para que pudessem perceber que tinham colocado os pedais em um formato errado. Mais uma vez, o professor exerceu seu papel de facilitador de Collazos, Muñoz e Hernández (2014). Os estudantes, ao perceberem o erro, começaram a discutir como ajustar os pedais. De forma colaborativa, resolveram o problema, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao debaterem a questão, escutando um ao outro, chegando a uma solução.

Abaixo, vê-se como os estudantes explicaram 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 breve trecho, os estudantes explicaram o funcionamento do protótipo mostrando terem compreendido a ideia do artefato. Eles entenderam a ligação da roldana com a roda do ciclista, a partir da corda elástica, explicando como a roda gira quando o motor está ligado. Observamos nesse momento como os estudantes conseguiram aprender com a atividade, indo de acordo com D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a Robótica propiciou um ambiente de aprendizagem dos participantes a partir da interação deles.

Como os estudantes não falaram 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 breve diálogo, os estudantes perceberam que a parte elétrica de cada um dos dois artefatos eram idênticas. Desse modo, diferenciando a ligação da engrenagem do motor com a roda a partir da corda elástica. Essa prática pode ter reforçado a ideia da ligação de um motor em um circuito simples.

Nessa prática os estudantes voltaram a discutir mais a montagem do que os conhecimentos científicos. Entretanto, erraram menos na construção do que na primeira prática por conhecerem mais agora o material.

6.6 Desenvolvimento do Robô Hidráulico – Equipe 01

Antes de iniciar a próxima prática, o professor sentou com os estudantes para conversar sobre o trabalho colaborativo. Ele percebeu a necessidade desse diálogo devido a dois membros da equipe serem bastante amigos, e o terceiro não ser tão próximo. Esse detalhe poderia fazer com que os dois comesçassem a fazer as tarefas juntos e não permitissem muito espaço para o terceiro participar ou ele não se sentir muito à vontade. Nessa situação, o professor exerceu seu papel de Instrutor, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014).

Essa conversa com os estudantes esteve de acordo com Collazos, Muñoz e Hernández (2014) por possibilitar um debate sobre habilidades sociais importantes para um bom trabalho em grupo. Sendo assim, reforçando a ideia de que os participantes precisam apoiar um ao outro e ter uma boa comunicação para poder resolver melhor os problemas encontrados.

Nessa prática, a equipe resolveu tirar as ferramentas da caixa que mais estavam utilizando e organizaram na bancada para ficar mais fácil de encontrá-las. A figura 24 mostra como ficou.

Figura 24 - Organização das Ferramentas na Bancada



Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de passarem alguns minutos organizando as ferramentas, esse tempo acabou sendo compensado na hora da prática, por eles não perderem tempo procurando algumas ferramentas, quando eles não sabiam exatamente onde estavam. Na bancada, ficou mais fácil eles pegarem as ferramentas que estavam precisando. Essa ação de arrumarem as ferramentas esteve de acordo com Mill e César (2009), visto que o trabalho com a Robótica proporcionou desenvolver

habilidades de gestão, em especial, o planejamento e a organização da forma como os estudantes acharam melhor de executarem a prática.

Outra ação dessa equipe foi cortar os canos para fazer a base. Para isso, eles se organizaram de forma que um deles segurou o cano firme em cima da mesa, outro segurou a outra ponta, enquanto o terceiro serrou o cano, que ficou bem firme para ser feita essa ação. Da mesma forma, foi com o cabo de vassoura mais à frente nessa prática. Observamos, nessa ocasião, os estudantes trabalhando de forma colaborativa, conseguindo executar a tarefa de uma forma bastante satisfatória por eles terem trabalhado em equipe. Essa situação mostrou que o trabalho colaborativo dos estudantes esteve em concordância com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014), baseado em Johnson e Johnson (2001) e SaponShevin *et al.* (2001), ao terem objetivos e metas comuns e apoiarem, prestarem serviços uns aos outros nas tarefas e trabalhos da atividade.

Mais à frente, os estudantes se depararam com um problema na montagem da base.

Depois de encaixar alguns pedaços de cano com os joelhos e "Ts", eles verificaram que tinha algo errado.

Estudante 02: Tá uma diferençazinha.

Estudante 03: Um tá menor?

Estudante 01: Não, são todos iguais.

Estudante 02: Acho que é esse aqui

Estudante 02 apontou para um pedaço de cano mostrando que ele estava menor.

Estudante 03: Certo, é esse.

Estudante 03: Tão diferentes um do outro.

Estudante 01: É, só um pouquinho.

Estudante 03: A gente não tirou medidas diferentes?

Estudante 02: Olha, se a gente apertasse aqui (ele bate no joelho para entrar mais). Hum, se apertasse mais aqui podia ir. Quer dizer...

Estudante 02: Se aqui tá maior, então esse tá frouxo (ele aperta mais o cano no joelho). Parece tá frouxo não.

Estudante 01: Tem que cortar. De todo jeito, tem que cortar.

Estudante 01: Esse daqui (aponta para o cano).

Estudante 01: Tem que tirar esse e colocar outro cano. Não tinha outro aqui? (ele pergunta sobre outro pedaço de cano). É...

Estudante 02: Não tinha um que tinha ficado menor? Acho que é esse. É. Lembra que ficou menor?

Estudante 01: Eu acho que é esse. Pode ser aqui.

Estudante 02 tirou o cano menor e colocou o cano com tamanho certo.

Estudante 03: É, esquecemos de separar os menores.

Estudante 01: Tá vendo que esse é menor?

Estudante 02: É, eu falei que era esse.

Estudante 01: Agora vai dar.

Estudante 02 testou e verificou que agora estava certo.

Estudante 02: Olha aí, deu certinho.

Nessa situação, os estudantes, ao montarem a base, verificaram que ela estava torta. Cogitaram, primeiramente, que os canos não estavam bem apertados nos Joelhos e “Ts” e isso devia ser a causa das diferenças encontradas na base. Ao tentarem resolver dessa forma, observaram que não tinham chegado à solução. Ao lembrarem que tinham canos com tamanhos diferentes, perceberam que a diferença entre eles era o comprimento. Ao detectarem qual era o cano menor, eles trocaram por outro do tamanho certo resolvendo o problema. Esse momento mostrou os estudantes trabalhando de forma colaborativa para encontrar a causa do problema e a sua solução, indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) ao realizarem a prática escutando um ao outro, encontrando o erro e chegando a uma solução. Assim como a prática com o trabalho coletivo dos estudantes seguiu a ideia de Miranda e Suanno (2009) e Gebran (2009) ao mostrar que, durante o processo de desenvolvimento dos artefatos robóticos, surgiu o problema e, conseqüentemente, eles discutiram sobre sua solução.

Um detalhe da montagem dessa base de cano foi que os estudantes optaram por colar os encaixes deles com os Joelhos e “Ts” só no final. Essa decisão foi importante por tê-los permitido desconectar os canos, verificar qual estava com tamanho diferente e trocá-lo pelo de tamanho exato. Caso tivessem decidido colar no início, eles, possivelmente, teriam mais trabalho para resolver esse problema.

Uma das tarefas que demorou a ser realizada foi lixar o cabo de vassoura. Como a ideia era diminuir o tamanho da grossura do cabo com uma lixa, os estudantes passaram bastante tempo para conseguir deixar da forma ideal para que entrasse o cano PVC de 25mm com facilidade e, assim, poder girar na base. Eles ainda tiveram a ideia de colocar uma lixa na broca e lixar com a furadeira. Mas desistiram com receio de que o cabo não ficasse homogêneo.

Mais à frente, ao cortarem o fundo da tampa da garrafa pet, os estudantes resolveram alargar o furo com a utilização da furadeira, com uma lixa colada em torno da broca. Eles seguraram a tampa com um alicate, e a broca com a lixa ficou dentro, alargando o buraco da tampa. Como essa forma de furar era mais perigosa, o

professor pediu para eles usarem a luva a fim de diminuir o risco de algum acidente. Observamos nessa situação que os estudantes criaram o jeito deles de alargar o buraco da tampa sem seguir o recomendado pelo vídeo e não usando um método convencional para esse tipo de tarefa. Essa ação na Robótica mostrou que estava em concordância com Gonçalves *et al* (2015), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Prol (2006), visto que o trabalho com essa tecnologia proporcionou o incentivo e o desenvolvimento da criatividade dos estudantes ao inventarem suas próprias forma de trabalhar.

Ao começarem a fazer os furos nos canos, os estudantes iniciaram um debate sobre a melhor forma de realizar essa tarefa.

Depois de fazer um furo em um lado da extremidade de um cano, eles discutiram como iriam fazer outro furo do outro lado dessa extremidade para passar um parafuso pelos dois furos.

Estudante 01: Tem que fazer um furo lá do outro lado.

Estudante 02: Quer fazer um furo aqui...

Estudante 01: Aqui, oh!

Estudante 01 pegou o cabo de vassoura para colocar dentro do cano para dar apoio.

Estudante 02: Tá bom, bora fazer agora.

Estudante 02: Agora tem esse problema aqui. De eu furar a parte errada, e ficar tortão.

Estudante 01: É só fazer certo.

Estudante 02 pegou a furadeira e sugeriu colocar a broca no outro buraco e furar o outro lado por dentro do cano segurando o cano com a mão sem apoiar na mesa.

Estudante 02: Aqui, oh! É só fazer isso aqui. Coloca isso aqui reto.

Estudante 01: Tô falando pra você que vai deslizar.

Estudante 02: O único problema é que...

Estudante 03: Calma, calma. Não faz o furo.

Estudante 03 pegou o cano e colocou na mesa.

Estudante 03: Você só vai colocar o prego aqui...

Estudante 01: Então!

Estudante 03: Faça... dê uma forma de achar exatamente o centro disso aqui. Exatamente o centro e altura.

Estudante 02: Aqui, oh! É aqui, oh! (ele tá ajustando o cano com o cabo de vassoura dentro para fazer um furo com um prego)

Estudante 02: Pronto, agora.

Estudante 01: Tá bom, se não vai enfiar tudo no...

Estudante 02: Agora, é tirar... (o prego ficou preso no cabo da vassoura. Ele usa o martelo para tirar).

Estudante 03: É que isso faz o movimento da alavanca (eles tiram o prego).

Estudante 03: Passa um prego aqui pra ver se sai na mesma direção.

Estudante 01: Sai.

Estudante 03: Teve uma diferençazinha, mas acho que a gente consegue...
Estudantes 01 e 02: Ajeitar.
Estudante 03: Isso.

Eles fizeram o segundo furo e deu certo.

Nessa situação, os estudantes trabalharam de forma colaborativa, discutindo a melhor forma de executar a tarefa. Eles decidiram como e onde iam fazer o segundo furo, apoiaram na mesa o cano para executar essa tarefa, não furando com o cano na mão sem apoio, como um dos integrantes cogitou fazer. Depois, colocaram um cabo de vassoura dentro do cano para ficar melhor de pregar e, assim, fazer um pequeno furo que ia ajudar na hora de furar. Nesse momento, os estudantes trabalharam de forma colaborativa conforme Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e estes mesmos autores, baseado em Johnson e Johnson (2001) e SaponShevin *et al.* (2001), ao resolverem o problema em equipe, escutando um ao outro com o intuito de chegarem a uma solução. Da mesma forma, eles prestaram assistência e apoiaram um ao outro nas tarefas da prática.

Um detalhe que observamos foi que os estudantes utilizaram a ideia da alavanca com o martelo para tirar o prego que ficou preso. Isso mostrou que o trabalho com as ferramentas pôde levar os estudantes a relacionarem assuntos discutidos em sala de aula com a prática do uso desse material, aprendendo um pouco desse conteúdo na prática. Esse momento esteve de acordo com D'Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) devido à atividade proporcionar uma situação de aprendizagem dos estudantes a partir da interação deles.

Antes de colocar a parte de cima da garrafa pet na base, os estudantes discutiram sobre essa tarefa.

Estudante 02: Fazer um furo. O furo é bem aqui. A furadeira tá ligada?

Estudante 03: Calma, leva a base inteira não. Só leva o cano.

Estudante 01: Não tá bom de prender esse negócio (garrafa pet no cano) não?

Estudante 02: Ah, tem que prender isso aí também.

Estudante 03: É pra fazer isso... (ele encaixa a garrafa no cano da base) o quê?

Estudante 01: Um furo porque isso aqui (arame) entra aqui dentro (no furo que vão fazer no cano).

Estudante 03: Certo, então em relação a isso aqui... vamos tirar a medida antes de furar. Não pode deixar passando. Senão vai ficar ruim no final.

Apesar de os cuidados que a equipe discutiu em grupo, a garrafa pet não ficou muito boa. Eles resolveram tirá-la e colocar outra.

Professor: Vocês vão colocar outra (garrafa)?

Estudante 02: sim.

Professor: Por quê?

Estudante 03: É porque ela foi cortada muito pra ficar na posição certa. Ela perdeu a altura que deveria. Ela perdeu muito do que precisaria para ser uma base firme. É por isso que ela fica pendendo para a direita e para a esquerda.

Professor: Certo.

Estudante 03: E esse é o motivo dela tá fazendo assim (ele pega na base para mostrar). Quer dizer que se a gente tivesse feito certo desde o início, a gente nem precisaria de tanto arame.

Estudante 01: A altura tem que ser aqui oh (ele aponta o local do cano)... mais ou menos.

Professor: Mas não tem um buraco aí (o professor aponta para um buraco no cano)? Só que ele tá... acho que vocês colocaram cola nele.

Estudante 02 tirou o cano que estava encaixado no pedaço de cabo de vassoura da base e explicou.

Estudante 02: Não era para ultrapassar esse pedacinho aqui (aponta para o pedaço de cabo de vassoura). Era pra ficar tipo mais ou menos aqui (aponta o local).

Professor: A altura da tampa é pra tá do tamanho do...?

Estudante 02: Um pouquinho abaixo.

Estudante 01: Um pouquinho abaixo. Mais ou menos aqui (aponta o local).

Nesse breve trecho, o professor executou seu papel de facilitador, conforme Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao fazer questionamentos aos estudantes com o intuito de eles explicarem e de refletirem sobre o porquê de terem trocado a garrafa pet da base. A equipe explicou os motivos de terem feito a substituição, confessando que erraram na primeira tentativa e que, com isso, não repetiram as mesmas falhas. A atitude dos estudantes seguiu as ideias de Mill e César (2009) e Miranda e Suanno (2009), ao observarem o erro no protótipo, refletirem sobre ele e chegarem ao acerto. Desse modo, os participantes perceberam a importância da falha para chegar a uma solução melhor. Do mesmo modo, que reforçou a ideia de Gebran (2009), quando a prática com a Robótica propiciou aos estudantes uma ocasião na qual eles tiveram que tomar uma decisão diante da situação presenciada por eles.

O estudante 03 alertou os outros membros para que a equipe tentasse trabalhar com um pouco mais de cuidado, para não desperdiçar mais materiais, como a primeira garrafa pet e o arame. Essa preocupação mostrou que o aluno estava atento ao desperdício e que, por mais que pudesse acontecer de ter que refazer alguma parte do protótipo, tendo que substituir o material, era importante ter o cuidado de não

descartar por descuido. Essa ação reforçou a ideia de Layrargues (2002) ao defender o argumento da reutilização, mas tendo atenção com o desperdício.

Ao terminarem de construir o protótipo, a equipe testou as seringas de 5, 10 e 20 mL. Em determinado momento, eles colocaram uma de 10 mL e uma de 20 mL em duas mangueiras. Ao testarem ambas, comentaram:

Estudante 01: É mais difícil (a seringa de 20 mL) de mexer.

Estudante 03: A pressão que ela põe é maior (a seringa de 10 mL).

Professor: Essa que você tá fazendo (seringa de 10 mL), precisa de mais força?

Estudante 03: Não, essa aqui (aponta para a seringa de 20 mL) precisa de mais força, essa aqui que é só de 10 precisa de menos.

Nesse breve trecho, os estudantes perceberam que com a seringa menor eles aplicavam uma força menor para fazer o movimento. Além disso, observamos aqui eles falando sobre pressão. Isso pode ser um indicativo de que eles podiam estar começando a perceber que a pressão estava relacionada ao experimento. Essa ocasião ressaltou as ideias de D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a atividade com a Robótica possibilitou um ambiente de aprendizagem aos estudantes a partir do trabalho em equipe.

A figura 25 exhibe como ficou o protótipo desenvolvido por essa equipe.

Figura 25 - Robô Hidráulico



Fonte: Elaborada pelo autor.

Mais à frente, o estudante 02 explicou o funcionamento do experimento.

Estudante 02: A pressão... a quantidade de pressão que você pega aqui (ele pressiona uma seringa), é definida pela armazenagem da seringa. Quanto mais eu empurrar, o líquido ou o gás, se for fazer com ar, vai ser empurrado daqui e vai ser jogado pra cá (ele mostra que vai da primeira seringa, passando pela mangueira, até chegar a outra seringa), aí no caso, o que tava aqui (ele pressiona a seringa), vai ser transferido pra cá (mostra a outra seringa), por isso que faz ele subir e descer.

Observamos nessa breve explanação que o estudante explicou o funcionamento do protótipo, utilizando o termo pressão, como aconteceu com essa equipe anteriormente. Outro detalhe importante é que, mesmo eles utilizando a água dentro das seringas e das mangueiras para fazer o movimento, eles perceberam que era possível trabalhar com o ar no lugar do líquido. Isso mostrou que a equipe observou que o trabalho com as seringas e mangueiras podia ser feito com fluídos (líquido e gasoso). Essa situação esteve de acordo com D'Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a Robótica proporcionou uma ocasião de aprendizagem a partir do trabalho em grupo dos estudantes.

O momento de discussão sobre o qual a seringa aplicava mais e menos pressão e a demonstração que os estudantes sabiam explicar o funcionamento do protótipo, mostram que eles podiam estar começando a visualizar a solução das questões (6ª e 7ª) relacionadas ao Princípio de Pascal do pré-teste.

Observamos nas três atividades dessa equipe que os estudantes foram melhorando o trabalho com as ferramentas de forma a aprimorarem nos cortes com a serra, nos furos com a furadeira, no uso do martelo na hora de pregar, entre outras ações. Tudo isso seguindo o que Gebran (2009) destacou no momento em que a Robótica proporcionou aos estudantes uma melhora no desenvolvimento da motricidade.

Apesar dessa melhora, os estudantes ainda estavam demorando um pouco na execução de algumas tarefas por serem ações que eles não têm o hábito de fazer com frequência. Sendo esse um dos motivos da construção desse protótipo ter demandado mais tempo (8 horas no total). Para efeito de comparação, no estudo piloto, os participantes desse momento também passaram pelo mesmo processo, demorando um tempo similar para desenvolver esse mesmo artefato. Entretanto, nos últimos protótipos, estes alunos começaram a executar as tarefas com um pouco mais de facilidade e agilidade. No caso do desenvolvimento do pinball, que mostraremos na próxima seção, realizado pela equipe da Robótica Tradicional, o tempo de sua

construção foi menor (2h40min). Como esse grupo não precisou serrar, furar, colar, entre outras coisas, mas só encaixar as peças, eles acabaram conseguindo construir os protótipos de forma mais rápida.

Durante as três práticas dessa atividade, verificamos nos diálogos dos estudantes que eles debateram alguns assuntos de Física; sendo eles: pressão, força, chave em um circuito, condução e isolamento, circuito simples, força elástica, força de resistência, tensão, tensão em série, estabilidade, alavanca e atrito. Além desses, discutiram sobre Sustentabilidade, trabalharam com medidas, principalmente, nos cortes dos canos e cabo de vassoura, e falaram sobre articulações de uma mão. Diante disso, podemos dizer que o ambiente da Robótica proporcionou um estudo de conhecimentos científicos, em especial os da Física, mas indo além dessa ciência, estando de acordo com Arlegui e Pina (2016), assim como de aprendizagem, conforme D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que essa tecnologia ofereceu uma situação de aprendizagem a partir do trabalho colaborativo dos estudantes.

6.7 Desenvolvimento do Pinball – Equipe 02

Antes de começar a terceira prática, o professor sentou com os estudantes e voltou a conversar sobre o trabalho colaborativo. Ele sentiu essa necessidade devido a um dos membros da equipe gostar de ficar brincando com os outros dois e, com isso, esses dois acabarem não gostando e se afastando um pouco dele, o que atrapalharia o trabalho em equipe. Esse diálogo realizado pelo professor fez com que ele exercesse seu papel de Instrutor, segundo Collazos, Muñoz e Hernández (2014), ao conversar com os participantes sobre as habilidades sociais que são importantes para um bom trabalho em equipe. Desse modo, fortaleceu a ideia de que os membros precisam apoiar um ao outro e ter uma boa comunicação para poder resolver melhor os problemas encontrados.

Nas práticas do desenvolvimento do ventilador e do ciclista, as peças foram separadas em caixinhas que tinham divisórias. Nessas duas atividades, os estudantes, principalmente no início, procuravam em qual das caixinhas estavam as peças que eles precisavam para montar os protótipos. Com o tempo, eles já sabiam onde estavam algumas peças. Na terceira prática dessa equipe, deixamos na bancada o *kit* do pinball para eles construírem o protótipo. Nessa situação, eles não

precisaram procurar as peças nas caixinhas. Todas as peças estavam dentro das duas caixas que vêm dentro do *kit*. Eles optaram por tirar as peças que estavam dentro dos saquinhos plásticos fechados (como o *kit* era novo, estava tudo embalado) e colocaram dentro das duas caixas maiores, que vêm dentro do *kit*. A figura 26 mostra as duas caixas com algumas peças dentro e outras na bancada.

Figura 26 - Peças do Kit da Fischertechnik



Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobre as duas situações, as peças nas caixinhas divisórias e só as peças do *kit* em duas caixas, o professor perguntou aos estudantes qual foi a diferença que eles perceberam ao trabalhar das duas formas.

Professor: Qual a diferença que vocês estão vendo?

Estudante 05: Mais fácil de achar.

Estudante 04: Mais fácil porque as peças estão todas na caixa.

Professor: Então, qual foi a diferença que vocês acharam entre quando estavam ali (na outra bancada) as caixas com as peças divididas e com essa caixa?

Estudante 05: É porque agora é bem mais fácil de achar.

Estudante 04: Agora é mais fácil vir aqui, as peças estão na frente da gente. É só vir aqui e pum, a gente sabe que tá por aqui, é só olhar aqui.

Essa experiência de trabalhar só com as peças do *kit* dentro de suas duas caixas mostrou ser mais fácil e rápido desenvolver o protótipo como os estudantes falaram. Observamos também que, dessa forma, eles conheceram menos peças diferentes e, com isso, possibilitou uma menor criatividade por limitar o material utilizado para o desenvolvimento do artefato, indo de acordo com Mill e César (2013) ao mostrar que o trabalho só com o material da caixa limitou a criatividade dos estudantes por não ter possibilitado o uso de outras peças no desenvolvimento de seus protótipos.

Com as observações acima, podemos dizer que ambientes que têm um maior número de *kits* diferentes possibilitam uma maior criatividade por parte dos participantes no desenvolvimento dos protótipos.

Em um dos momentos da prática, os estudantes começaram a debater sobre um erro encontrado na montagem.

Ao verificarem que o encaixe das duas bases não estava certo, o estudante 05 disse:

Estudante 05: Tá torto.

Estudante 04: Mas é assim.

Estudante 05: Torto?

Estudante 04: É assim.

Estudante 06: É.

Estudante 05: Não, tô falando tipo... (faz um gesto com a mão).

Estudante 05 mexeu no protótipo.

Estudante 05: Tá faltando alguma coisa aqui.

Estudante 05: Está faltando alguma coisa aqui.

Estudante 05: Oh, tá faltando isso aqui (aponta para uma peça no manual).

Estudante 04: Cadê, estudante 06?

Estudante 06: Aqui.

Estudante 06: Esse é aqui. Nesse daqui (ele aponta o local para o estudante 05 colocar a peça).

Estudante 05: Nesse?

Estudante 06: Sim.

Estudante 06: É isso aqui (aponta para o manual)... aqui (aponta para um local do protótipo).

Estudante 04: O problema não é esse.

Estudante 06: Eu já entendi o que é para fazer.

Ele colocou uma peça no protótipo.

Estudante 06: Esse aqui. Encaixa assim.

Estudante 06: Tava encaixado aí? (ele aponta para o outro lado do protótipo) Por que você tirou?

Estudante 04: Por que eu tirei? Porque tava errado.

Estudante 06: Tá errado o quê, estudante 04? Tá errado o quê?

Estudante 04: Esse negócio tem que encaixar assim. Olha como tava.

Estudante 05: Ah, já entendi.

Nesse momento, os estudantes perceberam que erraram em algum momento da construção do protótipo e começaram a discutir o problema. De forma colaborativa, conseguiram chegar a uma solução e resolveram o problema. Nessa ocasião, os estudantes trabalharam de forma colaborativa em concordância com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) ao debaterem, escutando um ao outro e chegando a uma solução que resolveu o problema encontrado.

Mais à frente, os estudantes debateram sobre um detalhe do protótipo.

Estudante 05: É uma mola só nesse, não? Ou são duas?

Estudante 04: Duas.

Estudante 05: São duas?

Estudante 06: Eu não sei qual é. Tá dizendo aqui... duas (aponta para o local do manual que mostra as peças desse passo). Mas aqui só tem uma (aponta para o desenho do que tem que fazer agora).

Estudante 05: Não é pra fazer dois desse não? Não, é não.

Estudante 06: Não.

Estudante 04: Tem certeza que aí só tem uma?

Estudante 06: Sim, só tem uma.

Estudante 04: Só tem uma não.

Estudante 06: Só tem uma.

Estudante 04: Só tem uma não. Presta atenção aqui (aponta para o desenho do manual). Tem uma aqui dentro. Aí bota uma outra aqui fechando.

Estudante 06: E é? Fechou já?

Estudante 04: Fechei.

Nesse diálogo, observamos um momento no qual os estudantes ficaram com dúvida na construção do artefato. De forma colaborativa, debateram a questão até chegarem a um consenso de como realmente deveriam construir esse passo da montagem do protótipo, indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) por discutirem o problema escutando um ao outro até entrarem em um acordo sobre a solução.

Em um determinado momento da prática, os estudantes resolvem testar mais de uma seringa.

Estudante 05 cogitou a possibilidade de se trabalhar com seringas menores do que a de 20mL.

Estudante 05: Acho que esse daqui seria melhor.

Estudante 04: Não.

Estudante 05: Esse menor.

Estudante 04: Não.

Estudante 05: Porque esse é mais fácil de mexer. Olha! Esse aqui (seringa menor) a gente consegue mexer mais fácil.

Estudante 05 movimentou para mostrar e depois pegou a seringa de 20 mL.

Estudante 05: Esse... é mais força.

Estudante 04: A questão é essa não. A questão é que tá melado de tinta.

Estudante 05: Não, mas eu já mexi tanto que a tinta saiu.

Estudante 06: Eu acho melhor botar a menorzinha.

Estudante 05: Então... deixa eu botar.

O professor pegou uma seringa de 20 mL sem tinta e entregou para eles testarem.

Professor: Olha, essa não tem tinta.

Estudante 05 movimentou e disse:

Estudante 05: É, não é por causa da tinta.

Estudante 05 colocou a seringa menor (5 mL) e testou.

Estudante 05: É bem melhor.

Estudante 06: É!

Estudante 05: Olha.

Estudante 05 entregou a seringa ao estudante 06 para testar.

Estudante 06: Mil vez melhor. Troca aí, pelo amor de Deus.

Nessa situação, os estudantes debateram sobre o uso das seringas de 5 mL e de 20 mL. O estudante 04, antes do teste, defendeu o uso da seringa maior. O estudante 05 conectou em cada uma das duas mangueiras seringas distintas para poder comparar uma com a outra. Ele percebeu que a seringa menor era mais fácil de movimentar, precisava de menos força. Como a seringa maior tinha um pouco de tinta dentro, o estudante 04 cogitou a possibilidade de essa tinta estar atrapalhando o movimento. E, por isso, estava tendo mais dificuldade em movimentar. O professor entregou outra seringa de 20 mL limpa para que eles pudessem verificar novamente. Ao compararem outra vez, o estudante 05 voltou a observar que necessitava de menos força para movimentar a seringa menor. O estudante 06 concordou com essa afirmação e o 04, ao perceber isso, não discordou mais. Nesse debate, observamos um trabalho colaborativo com o intuito de chegarem a uma conclusão à questão que surgiu no grupo. Assim, indo de acordo com Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) e Torres e Irala (2014) ao debaterem o problema ouvindo um ao outro, respeitando a opinião oposta, negociando as informações, ensinando um ao outro. E, finalmente, chegando a uma solução a partir de um entendimento socializado. Essa situação ratificou as ideias de D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009) quando a prática com a Robótica proporcionou uma ocasião de aprendizagem aos alunos a partir da interação deles.

Mais à frente na prática, o professor fez algumas questões para saber o que tinham verificado no uso das duas seringas.

Professor: Quando vocês testaram essa seringa (a de 20mL), vocês verificaram o quê?

Estudante 05: Que a gente precisa de mais força para mover essa.

Professor: Por que você acha que precisa de mais força?

Estudante 05: Porque tem mais ar aí dentro.

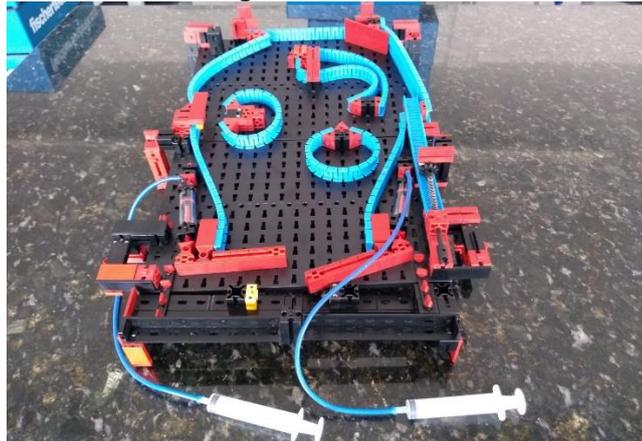
Professor: E essa daí (a seringa de 5 mL) tem menos ar e por isso é mais fácil se mover?

Estudante 05: É. E a quantidade de ar é suficiente para mover aqui (aponta para a paleta).

Nesse breve diálogo, observamos que houve uma percepção de que havia necessidade de fazer mais força na seringa maior. E a justificativa era de que esta tinha um volume maior do fluido. Isso mostra que os estudantes relacionaram a força com o volume e não com a área, como mostra o Princípio de Pascal.

A figura 27 mostra como ficou o artefato construído pela equipe.

Figura 27 - Pinball



Fonte: Elaborada pelo autor.

No diálogo abaixo, os estudantes explicaram o funcionamento do protótipo.

Estudante 05: Ele usa a compressão do ar... quando a gente empurra aqui, a gente tá meio que empurrando o ar. Fazendo ele ficar mais comprimido. Aí quando a gente faz isso (ele aperta a seringa), chega uma hora que isso daqui (aponta para a peça que empurra a paleta quando a seringa é apertada) não aguenta a pressão e se move. Aí quando se move, ele acaba movendo aqui também (aponta para a paleta) porque tá preso aqui.

Professor: É isso, gente?

Estudante 06: É.

Estudante 04: Bom, vamos dizer que é.

Professor: Vamos dizer que é? Como seria sua ideia?

Estudante 04: É pelo jeito dele explicar só. Mas é isso mesmo.

Professor: Explique do seu jeito.

Estudante 06: É que o estudante 05 não sabe explicar.

Estudante 04: Vamos utilizar a força do ar (ele empurra a seringa)... a força do ar para mover essa mola, quando ela for movida, ela vai causar um impulso empurrando esse objeto (a paleta) que eu não sei o nome.

Professor: É isso, estudante 06?

Estudante 06: É isso mesmo.

Identifica-se que os estudantes ainda não tinham compreendido bem a ideia do Princípio de Pascal, mas começaram a explicar a ideia científica do funcionamento do protótipo. Nesse trecho, eles também não se entenderam na forma de explanarem seus pensamentos. Essas dificuldades que acabaram acontecendo, poderiam

prejudicar o entendimento dos problemas propostos no pré-teste relacionados ao Princípio de Pascal (6ª e 7ª questões).

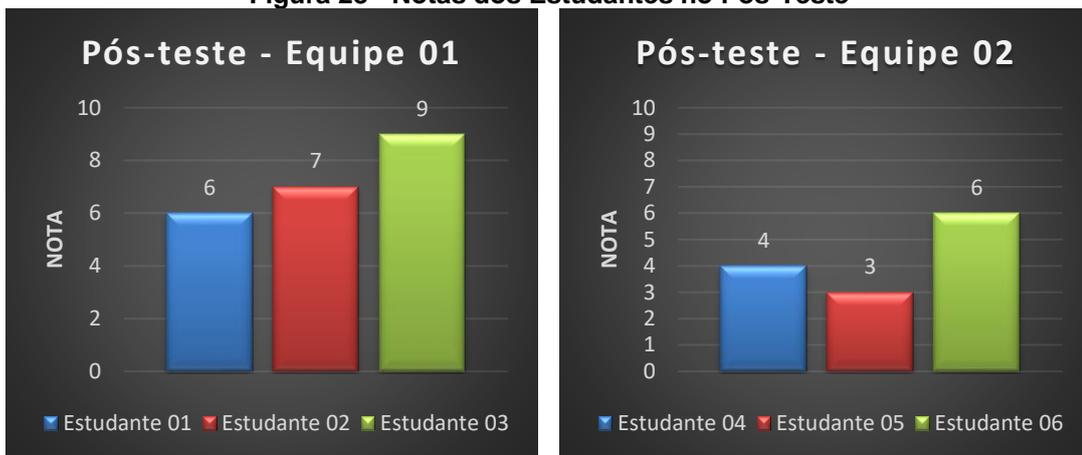
Observamos nessa prática que, devido às peças do *kit* terem ficado concentradas somente em duas caixas, os estudantes tiveram a menor movimentação de todas as práticas. Eles, basicamente, não saíram da mesma bancada que tinha as duas caixas, o manual e o protótipo que estavam construindo. O trabalho com um número maior de peças disponíveis possibilitou aos estudantes conhecerem mais alternativas para a construção do artefato, possibilitando desenvolver sua criatividade e uma maior oportunidade de sair do passo a passo do manual. Ao mesmo tempo que, com as peças só de um *kit*, os estudantes erraram menos na montagem.

Durante o processo das três atividades, observamos nos debates dos estudantes que eles discutiram sobre alguns conteúdos de Física, sendo eles: circuito simples, tensão, tensão em série, sobrecarga, movimento circular, elasticidade da mola, força, compressão do ar e pressão. Isto posto, a prática mostrou que o trabalho com a Robótica propiciou um estudo sobre conhecimento da Física, ressaltando a fala de Arlegui e Pina (2016), da mesma forma que esse ambiente possibilitou a aprendizagem, concordando com D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), visto que essa tecnologia permitiu uma ocasião de aprendizagem diante da interação dos estudantes.

6.8 Pós-Teste

Logo depois que os estudantes desenvolveram todos os protótipos da prática, aplicamos o pós-teste com as mesmas perguntas da terceira à sétima questão do pré-teste. Diante das respostas dos estudantes, fizemos as devidas correções e colocamos as notas que foram organizadas em gráficos conforme a figura 28.

Figura 28 - Notas dos Estudantes no Pós-Teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante das notas do pós-teste, fizemos um gráfico com as notas das duas avaliações conforme a figura 29.

Figura 29 - Notas do Pré e Pós-Testes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante de ambos os gráficos, observamos que as duas equipes tiveram uma melhora no rendimento, mostrando que o trabalho com a Robótica pôde contribuir com o debate sobre conteúdos de Física, indo de acordo com D`Abreu (2016), César (2013), César e Melo (2009), Mill e César (2009), Gebran (2009) e Miranda e Suanno (2009), uma vez que a prática com a Robótica proporcionou aos sujeitos da pesquisa um ambiente de aprendizagem, em especial, de conteúdos de Física.

Entretanto, apesar do crescimento do rendimento das duas equipes, os estudantes que trabalharam com a Robótica Sustentável demonstraram uma evolução maior do que a dos participantes que utilizaram a Robótica Tradicional. Apesar de nas análises das transcrições termos verificado que os alunos da equipe 01 discutiram

mais assuntos da Física do que do outro grupo, não chegamos a observar uma discrepância de aprendizagem tão grande como aparentemente os dados comparativos do pré e pós-testes revelaram. Independente dessa diferença ser grande ou pequena, percebemos uma evolução maior dos estudantes que trabalharam com a Robótica Sustentável no que diz respeito ao aprendizado da Física.

Foi observado nas análises das transcrições que os estudantes da equipe da Robótica Tradicional tiveram algumas dificuldades na compreensão do funcionamento do Pinball. Enquanto isso, a equipe da Robótica Sustentável mostrou ter compreendido melhor o Robô Hidráulico. Esses detalhes reforçam o porquê dos estudantes dessa última equipe terem tido um desempenho melhor nas questões relacionadas ao Princípio de Pascal do que o outro grupo.

A 5ª questão foi a que a equipe da Robótica Tradicional teve o melhor desempenho no geral. Como esse grupo discutiu acerca de sobrecarga durante a prática, esse debate deve ter contribuído para esse resultado positivo. Durante o desenvolvimento do alarme de placa de pressão por parte da equipe da Robótica Sustentável, eles trocaram a placa por um interruptor, havendo uma discussão sobre esse tema. Esse debate, possivelmente, contribuiu com que todos estudantes dessa equipe soubessem responder a 4ª questão. De forma geral, as respostas dos testes constataram a importância dos debates proporcionados pela prática para compreensão de assuntos de física.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As práticas pedagógicas com a Robótica Tradicional e a Sustentável proporcionaram um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes puderam debater e aprender muitos conhecimentos científicos, principalmente o Princípio de Pascal e os de Eletricidade, além de terem possibilitado um trabalho colaborativo dos estudantes que conseguiram resolver muitos problemas a partir de suas interações.

Os trabalhos em equipe com a Robótica Tradicional e Sustentável proporcionaram vários momentos de colaboração entre os estudantes com quais eles ensinaram e aprenderam um com o outro. Tudo isso a partir da interação entre eles durante todo o processo de desenvolvimento dos protótipos, tendo metas e objetivos comuns, de forma que apoiaram e prestaram serviços entre eles com o intuito de resolver os problemas. A dificuldade, principalmente inicial, da equipe que trabalhou com a Robótica Tradicional em construir os artefatos dos *kits* comerciais, seguindo os seus respectivos manuais, fez com que os estudantes debatessem a montagem dos protótipos por não compreenderem alguns detalhes desse caderno que não ficaram claros para os participantes alguns passos. Esse fato fez com eles aprendessem a desenvolver os protótipos desses *kits* a partir de discussões colaborativas. No caso dos estudantes que trabalharam com a Robótica Sustentável, os debates colaborativos aconteceram mais para discutir o funcionamento dos protótipos e detalhes dos artefatos que envolviam o uso das ferramentas. Este último aconteceu principalmente pelos participantes não terem muita familiaridade com o uso das ferramentas utilizadas na construção dos protótipos.

O uso dos *kits* comerciais da Robótica Tradicional trouxe outras dificuldades além das iniciais que os estudantes tiveram em entender todos os detalhes do passo a passo da montagem a partir do manual. Apesar de ter várias peças à disposição, quando se tem vários materiais de distintos *kits*, nem sempre é possível encontrar um objeto com o tamanho exato que os participantes queiram utilizar na atividade para executar uma tarefa fora do passo a passo do manual devido às peças terem tamanhos exatos por serem pré-fabricadas. Além dos furos da base que são em locais determinados, podendo trazer o mesmo problema por não possibilitar o encaixe das peças em qualquer lugar dela. Essas restrições podem trazer limitações na criatividade de quem trabalha com esse material. Principalmente quando a prática é realizada com as peças de um único *kit*. Apesar de que, quando se trabalha com

materiais de uma única caixa da Robótica Tradicional, os estudantes erram menos na montagem do protótipo, nas construções que eles seguem as instruções do manual, por vir nela só as peças que são utilizadas no desenvolvimento dos artefatos propostos pelo *kit*.

As dificuldades iniciais que os estudantes tiveram em interpretar alguns passos dos manuais dos *kits* fizeram com que acontecessem algumas falhas nas montagens que possibilitaram os participantes aprenderem a construir os protótipos da Robótica Tradicional a partir dos seus próprios erros que foram discutidos pelos alunos. Até, finalmente, chegarem à solução dos problemas que foram encontrados durante o processo de desenvolvimento dos artefatos. Entretanto, eles, na maioria das vezes, quando erravam, lidavam com essa situação acreditando que deveriam corresponder ao que tinha no manual, como se estivessem construindo um quebra-cabeça. A equipe da Robótica Sustentável lidou com o erro de uma forma mais natural, percebendo que fazia parte do desenvolvimento de um protótipo e aprendendo com essas falhas, ao ponto de elas ajudarem a aperfeiçoar os artefatos.

Na atividade com a Robótica Tradicional, mesmo colocando várias peças de distintos *kits*, a movimentação dos estudantes, basicamente, se restringiu a ir à bancada em que estava o material e à outra para montar o protótipo e ver o manual. Quando ficaram disponíveis aos participantes só as peças de um *kit*, eles se moveram menos ainda no laboratório. Ficando somente em uma bancada que estavam as duas caixas com os materiais, o caderno e o protótipo o qual estava sendo montado. No caso da Robótica Sustentável, os estudantes deslocaram-se à bancada onde estavam as ferramentas e os materiais, à outra mesa para desenvolver o artefato e para ver o vídeo, à pia para pegar água, a locais que tinham tomadas. Além disso, organizaram algumas carteiras no laboratório de uma forma que os ajudou a apoiar o cano e o cabo de vassoura para serrá-los. O uso da prática com a Robótica Sustentável mostrou uma maior movimentação dos estudantes do que a com a Robótica Tradicional.

A prática com a Robótica Sustentável possibilitou aos estudantes executarem tarefas de marceneiro e eletricista durante o desenvolvimento dos protótipos, utilizando além dos materiais reutilizados e os de baixo custo, várias ferramentas, como chaves de fenda, pistola de cola quente, furadeira, martelo, alicate universal, estilete, tesoura, entre outras. Na Robótica Tradicional, os participantes chegaram a executar tarefas de eletricista, mas não de marceneiro, utilizando somente as ferramentas estilete e a chave de fenda do *kit*. O trabalho com a Robótica Sustentável

possibilitou uma maior oportunidade dos estudantes aprenderem a utilizar essas ferramentas que podem ser usadas para realizar vários serviços nas suas próprias casas, como colocar uma prateleira e uma bucha com um parafuso na parede para colocar, por exemplo, um quadro, ajeitar uma tomada etc. Foi perceptível a melhora na motricidade dos estudantes da Robótica Sustentável devido ao uso das ferramentas durante o desenvolvimento dos protótipos.

O debate e a aprendizagem de conhecimentos da Física aconteceram em ambas as práticas robóticas, como foi possível verificar nas discussões que ocorreram durante o processo de desenvolvimento dos protótipos. Entretanto, a prática com a Robótica Sustentável proporcionou mais debates e aprendizagens dos conteúdos dessa ciência, em especial, os da Eletricidade e do Princípio de Pascal. Essa evidência foi corroborada com os dados comparativos dos pré e pós-testes que mostraram que os estudantes dessa equipe tiveram uma melhora no desempenho maior do que a do grupo da Robótica Tradicional. Tal fato confirma nossa hipótese de que os assuntos da Eletricidade e Princípio de Pascal são mais fáceis de serem discutidos na Robótica Sustentável. Além disso, essa prática com esta Robótica propiciou aos alunos abordarem assuntos de outras áreas ao falarem sobre Sustentabilidade, medidas e articulações dos dedos, possibilitando um trabalho interdisciplinar com essa tecnologia. No desenvolvimento do alarme de placa de pressão, os estudantes também visualizaram uma utilidade dele na prática ao sugerirem seu uso na frente da porta de uma casa para servir como segurança desse lar, mostrando um potencial de inovação ao projetarem modificações e melhorias futuras no protótipo. Enquanto a Robótica Tradicional propiciou aos estudantes falarem sobre ângulos em um determinado momento da atividade e de perceberem que, devido ao cooler de um computador mudar o sentido da ventilação conforme a sua ligação, caso seja conectado de forma invertida, alguns componentes dentro do computador podem queimar. O momento de maior inovação que essa equipe conseguiu fazer foi trocar a peça da cabeça do ciclista. Com isso, percebe-se que a prática com Robótica Sustentável tem mais potencial de inovação do que a Tradicional.

Um dos fatores que contribuiu com a aprendizagem colaborativa dos estudantes na prática com a Robótica foi o professor ter executado seus papéis de Desenhador Instrucional, Instrutor e Facilitador ao: definir as condições iniciais da atividade com seu planejamento, organizar o ambiente de aprendizagem com os

materiais adequados para a realização da prática, acompanhar o desenvolvimento dos estudantes, trazer questionamentos que fizeram os participantes refletirem e explanarem seus pensamentos e conversar com os alunos sobre a execução das tarefas em grupo, o respeito às opiniões dos colegas, a tomada de decisões em conjunto e ver o erro e o acerto como de todos da equipe com o intuito de esse trabalho em grupo resolver os problemas da prática pedagógica.

A Robótica Sustentável proporcionou aos estudantes discutirem o desperdício dos materiais, ao mostrar que ela pode fazer com que os estudantes reflitam sobre a Sustentabilidade, passando a ter uma visão mais crítica sobre o tema. No estudo piloto, a maioria dos materiais utilizados para o desenvolvimento dos protótipos da Robótica Sustentável foram reutilizados e alguns eram de baixo custo. Muitos desses materiais foram aproveitados da própria escola por não terem mais serventia, ajudando não só a atividade, como diminuindo o lixo na instituição. Esses materiais voltaram a ser reaproveitados na prática pedagógica da pesquisa. Há protótipos da Robótica Sustentável que podem ser desenvolvidos com somente materiais reutilizados, mostrando que essa tecnologia pode ser mais acessível às escolas. Dessa forma, mostrando que o trabalho com o material dessa Robótica permite discutir uma visão mais crítica sobre a Sustentabilidade ao debater sobre a reutilização das peças usadas na construção dos artefatos ao invés de comprar *kits* comerciais dessa tecnologia para montar protótipos robóticos.

Acreditamos que o trabalho com a Robótica Sustentável é mais simples de ser feito por não precisar utilizar a programação. Entretanto, como trabalhamos com a Robótica Tradicional sem o uso da programação, não tivemos como constatar essa hipótese. O que verificamos nas comparações entre as práticas realizadas foi que a atividade com a Robótica Tradicional só com as peças e sem a linguagem de programação foi mais rápida de construir os protótipos, apesar das dificuldades de entender alguns detalhes do manual, e mais fácil de prever o tempo de desenvolvimento dos artefatos. Embora não tenha como ter certeza do tempo exato da montagem, tendo em vista particularidades de cada sujeito e de como participantes de equipes de projetos de Robótica trabalharão juntos no desenvolvimento desses protótipos.

O estudo piloto mostrou que trabalhar com a Robótica Sustentável pode contribuir com uma posterior atividade com a Robótica Livre devido ao aprendizado com essa primeira poder influenciar na ideia da segunda, como aconteceu com o

teclado musical e o ambiente inteligente para pet em que usaram a ideia do alarme de placa de pressão, nas teclas do instrumento musical e no caso da casa de cachorro na base, que ligava e desligava o cooler, e o robô hidráulico que utilizou o princípio de funcionamento da mão biônica hidráulica. A equipe da Robótica Sustentável chegou a conjecturar o uso do alarme de placa de pressão como segurança na frente de uma casa, com o uso do Arduino para desenvolver uma programação que pudesse enviar informações a uma pessoa que estivesse longe de casa. Portanto, mostrando que esses estudantes poderiam desenvolver esse protótipo logo depois da prática de que eles participaram. Assim, reforçando a ideia de que uma prática com a Robótica Sustentável pode ajudar um posterior trabalho com a Robótica Livre.

No estudo piloto foi possível perceber que o trabalho em equipe com três estudantes foi mais produtivo para os participantes do que com grupos com quatro ou cinco alunos devido ao número maior de pessoas trabalhando juntas acabar deixando um deles em alguns momentos sem participar, de fato, das ações da atividade.

A escola de Educação Básica pode ser um ambiente de aprendizagem que proporcione várias formas de ensinar, sendo a Robótica, tendo a Aprendizagem Colaborativa como fundamentação teórico-metodológica, uma excelente tecnologia para se desenvolver uma prática pedagógica, discutindo conhecimentos científicos, em especial, os da Física. A Robótica Sustentável, em relação à Tradicional, mostrou ser um caminho mais eficaz para se trabalhar essa tecnologia na Educação, ao mostrar que os estudantes tiveram a oportunidade de aprender não só mais os conteúdos de Física como discutir a Sustentabilidade. Além de se movimentarem mais, melhorarem sua motricidade, aprenderem práticas de marceneiro e electricista e estarem mais preparados para um posterior trabalho com a Robótica Livre.

Acreditamos que os professores que trabalham em escolas que têm *kits* da Robótica Tradicional devem utilizar esses materiais. Entretanto, sugerimos a realização de práticas que desenvolvam protótipos sem a utilização do manual e com peças de vários *kits* para que os estudantes não se limitem ao que é pedido nesse caderno e tenham mais opções e liberdade para a criatividade.

Pretendemos nos aprofundar mais na pesquisa sobre a Robótica Sustentável para conhecermos mais as potencialidades dessa tecnologia. Além de realizar práticas com ela e uma posterior com a Robótica Livre visando observar como elas podem se complementar em uma prática pedagógica.

REFERÊNCIAS

- ADOLPHUS, T.; ADERONMU, T. S. B. 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, 2013.
- ARAÚJO, C. A. P.; RICARDO, J.; MAFRA, S. **Robótica e Educação: Ensaio Teóricos e Práticas Experimentais**. Curitiba-PR: Editora CRV, 2015.
- ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 02 jun 2018.
- ARLEGUI, J.; PINA, A. **Didáctica de la Robótica Educativa: un Enfoque Constructivista**. Madri (Espanha): Dextra Editora, 2016.
- ASIMOV, I. **Eu, Robô**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- AYROSA, P. P. S.; *et al.* **Utilização da Robótica Educativa como fator integrador no Curso de Graduação em Ciência da Computação**. In: I Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2010. p. 971-974.
- BALDOW, R.; LEÃO, M. B. C. Robótica Sustentável e Aprendizagem Colaborativa: Contribuições no Ensino de Eletricidade e Hidrostática. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla-ES, n.º Extraordinario, p. 699-704, 2017.
- BARATA, C. S. C. C. **Uso de Objetos Tangíveis Programáveis na Aprendizagem da Programação**. In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 2259-2261.
- BARBOSA E SILVA, R.; BLIKSTEIN, P (Orgs.). **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira**. Porto Alegre: Penso, 2020.
- BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. Dificuldades na Aprendizagem de Física Sob a Ótica dos Resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. 1-23, 2018.
- BENITTI, F.B.V. Exploring the Educational Potential of Robotics in Schools: a Systematic Review. **Computers & Education**, 58, p. 978-988, 2012.
- BEREK, F. X.; SUTOPO; MUNZIL. Concept Enhancement of Junior High School Students in Hydrostatic Pressure and Archimedes Law by Predict-Observe-Explain Strategy. **Jurnal Pendidikan IPA Indonesia**, p. 230-238, 2016.
- BERNARDES, J.; DIEHL, L. **Medindo Distâncias com Arduino**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Uberlândia-MG, 2015. p. 1-8.
- BERNHARD, J.; CARSTENSEN, A-K. Learning and Teaching Electrical Circuit Theory. **Physics Teaching in Engineering Education**, p. 163-178, 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**. In: II Congresso Nacional de Educação, Campina Grande-PB, 2015. p. 1-5.

BRASIL. **Documento de Área 2013**. Disponível em: https://pos.cepae.ufg.br/up/480/o/Ensino_doc_area_e_comissao.pdf. Acesso em: 30 dez 2016.

CABRAL, F. A Base Marxista da Teoria Sócio-Histórica em Psicologia. **Revista O Comuneiro**, n. 6, p. 1-9, 2008.

CAMBRUZZI, E.; SOUZA, R. M. **Robótica Educativa na Aprendizagem de Lógica de Programação: Aplicação e Análise**. In: XXI Workshop de Informática na Escola. Maceió-AL, 2015. p. 21-28.

CAMPOS, F. R. **Paulo Freire e Seymour Papert: Educação, Tecnologia e Análise do Discurso**. Curitiba-PR: CRV, 2013.

CAMPOS, F. R. 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, 2017.

CAMPOS, F. R.; **A Robótica para uso Educacional**. São Paulo: Editora Senac, 2019.

CAMPOS, F. R.; LIBARDONI, G. C. Investigação em Robótica na Educação Brasileira: o que Dizem as Dissertações e Teses. In: BARBOSA E SILVA, R.; BLIKSTEIN, P (Orgs.). **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira**. Porto Alegre: Penso, 2020. Capítulo 2, p. 21-45.

CARVALHO, I. C. M. **Territorialidades em Luta: uma Análise dos Discursos Ecológicos**. São Paulo: Instituto Florestal. Série Registros, n. 9, 1991.

CASTILHO, M. I.; BORGES, K. S.; FAGUNDES, L. C. **A Robótica no Contexto da Educação Orientada a Inovação**. In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 1899-1913.

CELINSKI, T. M.; *et al.* **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, 2012. p. 1-10.

CERCI, R. G.; FERREIRA, J. C. S.; MONTE-ALTO, H. H. L. C. **Desenvolvimento de um Ambiente de Robótica Educacional para o Ensino de Programação com Hardware Livre**. In: XXIII Workshop de Informática na Escola. Recife-PE, 2017. p. 1149-1153.

CÉSAR, D. R. **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.

CÉSAR, D. R.; MELO, C. M. **Robótica Pedagógica Livre: Uma Possibilidade Metodológica Para O Processo De Ensino-Aprendizagem.** In: 19º Encontro de Pesquisa Educacional do Norte e Nordeste. João Pessoa-PB, 2009. p. 1-17.

CHEN, Y.; IRVING, P. W.; SAYRE, E. C. Epistemic Game for Answer Making in Learning About Hydrostatics. *Physical Riview Special Topics - Physics Education Research*, 9(1), p. 1-7., 2013.

CHELLA, M. T. **Ambiente de Robótica para Aplicações Educacionais com SuperLogo.** 2002. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

COLLAZOS, C.; MUÑOZ, J.; HERNÁNDEZ, Y. **Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador.** Projeto LATIn, 2014.

CONCHINHA, C. I. **Legó Mindstorms: um Estudo com Utentes com Paralisia Cerebral.** In: II Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2012. p. 1581-1593.

CONCHINHA, C.; D'ABREU, J. V. V.; FREITAS, J. C. **A Comunidade Robots & NEE: a Robótica Educativa, um Ambiente Inclusivo.** In: III Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2014. p. 1581-1585.

CORREA, L. T.; *et al.* **Robótica na Educação Musical: Utilização de Arduino no Desenvolvimento de um Protótipo de Xilofone de Baixo Custo.** In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 1684-1700.

COSTA, D. F. S. *et al.* **ECO-BOT: Um Kit de Robótica Educacional de Baixíssimo Custo.** In: IV Workshop of Robotics in Education, Arequipa, Peru, 2013. p. 1-9.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O Ensino de Física no Brasil: Problemas e Desafios.** In: XII Congresso Nacional de Educação. Curitiba-PR, 2015. p. 10980-10989.

COSTA, M. R. **Robótica: Entrá al Mundo de la Inteligencia Artificial.** Buenos Aires: Educ.ar, 2012.

COSTA, T. C. A. **Uma Abordagem Construcionista da Utilização dos Computadores na Educação.** In: 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação: Redes Sociais e Aprendizagem, Recife-PE, 2010. p. 1-11.

CRUZ, G. (2013) **Robótica: A História da Robótica até os Dias de Hoje.** *Ciência e Tecnologia.* Disponível em: <https://cienciaetecnologias.com/robotica-historia/>. Acesso em: 12 Feb 2018.

D'ABREU, J. V. V. Cultura no uso da Robótica Educacional. In: Maria Teresa Égler Mantoan (Org.). **Miscelâneas.** Campinas-SP: LEPED, p. 82-104, 2016.

D'ABREU, J. V. V.; BASTOS, B. L. Robótica Pedagógica e Currículo do Ensino Fundamental: Atuação em uma Escola Municipal do Projeto UCA. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 23, n. 3, p. 56-67, 2015.

D'ABREU, J. V. V.; BASTOS, B. L. **Robótica Pedagógica: uma Reflexão sobre a Apropriação de Professores da Escola Elza Maria Pellegrini de Aguiar.** In: XIX Workshop de Informática na Escola. Campinas-SP, 2013. p. 280-289.

D'ABREU, J. V. V.; *et al.* **Robótica Educativa/Pedagógica na Era Digital.** In: II Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2012. p. 2449-2465.

D'ABREU, J. V. V.; GARCIA, M. F. **Robótica Pedagógica e Currículo.** In: Workshop de Robótica Educacional – WRE. Proceedings of the Joint Conference – SBIA – SBRN - JRI, Workshops, São Bernardo do Campo-SP, 2010. p. 1-6.

D'ABREU, J. V. V.; *et al.* Uma Experiência de Implementação de Robótica e Computação Física no Brasil. In: BARBOSA E SILVA, R.; BLIKSTEIN, P (Orgs.). **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira.** Porto Alegre: Penso, 2020. Capítulo 3, p. 46-64.

DAMIANI, M. F. **Sobre Pesquisas do Tipo Intervenção.** In: XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, Campinas-SP, livro 3, 2012. p. 2882-2890.

DAMIANI, M. F.; *et al.* Discutindo Pesquisas do Tipo Intervenção Pedagógica. **Caderno de Educação**, n. 45, p. 57-67, 2013.

DIAS, J.; ABDALLA, D.; SABA, H. **Clube de Robótica: Autonomia e Protagonismo Juvenil por Meio de Atividade Complementar na Escola.** In: XXIII Workshop de Informática na Escola. Recife-PE, 2017. p. 875-884.

DILL, R. E.; KLEIN, C. L.; MORESCO, T. R. **A Importância do Uso de Instrumentos de Avaliação na Prática Pedagógica Escolar.** In: XV Seminário Internacional de Educação no Mercosul, Cruz Alta-RS, 2013. p. 1-2.

DINIZ, R. H. N.; SANTOS, M. S. **O Pensamento Analógico como Instrumento de Aprendizagem: o Uso de Analogias na Robótica Educacional.** In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2013. p. 1-8.

DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M.A. **Ganhos na Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos em Circuitos Elétricos por Usuários da Ferramenta Computacional *Modellus*.** In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru-SP, 2005. p. 1-12.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e Modelagem Computacionais no Auxílio à Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade: Parte I – Circuitos Elétricos Simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, 2006. p. 487-496.

DUIT, R.; RHONECK, C. V. Learning and Understanding Key Concepts of Electricity. In: TIBERGHEN, A.; JOSSEM, E. L.; BARAJOS, J. (eds.). **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education.** International Commission on Physics Education, 1998.

EKICI, E. "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, 2016.

ENGELHARDT, P. V.; BEICHNER, R. J. Student' Understanding of Direct Current Resistive Circuits. **American Journal of Physics**, College Park, v. 72, n. 1, p. 98-115, 2004.

FASSBENDER, P. B. **A Influência de Karl Marx na Teoria de Lev Semenovitch Vygotsky**. 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/50558016/A-INFLUENCIA-DE-KARL-MARX-NA-TEORIA-DE-VEV-SEMOVICH-VYGOTSKY-PATRICIA-BONW-FASSBENDER>. Acesso em 11 de julho de 2017.

FERNANDES, E. **Robots na Formação Contínua de Professores de Matemática**. In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 2230-2233.

FERNANDEZ-PACHECO, A. S. V.; *et al.* **Robótica Educativa**. Madrid: Ra-Ma, 2015.

FERREIRA, L. F.; DURAN, R. S.; PEREIRA, J. C. **E-Music: Construindo um Instrumento Musical de Baixo Custo a Partir do Reaproveitamento de Resíduos Tecnológicos**. In: III Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2014. p. 1544-1551.

FREITAS, F. O.; BERTAGNOLLI, S. C. **O Desenvolvimento de uma Tabela Periódica Interativa Usando Robótica Educativa**. In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 906-916.

GARCEZ, A.; DUARTE, R.; EISENBERG, Z. Produção e Análise de Videogravações em Pesquisas Qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.

GARCIA, F. W. A Importância do uso das Tecnologias no Processo de Ensino-Aprendizagem. **Educação a Distância**, v. 3, n. 1, p. 25-48, 2013.

GARCIA, M. C. M.; SOARES, M. H. F. B. **O Ensino de Biologia a partir da Robótica Educacional: Colaboração e Cooperação em Discussões sobre o Sistema Nervoso Humano**. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2015. p. 1-9.

GAROFALO, D. **Robótica com Sucata**. Disponível em: <http://deboragarofalo.educapx.com/robotica-com-sucata.html>. Acesso em: 19 out 2019.

GEBRAN, M. P. **Tecnologias Educacionais**. Curitiba-PR: IESDE Brasil S. A., 2009.

GHIZONI, H. S.; *et al.* **Legó Mindstorm: a Aplicação da Robótica no Ensino de Física e no Desenvolvimento Tecnológico**. In: III Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2012. p. 1-8.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 6ª ed., 2008.

GNU.ORG – Free Software Foundation. **O que é o Software livre?** Disponível em: www.gnu.org/philosophy/free-sw-pt.html. Acesso em: 12 nov 2017.

GOGO BOARD. **About GoGo Board**. Disponível em: <http://gogoboard.org/about/>. Acesso em: 03 jun 2018.

GONÇALVES, D. A. S.; *et al.* **Educação para o Século XXI: o Uso da Robótica Educacional como uma Proposta Colaborativa**. In: Mostra Nacional de Robótica (MNR), Uberlândia-MG, 2015. p. 1-3.

GONZÁLEZ, L. L.; BUENO, A. Ideas del Alumnado sobre Robótica y Programación en 3.º de la ESO. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla-ES, n.º Extraordinario, p. 1261-1266, 2017.

GRADO, J.; MACEDO, M. **Adaptação: o Contraste entre o Ensino Tradicional e a Interferência da era Digital no Processo de Ensino**. 16f. Trabalho de Conclusão de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Educação e a Interface com as Redes de Proteção Social da UNOCHAPECO, Chapecó-SC, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. LTC, 9ª ed., v. 2, 2012a.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. LTC, 9ª ed., v. 3, 2012b.

HERNANDEZ, F. K. H.; *et al.* Promovendo a Robótica Educacional para Estudantes do Ensino Médio Público do Brasil. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, v. 9, p. 739-742, 2013.

HONORATO, A.; *et al.* **A Vídeo-Gravação como Registro, a Devolutiva como Procedimento: Pensando sobre Estratégias Metodológicas na Pesquisa com Crianças**. In: 29º Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação. Caxambu-MG: ANPEd, 2006.

HUMMINGBIRD. Disponível em: <https://www.hummingbirdkit.com/teaching/curricula>. Acesso em: 07 jun 2018.

IWAN, M.; SUYATNA, A.; WARSITO. Development of Static Fluid Learning Props to Improve Students' Argumentation Skills. **International Journal of Research – Granthaalayah**, v. 6, n. 6, p. 296-309, 2018.

JOHNSON D.W.; JOHNSON R.T. **An overview of cooperative learning** (2001). Disponível em: http://digsys.upc.es/ed/general/Gasteiz/docs_ac/Johnson_Overview_of_Cooperative_Learning.pdf. Acesso em: 20 nov. 2017.

JOHNSON, D.W.; JOHNSON, R.T. **An Overview of Cooperative Learning**. Brookes Press, Baltimore. 1994.

JOHNSON, D.W.; JOHNSON, R.T.; HOLUBEC, E.J. **El Aprendizaje Cooperativo en el Aula**. Buenos Aires, Editorial Paidós. 1999.

KLOC, A. E.; KOSCIANSKI, A.; PILATTI, L. A. **Robótica: uma Ferramenta Pedagógica no Campo da Computação**. In: I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2009. p. 1394-1403.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 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, 2002. Capítulo 7, p. 179-219.

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.

LEÃO, M. B. C. Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação. In: Marcelo B. C. Leão. **Tecnologia na Educação: uma Abordagem Crítica para uma Atuação Prática**. Recife-PE: Editora Universitária da UFRPE, 2011. p. 5-16.

LESSA, V. E.; *et al.* **Programação de Computadores e Robótica Educativa na Escola: Tendências Evidenciadas nas Produções do Workshop de Informática na Escola**. In: XXI Workshop de Informática na Escola. Maceió-AL, 2015. p. 92-101.

LIMA, E. F. A.; *et al.* **Construindo Robôs de Baixo Custo a Partir de Lixo Tecnológico**. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2010. p. 1-9.

LIMA, J. R. T.; FERREIRA, H. S. **Uma Revisão das Produções Científicas Nacionais sobre o Uso da Robótica no Ensino da Física**. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2015. p. 1-8.

LIMA, W. F.; FERREIRA, V. R. F.; SOARES, M. H. F. B. **O Desenvolvimento e a Construção de Aparelhos Alternativos para Laboratórios de Química no Ensino Médio Utilizando a Robótica Educacional**. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2015. p. 1-8.

LOIZOS, P. 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**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 137-155.

LOMBANA, N. B. Uso de la Robótica Educativa como Estrategia Didáctica en el Aula. **Praxis & Saber**, v. 6, n. 11, Jan-Jun, p. 215-234, 2015.

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

LUCIANO, A.; LUCIANO, A. P. G.; FERREIRA, A. B. G. **Desenvolvimento de Aparato para Medição de Propriedades Magnéticas Utilizando Arduino e Sensores de Efeito Hall**. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2014. p. 1-12.

MACIEL Jr, P. F.; MICHELIN, C. A. **Proposta de um Curso de Robótica com Vistas ao Estudo da Autonomia Docente de Professores de Ciências e Matemática**. In: V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2016. p. 1-12.

MALIK, T. G.; ALAM, R. Comparative Analysis Between Pretest/Post-test Model and Post-test-only Model in Achieving the Learning Outcomes. **Pakistan Journal of Ophthalmology**, p. 4-8, 2019.

MARTÍNEZ, C. D.; GONZÁLEZ, J. M.; DEVIA, J. Evolucion de la Robotica em la Industria a lo Largo de la Historia. **Revista HMI**, p. 1-16, 2014.

MARTINS, A. **O que é Robótica?** 1ª ed. São Paulo-SP: Editora Brasiliense, 1993.

MATARIC, M. J. **The Robotics Primer**. Massachusetts (Estado Unidos): The MIT Press, 2007. p. 1-305.

MILL, D. Mudanças de Mentalidade sobre Educação e Tecnologia: Inovações e Possibilidades Tecnopedagógicas. In: Daniel Mill (Org). **Escritos sobre Educação: Desafios e Possibilidades para Ensinar e Aprender com as Tecnologias Emergentes**. São Paulo-SP: Paulus, 2013. Capítulo 1, p. 11-38.

MILL, D.; CÉSAR, D. R. 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**. São Paulo-SP: Paulus, 2013. Capítulo 10, p. 269-293.

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

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

MOLISANI, E.; TEIXEIRA, R. M. R.; CAVALCANTE, M. A. **Arduino e Ferramentas da WEB 2.0 no Ensino de Física: um Exemplo de Aplicação em Aulas de Óptica**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo-SP, 2013. p. 1-10.

MONTEIRO, R. E. V. **Desenvolvimento de um Controlador Dinâmico para Robôs Humanoides NAO**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e Computadores) – Faculdade de Engenharia, Universidade Do Porto. Porto (Portugal).

MORELATO, L. A. *et al.* Avaliando Diferentes Possibilidades de uso da Robótica na Educação. **REnCiMa**, v. 1, n. 2, p. 80-96, 2010.

NASA. **Robonaut 2 Facts – Nasa**. Disponível em: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Robonaut2_508.pdf. Acesso em: 17 fev 2018.

NASCIMENTO, J.; *et al.* Utilização da Plataforma Arduino no Desenvolvimento de Duas Unidades Didáticas em Ciências Naturais. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla-ES, n.º Extraordinario, p. 995-1001, 2017.

NICOLETE, P. C.; *et al.* Integração Tecnológica na Educação Básica Pública Brasileira: uma Análise sobre a Evolução Temporal e a Interdisciplinaridade do Tema. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação** (RIAEE), v. 11, n. 4, p. 2064-2086, 2016.

NUNES, S. C.; SANTOS, R. P. **O Construcionismo de Papert na Criação de um Objeto de Aprendizagem e sua Avaliação Segundo a Taxionomia de Bloom**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia-SP, 2013. p. 1-8.

OAKLEAF, M. Dangers and opportunities: a conceptual map of information literacy assessment approaches. **Libraries and the Academy**, v. 8, n. 3, p. 233-253, 2008.

OLIVEIRA, D.; *et al.* **Uma Proposta de Ensino-Aprendizagem de Programação Utilizando Robótica Educativa e Storytelling**. In: II Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2012. p. 2567-2576.

OLIVEIRA, G. S.; *et al.* **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, 2011. p. 1-9.

OLIVEIRA, M. L. S T.; *et al.* **A Placa Arduino com Ethernet Shield e Experiências de Física Realizadas Remotamente Via Rede Internet**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Uberlândia-MG, p. 1-8, 2015.

OZKAN, G.; SELCUK, G. S. Effect of Technology Enhanced Conceptual Change Texts on Students' Understanding of Buoyant Force. **Universal Journal of Educational Research**, 3(12), p. 981-988, 2015.

PAIVA, T. Aulas de Robótica estimulam raciocínio lógico e criatividade. Carta Capital. [2014] Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/educacaoreportagens/oficina-de-robos/>. Acesso em: 11 ago. 2019.

PAPERT, S. **Logo: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense, 1980.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PAPERT, S. **Papert on Piaget**. 1999. Disponível em: <http://www.papert.org/articles/Papertonpiaget.html>. Acesso em 15 de maio de 2017.

PAYAL; KANVARIA, V. K. Learning with ICT: Use & Barriers from Teachers' Perceptions. **International Journal of Recent Scientific Reseach**, v. 9, n. 1, p. 23545-23548, 2018.

PEREIRA Jr, C. A.; *et al.* **A Concepção de Robótica dos Alunos de Nível Médio a partir da Representação de Protótipos Relacionados ao Conceito de Titulação**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2013. p. 1-8.

PEREIRA Jr, C. S.; SOARES, M. H. F. B. **O Estabelecimento de Possíveis Relações Conceituais entre o Conhecimento Químico e a Robótica Educacional**. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia-SP, 2015. p. 1-8.

PIESCO, J. Impacto da Internet sobre os Hábitos Culturais da População Jovem em São Paulo. **Revista do Centro de Pesquisa e Formação**, n. 1, p. 99-116, 2015.

PINTO, I. M.; *et al.* Desenvolvimento de uma Plataforma Multidisciplinar para Autoria de Jogos 3D Interativos e Educativos. **Enseñanza de las Ciencias**, nº Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona-ES, p. 3433-3436, 2009.

PORTAL DA EDUCAÇÃO (PREFEITURA DO RECIFE). [2014]. Disponível em: <http://www.portaldaeducacao.recife.pe.gov.br/>. Acesso em: 11 ago. 2019.

PROL, L. C. A. 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**. São Paulo-SP: Fundação Bradesco, p. 133-139, 2006.

QUEIROZ, J. P. S. **A Importância do Uso da Tecnologia como Ferramenta Pedagógica na Sala de Aula**. In: Congresso Internacional de Educação e Tecnologia e Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. São Carlos-SP, 2018. p. 1-13.

RADOVANOVIC, J.; SLISKO, J. Applying a Predict Observe-Explain Sequence in Teaching of Bouyant Force. **Physics Education**, 48(1), p. 28-34, 2013.

ROBÔ LIVRE. Disponível em: <http://roboivre.org/>. Acesso em: 19 jan 2018a.

ROBÔ LIVRE. Disponível em: <http://www.roboiv.re/>. Acesso em: 19 jan 2018b.

ROBÓTICA LIVRE. Disponível em: http://www.roboticalivre.org/new_site/. Acesso em: 18 jan 2018.

RODRIGUES, K. C.; *et al.* **Avaliação da Aprendizagem de Eletricidade a partir de uma Proposta de Educação Científica Baseada em Projetos.** In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2014. p. 1-12.

RODRIGUES, L.; VICTORIANO, L. C. **Atividades de Robótica no Museu de Ciências: Contribuições e Desafios.** In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo-SP, 2013. p. 1-7.

ROSA, A. B.; GIACOMELLI, A.; TRENTIN, M. A. S. **Utilização de Sensores de Temperatura e da Placa Arduino como Alternativa para um Experimento de Condução Térmica.** In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2014. p. 1-11.

ROSA, C. T. W.; TRENTIN, M. A. S. **Olimpíada de Robótica Educativa Livre: Potencialidades para a Educação Científica e Tecnológica. Enseñanza de las Ciencias,** Sevilla-ES, n.º Extraordinario, p. 5543-5549, 2017.

ROSA, M. F.; MOREIRA, M. S. **Aplicação da Robótica nos Centros Cirúrgicos.** Iniciação Científica, Instituto Nacional de Telecomunicações, 2012.

ROUXINOL, E.; *et al.* **Novas Tecnologias para o Ensino de Física: um Estudo Preliminar das Características e Potencialidades de Atividades Usando Kits de Robótica.** In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus-AM, 2011. p. 1-10.

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.

SAMPAIO, F. F.; *et al.* **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, 2020. Capítulo 12, p. 169-190.

SÁNCHEZ MARTÍN, F.M.; *et al.* **Historia de la Robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte II).** **Actas Urológicas Españolas,** v. 31, n. 3, p. 185-196, 2007.

SANTA, F. D.; BARONI, V. **As Raízes Marxistas do Pensamento de Vigotski: Contribuições Teóricas para a Psicologia Histórico-Cultural.** **Kínesis,** v. VI, n. 12, p. 1-16, 2014.

SANTOS, I.; MEDEIROS, L. F. **Robótica com Materiais Recicláveis e a Aprendizagem Significativa no Ensino da Matemática: Estudo Experimental no Ensino Fundamental.** In: XXIII Workshop de Informática na Escola. Recife-PE, 2017. p. 275-284.

SANTOS, R. P. **Tati - a Logo-Like Interface for Microworlds and Simulations for Physics Teaching in Second Life.** In: Conference of the European Science Education Research Association. Nicosia-CYP, book 4, 2013. p. 84-95.

SAPONSHEVIN, M.; AYRES, B.; DUNCAN, J. **Cooperative Learning and Inclusion** (2001). Disponível em: http://www.academia.edu/936323/Cooperative_learning_and_inclusion. Acesso em: 20 nov 2017.

SCHIVANI, M.; PIETROCOLA, M. **Robótica Educacional no Ensino de Física: Estudo Preliminar sob uma Perspectiva Praxeológica**. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Maresia-SP, 2012. p. 1-10.

SCHLEMMER, E. Inovações? Tecnológicas? Na Educação. In: MILL, D.; PIMENTEL, N. **Educação a Distância: Desafios Contemporâneos**. São Carlos-SP: EdUFSCar, 2010. p. 71-90.

SEE-PE (SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTE DE PERNAMBUCO). [2012]. Disponível em: <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/?pag=1&cat=37&art=365>. Acesso em: 11 ago. 2019.

SERAFIM, M. L.; SOUZA, W. G. **Robótica e Criatividade: Um Relato de Experiência no Ensino Fundamental**. In: I Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2010. p. 971-974.

SHAFFER, P. S.; McDERMOTT, L. C. Research as a Guide for Curriculum Development: na Example from Introductory Electricity. I. Investigation os Student Understanding. **American Journal of Physics**, College Park, v. 60, n. 11, p. 994-1003, 1992.

SILVA JR, L. A.; LEÃO, M. B. C.; LINS, W. C. B. A Robótica Educacional no Ensino de Ciências em Teses de Doutorado Brasileiras. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla-ES, n.º Extraordinario, p. 749-754, 2017.

SILVA, A. P.; CASTRO NETO, M. **Avaliação da Utilização da Robótica como Objeto de Aprendizagem nas Disciplinas de Física do Ensino Médio em Escolas Públicas do Litoral Norte da Paraíba**. In: XXII Workshop de Informática na Escola. Uberlândia-MG, 2016. p. 717-726.

SILVA, J. R. N. **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, 2010, p. 1-9.

SILVA, L.; BERTAGNOLLI, S. C. **Objetos de Aprendizagem para Robótica Educativa: Modelos Propostos a partir de Experimentações Realizadas**. In: IV Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2016. p. 1647-1655.

SILVA, S. F.; SILVA, J. R.; SILVA, H. R. **Robótica Educacional e a Capacitação de Professores da Educação Infantil**. In: IV Congresso Internacional de Educação e Tecnologias / Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. São Carlos-SP, 2018. p. 1-8.

SILVA, V. A.; SOARES, M. H. F. B. **A Aprendizagem Colaborativa**: Desenvolvimento de Conceitos Químicos em Nível Médio de Ensino. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Campinas-SP, 2011. p. 1-12.

SIPITAKIAT, A.; BLIKSTEIN, P.; CAVALLO, D. **GoGo Board**: Augmenting Programmable Bricks for Economically Challenged Audiences. Proceedings from International Conference of the Learning Sciences, California, USA, 2004. p. 481-488.

SOUZA, A. R. J.; SOARES, M. P. A.; MORAES, B. V. **Robótica Educacional e Ensino de Física**: Contextualização e Interdisciplinaridade na Educação Básica. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2014. p. 1-7.

SOUZA, N. F.; GRANHEN, E. R. Projeto de Robô Hidráulico para o Ensino dos Conceitos de Hidrostática em Aulas Exploratórias. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2017.

STAMATIA, A.; *et al.* **Developing Remote Physics Experiments to Facilitate the Development of Competences of Secondary Schools Students**. In: Conference of the European Science Education Research Association. Nicosia-CYP, book 4, 2013. p. 116-122.

TEIXEIRA, A. C.; CAVALCANTE, M. A.; BALATON, M. **Novas Tecnologias no Ensino de Física para o Estudo das Cores**: o uso do *Scratch for Arduino e Tracker*. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Uberlândia-MG, 2015. p. 1-8.

TEIXEIRA, Y. S.; SAMPAIO, F. F. **DuinoGraph**: Plataforma de Software e Hardware Arduino para o Ensino de Matemática, Ciências e Artes. In: XXIII Workshop de Informática na Escola. Recife-PE, 2017. p. 1139-1143.

TERECOP. Disponível em: <http://www.terecop.eu/index1.htm>. Acesso em: 10 jun 2018.

TORCATO, P. **O Robô Ajuda? Estudo do Impacto do Uso de Robótica Educativa como Estratégia de Aprendizagem na Disciplina de Aplicações Informáticas B**. In: II Encontro Internacional TIC e Educação. Lisboa-PT, 2012. p. 2578-2583.

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

TRENTIN, M. A. S.; PÉREZ, C. A. S.; TEIXEIRA, A. C. **A Robótica Livre no Auxílio da Aprendizagem do Movimento Retilíneo**. In: XIX Workshop de Informática na Escola. Campinas-SP, 2013. p. 51-59.

UFG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS). [2017] Disponível em: <https://www.ufg.br/n/102050-pequi-mecanico-e-campeao-latino-americano-de-robotica>. Acesso em: 11 ago. 2019.

VERMA, G.; WICKMAN, P.; KOZMA, C. **Creating Inclusive Science Learning Opportunities for Newly Arrived Students in Sweden**: Examining an Afterschool Program. In: Conference of the European Science Education Research Association. Dublin-IRL, 2017. p. 1-3.

VISCONTI, P. **Projeto Transforma E-Lixo em Robôs e Incentiva Alunos do Ensino Fundamental a se Interessarem por Ciências e Meio Ambiente**. Disponível em: <https://obarquinhocultural.com/2018/08/14/projeto-transforma-e-lixo-em-robos-e-incentiva-alunos-do-ensino-fundamental-a-se-interessarem-por-ciencias-e-meio-ambiente/#more-32262>. Acesso em: 19 out 2019.

VIVEIROS, E. R.; CAMARGO, E. P. **A Biônica no Ensino de Física**: uma Tecnologia Assistiva Utilizando uma Interface Cérebro-Computador para Controlar uma Unidade Robótica. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas-SP, 2011. p. 1-12.

WEGNEZ, L. F. **Iniciação à Robótica – Robots e Homens**. Publicações Europa-América, 1987.

WORKSHOP DE ROBÓTICA EDUCACIONAL. **Jornadas de Robótica Inteligente (2008)**. Disponível em: <http://jri2008.dca.ufrn.br/WRE/>. Acesso em: 25 maio 2018.

ZANETTI, H. A. P.; *et al.* **Uso de Robótica e Jogos Digitais como Sistema de Apoio ao Aprendizado**. In: Jornada de Atualização em Informática na Educação. 2012. p. 142-161.

APÊNDICE A



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa "ROBÓTICA SUSTENTÁVEL E APRENDIZAGEM COLABORATIVA". O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é pela intenção de realizar uma prática com a Robótica na Educação que permita aos estudantes o aprendizado de conhecimentos científicos e os benefícios de se trabalhar com a Robótica. Nesta pesquisa pretendemos analisar os benefícios da Robótica Sustentável na construção estrutural dos protótipos, como esse tipo de atividade pode proporcionar um debate sobre a sustentabilidade, observar a colaboração dos estudantes durante o processo de aprendizagem e comparar a prática com a Robótica Sustentável e a Tradicional.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: Apresentação de toda a atividade, pré-teste, desenvolvimento de três protótipos da Robótica Sustentável (Alarme de Pressão, Mão Biônica Elétrica e Robô Hidráulico), desenvolvimento de três protótipos da Robótica Tradicional (Ventilador, Ciclista e Pinball) e Entrevista e/ou pós-teste. Esta pesquisa tem alguns riscos, que são: trabalhar com ferramentas de corte como tesoura, estilete e serrinha; construir circuitos elétricos com tensão de 1,5V a 12V; usar a furadeira. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, o pesquisador estará sempre perto intervindo todas as vezes que verificar algum risco de acidente.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizemos com você nesta pesquisa, você tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, RG nº _____, declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

João Pessoa, _____ de _____ de 2019

Assinatura do Participante

Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

Nome do Pesquisador Responsável: Rodrigo Baldow de Souza
Telefone: (83) 986640163 – e-mail: rodrigobaldow@gmail.com
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE