

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Armando Foscarin Neto

A ROBÓTICA EDUCATIVA COMO RECURSO
CONSTRUCIONISTA PARA O ENSINO DE
TERMOLOGIA

Passo Fundo

2020

Armando Foscarin Neto

A ROBÓTICA EDUCATIVA COMO RECURSO
CONSTRUCIONISTA PARA O ENSINO DE
TERMOLOGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação do Prof. Dr. Adriano Canabarro Teixeira.

Passo Fundo

2020

CIP – Catalogação na Publicação

F747r Foscarin Neto, Armando

A robótica educativa como recurso construcionista para o ensino de termologia / Armando Foscarin Neto. – 2021.

77 f. : il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Canabarro Teixeira.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Ensino - Meios auxiliares. 3. Didática. 4. Tecnologia educacional. I. Teixeira, Adriano Canabarro, orientador. II. Título.

CDU: 372.853

Catalogação: Bibliotecário Luís Diego Dias de S. da Silva – CRB 10/2241

Armando Foscarin Neto

A ROBÓTICA EDUCATIVA COMO RECURSO CONSTRUCIONISTA PARA O ENSINO DE TERMOLOGIA

A banca examinadora APROVA em 13 de março de 2021, a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial de exigência para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Tecnologias de informação, comunicação e interação aplicadas ao ensino de Ciências e Matemática.

Dr. Adriano Canabarro Teixeira – Orientador
Universidade de Passo Fundo

Dr. Adão Caron Cambraia
Instituto Federal Farroupilha

Dr. Marco Antônio Sandini Trentin
Universidade de Passo Fundo

Dr. Alisson Cristian Giacomelli
Universidade de Passo Fundo

RESUMO

O mundo está em constante mudança, a tecnologia permeia a sociedade atual sendo cada vez mais utilizada em todos os setores. Alunos do Ensino Fundamental são de fato, ‘nascidos digitais’, ou seja, têm fácil acesso a uma série de produtos que facilitam a comunicação e o acesso a informações. A nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2019) considera essa nova realidade, quando propõe a quinta competência a ser desenvolvida pelos estudantes brasileiros referindo-se diretamente a essa nova realidade afirmando a necessidade de “Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais”. Refletimos também a respeito do Ensino de Física e sua inegável importância para a formação de futuros cidadãos preparados e críticos com a realidade. Indo ao encontro das exigências da BNCC, os conceitos de Termologia devem ser abordados no 7º ano do Ensino Fundamental II. Esses conceitos são bastante abstratos e, por vezes, mal interpretados, sendo origem de concepções alternativas, o que nos levou a discuti-los em nossa pesquisa. Outro apontamento é a utilização da robótica como ferramenta didática para o ensino de conteúdos de Física. Para nos adaptar a essa exigência, nossa pesquisa buscou ser o mais acessível possível à realidade brasileira, adotando a robótica livre para desenvolver nossas atividades. Questionamo-nos, então, sobre como poderíamos propor um produto educacional que pudesse englobar as premissas teóricas do construcionismo com o Ensino de Física e a robótica educacional, tendo como base a seguinte pergunta de pesquisa: *Qual o potencial da robótica educativa como recurso construcionista para o ensino de termologia?* Nosso trabalho buscou desenvolver um caminho alternativo para o Ensino de Física, utilizando uma sequência didática que apoia sua utilização em um Rover construído seguindo os preceitos da robótica educacional. O estudo de natureza qualitativa foi aplicado junto a professores da rede de ensino da cidade de Passo Fundo. Esta conformação deve-se a fatores externos a ideia inicial desta pesquisa, no momento em que dar-se-ia a aplicação do produto, medidas de distanciamento social devidas a pandemia de covid-19 impediram que esta fosse aplicada com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental nas escolas. Mediante análise de gravações e da aplicação de um formulário aplicado aos participantes, esta pesquisa apontou para que de fato a robótica educacional utilizada em um contexto construcionista pode ser utilizada em sala de aula de forma significativa. O conjunto de atividades propostas traz uma perspectiva moderna a atividades experimentais clássicas desenvolvidas em sala de aula. O produto educacional originado nesta dissertação está disponível em: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/598448>>.

Palavras-chave: Construcionismo. Ensino da Física. Robótica educacional.

ABSTRACT

The world is constantly changing, technology permeates the current society being more used in all its departments. Elementary students are indeed, “digitally born”, which means they have easy access to a serie of products which favour communication and the access to information. The new Base Nacional Comum Curricular (BNCC) takes into consideration this new reality, and when it proposes the fifth competence to be developed by the brazilian students it refers straight to this new reality stating that “understanding, using and creating digital technologies of information and communication in a critical, meaningful, reflexive and ethical way in several social practicals” (2019). We also reflected about the Teaching of Physics and its undeniable importance for the shaping of future citizens, to be well prepared and critical towards the reality they are inserted. Meeting the requirements from BNCC, the concepts of Thermology must be approached in the 7^o grade of Elementary II, and being very abstract concepts and sometimes misinterpreting the cause of alternative conceptions, we thought about discussing these topics in our research. Another topic raised is the use of robotics as a didactic tool for teaching Physics content. To adapt to this requirement, our research sought to be as accessible as possible to the Brazilian reality, adopting free robotics to develop our activities. We then asked ourselves how we could propose an educational product that could encompass the theoretical premises of constructionism with Physics Education and educational robotics, based on the following research question: *What is the potential of educational robotics as a constructionist resource for teaching of thermology?* Our work sought to develop an alternative path for Physics Teaching, using a didactic sequence that supports its use in a Rover built following the precepts of educational robotics. The qualitative study was applied to teachers in the education network of the city of Passo Fundo. This conformation is due to factors external to the initial idea of this research, at the moment when the product would be applied, measures of social distance due to the covid-19 pandemic prevented it from being applied to students of the 7th year of the Elementary school in schools. Through analysis of recordings and the application of a form applied to the participants, this research pointed out that in fact the educational robotics used in a constructionist context can be used in the classroom in a meaningful way. The set of proposed activities brings a modern perspective to classic experimental activities developed in the classroom. The educational product originated in this dissertation is available at: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/598448>>.

Key-words: Constructionism. Physics teaching. Educational robotics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das dissertações encontradas	29
Quadro 2 - Sumarização qualitativa das dissertações selecionadas	29
Quadro 3 - Distribuição dos chapéus durante os encontros.....	51
Quadro 4 - Produtos educacionais	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica de Equilíbrio Térmico	17
Figura 2 - Equação para transformações em escalas termométricas	18
Figura 3 - Placa de prototipação Arduino.....	36
Figura 4 - Imagem do Rover completo.....	40
Figura 5 - Componentes e das ligações elétricas para a locomoção do Rover	41
Figura 6 - Ligações eletrônicas do sensor LM35	42
Figura 7 - Funcionamento de um termômetro	43
Figura 8 - Variação da tensão em função da temperatura	43
Figura 9 - Sensor LM35 adaptado para atividade de descoberta sobre fenômenos de Irradiação	44
Figura 10 - Método proposto para condução da <i>design science research</i>	49
Figura 11 - Foto de um momento da aplicação com a utilização do Rover.	56
Figura 12 - Momentos da aplicação, recorte para a tela compartilhada com os participantes	57
Figura 13 - Primeira pergunta do questionário aos professores	59
Figura 14 - Primeira resposta dos professores ao questionário	60
Figura 15 - Segunda pergunta do questionário aos professores	60
Figura 16 - Segunda resposta dos professores ao questionário	61
Figura 17 - Terceira pergunta do questionário aos professores.....	61
Figura 18 - Terceira resposta dos professores ao questionário.....	62
Figura 19 - Quarta pergunta do questionário aos professores	63
Figura 20 - Quarta resposta dos professores ao questionário	63
Figura 21 - Quinta pergunta do questionário aos professores	64
Figura 22 - Quinta resposta dos professores ao questionário	65
Figura 23 - Sexta pergunta do questionário aos professores	66
Figura 24 - Sexta resposta dos professores ao questionário	66
Figura 25 - Sétima pergunta do questionário aos professores	67
Figura 26 - Sexta resposta dos professores ao questionário	67
Figura 27 - Oitava pergunta do questionário aos professores	68
Figura 28 - Oitava resposta dos professores ao questionário	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	ENSINO DE FÍSICA: UM RECORTE PARA A TERMOLOGIA.....	13
2.1	O ensino de Física: das premissas gerais à termologia.....	14
2.2	O ensino de Termologia.....	16
2.3	Construcionismo como suporte teórico metodológico para o ensino de Termologia.....	20
2.4	Recursos potencialmente construcionistas para o ensino de termologia	22
2.5	Considerações parciais	26
3	ROBÓTICA COMO RECURSO CONSTRUCIONISTA.....	28
3.1	<i>Cases</i> de uso da robótica em dissertações de mestrado no ensino de Física	28
3.2	Robótica como recurso didático construcionista	30
3.2.1	<i>Robótica livre</i>	35
3.2.2	<i>Cultura Open Source como base do trabalho</i>	35
3.3	O produto educacional	38
3.3.1	<i>O Rover</i>	40
3.3.2	<i>Materiais</i>	40
3.3.3	<i>Possibilidades didáticas do Rover</i>	41
3.3.4	<i>Softwares utilizados</i>	45
3.4	Considerações parciais	46
4	METODOLOGIA	48
4.1	Sujeitos da pesquisa	48
4.2	Tipo de pesquisa e instrumento de coleta de dados	49
4.3	A sequência didática	51
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E SEUS SUBPRODUTOS	54
5.1	Relato sobre as opiniões dos participantes da pesquisa de campo	57
5.2	Análise dos formulários.....	59
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	77

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação é fruto das experiências que estou tendo desde que iniciei meus estudos na Universidade de Passo Fundo e da minha trajetória como professor há mais de 4 anos. Atualmente, estou mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, onde ingressei no primeiro semestre de 2019. Anteriormente, fui acadêmico do curso de Física Licenciatura nessa mesma instituição. Escolhi o curso de Física porque o currículo que mais se aproximava do meu desejo inicial que era cursar Engenharia Mecânica. Nesse período, estava trabalhando em uma empresa de Passo Fundo como gerente de produção, mas o valor da mensalidade neste curso tornava inviável a possibilidade de ingressar em um percurso acadêmico, motivo pelo qual escolhi Física. Já no decorrer do primeiro semestre reconheci que talvez a engenharia não fosse realmente o que eu gostaria de fazer, e que continuar no curso de Física seria bom para minha formação. Os semestres foram passando e a ideia de cursar outras alternativas foi mitigando-se até desvanecer totalmente. A interação com colegas, professores e instituição, o ambiente como um todo, foram conquistando minha afeição.

Atualmente, sou professor em uma instituição privada de Ensino Fundamental na cidade de Passo Fundo, trabalho com alunos do 2º até o 9º ano no Ensino de Ciências e Física. Iniciei o trabalho nessa instituição em agosto de 2015, nos anos finais do Ensino Fundamental. Inicialmente, as aulas eram para alunos de 6º e 7º anos em virtude de o currículo da instituição ser diferenciado e oferecer essa disciplina desde tal idade. O intuito é mostrar a Física como algo divertido e lúdico, portanto, muita experimentação e “mão na massa” para os educandos, sem deixar de lado a ciência por traz do cotidiano. Ciência feita também por respostas não prontas, mas alcançadas por investigação, envolvendo terminologias e também história.

Já no início do ano de 2016, acatando a proposta da coordenação da escola, iniciaram-se também aulas de astronomia no turno inverso para alunos a partir do 2º ano até o 5º ano, mantendo a mesma filosofia. Aproximar conceitos por meio de jogos e brincadeiras, alguns experimentos e leituras. Em meados de 2017, comecei a dar aulas de física também para o 8º e 9º ano. No início do ano de 2018, propus à coordenação um grupo de Robótica Educacional que iniciou suas atividades em março com um número expressivos de alunos cuja idade varia de 7 até 13 anos e em contraturno. Foi decidido que o grupo de alunos que fazem parte do 6º e 7º ano do ensino Fundamental participassem das Olimpíadas de Robótica da UPF, o que aconteceu com um bom desempenho por parte dos estudantes envolvidos, já que

conquistaram 6º e 7º lugares na classificação geral. Vale lembrar que o restante das equipes participantes desse evento eram de Ensino Médio.

A partir desse momento, minha percepção da Educação como um todo sofreu algumas mudanças, acompanhar o desempenho dos educandos nas atividades juntamente ao grupo de robótica foi determinante para isso. Pude perceber com clareza um desejo maior em aprender, uma curiosidade despertada por atividades mais práticas no modelo “hands on”. Atividades que, além de serem mais interessantes, acabam inevitavelmente levando os envolvidos ao estudo de conceitos científicos envolvidos na realização dos vários projetos, visto que tal compreensão serve diretamente para a resolução de um problema.

No final de outubro do ano de 2018, iniciei o trabalho em um empreendimento de cunho educacional de Passo Fundo que trabalha com o conceito de Aprendizagem Criativa em uma abordagem interdisciplinar *Science, Technology, Humanities, Engineering and Mathematics* (STHEM). Nessa atividade, o foco é desenvolver habilidades diferentes em crianças em idade escolar, considerando que o ambiente não é um ambiente de sala de aula, mas aberto e multidisciplinar, focado em tecnologia. Não sendo esse espaço um ambiente de educação convencional, os desafios didáticos são muitos e variados. Sendo assim, a necessidade de continuar estudando novas metodologias de ensino e aprendizagem é fundamental para seguir esse novo caminho.

Assim, passei a me dedicar ao aprofundamento dos conhecimentos na área de Robótica Educacional e suas possíveis aplicações no Ensino de Física. Para muitos pesquisadores em Educação em Ensino de Física, e na minha concepção, atividades experimentais são de suma importância para o desenvolvimento das atividades ao longo de um ano escolástico, seja no Ensino Fundamental, seja no Ensino Médio.

Encontra-se na BNCC no que diz respeito a habilidades a serem desenvolvidas pelos educandos na faixa etária do 7º ano as seguintes atribuições:

Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor para justificar a utilização de determinados materiais (condutores e isolantes) na vida cotidiana, explicar o princípio de funcionamento de alguns equipamentos (garrafa térmica, coletor solar etc.) e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento (BRASIL, 2018, p. 247).

Podemos, então, pensar em que o problema de pesquisa levantado ante de encontro com as novas necessidades apontadas na Base Nacional Comum Curricular, ou seja, unificar conhecimento de conceitos de Física para melhor compreender o cotidiano, mas, também, a construção de soluções tecnológicas provindas desse conhecimento.

Com tais premissas fundamentadas na necessidade de potencializar as estratégias e os recursos para o ensino de física surge o questionamento central desta pesquisa: **Qual o potencial da robótica educativa como recurso construcionista para o ensino de termologia?**

Embora existam atividades experimentais para o ensino de Termologia, pensou-se em dedicar a essa parte do conhecimento uma atenção especial e explorar alternativas viáveis e mais interativas para o desenvolvimento desse componente curricular. Isso se deve ao fato de atividades experimentais em termologia se assemelharem mais a demonstrações de fenômenos do que verdadeiras atividades experimentais. Pensamos em desenvolver uma sequência didática que trabalhe em conjunto com um artefato robótico a ser aplicado com alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental.

Essa pergunta nos leva a pensar em objetivos a serem atingidos no desenvolvimento da sequência didática para o Ensino de Termologia.

Objetivo geral:

- Conceber uma sequência didática que seja baseada em robótica para o ensino de termologia.

Objetivos específicos:

- Aproximar conceitos sobre o fenômeno físico Termologia e algumas de suas aplicações no cotidiano.
- Explorar o conceito de construcionismo como base para a aprendizagem de física.
- Conhecer recursos robóticos para o ensino de termologia.
- Entender o processo de construcionismo e construir a sequência didática.

Os objetivos elencados justificam-se em um tempo em que vivenciamos o inegável avanço das tecnologias digitais no cotidiano e sua importância para os educandos imersos em um mundo absolutamente transformado. Acreditamos, baseados em boa margem de segurança, que seja importante a aproximação das didáticas a esses meios. Para tanto, pesquisar novos mecanismos associados a teorias já estabelecidas e validadas pelo mundo acadêmico pode servir para propor novas alternativas ao modelo tradicional de ensino e uma nova visão didática. Essa necessidade de aproximar práticas de ensino e aprendizagem de novas tecnologias surge, pois

[...] as escolas, em grande medida, não reconhecem essa nova cultura digital, mantendo práticas que estão cristalizadas há décadas, valorizando processos de memorização de informações que estão disponíveis online, acessíveis a qualquer momento, à distância de poucos toques numa pequena tela. Assim, as escolas vêm se tornando cada vez mais desinteressantes e distantes do cotidiano dos nossos estudantes (SILVA; CARVALHO, 2018, p. 139).

A Termologia compõe, juntamente de outros temas, o currículo de Ensino de Física, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. As características, os argumentos e a necessidade de tais conceitos a serem tratados nessa parte da disciplina de Física são elaborados e norteados pelas regulamentações do Ministério da Educação (MEC), por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Na BNCC, o ensino de Termologia aparece no 7º ano nos conceitos assim definidos: a) Máquinas simples Formas de propagação do calor b) Equilíbrio termodinâmico e vida na Terra c) História dos combustíveis e das máquinas térmicas (BNCC, 2018, p. 346).

A BNCC também reporta habilidades específicas relacionadas ao ensino de Termologia contidas no capítulo de Competências específicas, para o Ensino de Termologia no Ensino Médio ao indicar que:

Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos (BRASIL, 2018, p. 555).

Uma possível análise da citação da BNCC nos leva a pensar que juntamente com a importância do Ensino de Física a utilização do uso de tecnologia seja uma necessidade a ser atendida. Portanto, a possibilidade de utilizar artefatos robóticos como auxílio nas atividades em sala de aula está de acordo com os atuais requerimentos da lei.

Os argumentos a serem tratados em Termologia são os conceitos de Calor e Temperatura; e os fenômenos relacionados como transferência de calor; calor sensível e calor latente; e a mudança de estado físico da matéria.

A partir dessas premissas, a ideia de desenvolver um artefato baseado em robótica educacional, para o ensino de Termologia parece uma alternativa possível e desejável. A utilização de artefatos robóticos na aquisição de dados e a manipulação desses por meio de softwares permitem transformar tais dados em gráficos visuais parecidos com aqueles presentes em jogos virtuais aos quais os jovens estão acostumados. Diferentemente desta visão moderna de gráfico vivenciada pelos jovens, em uma atividade experimental tradicional

proposta nas salas de aula, o educando, mesmo que realize fisicamente o experimento, deve criar tabelas, (ou preenchê-las) de forma analógica.

O objetivo deste trabalho não é fornecer uma nova metodologia de ensino ou comparar uma ou outra metodologia. Pretendemos explorar um caminho diferente para o Ensino de Termologia, revisitando de forma moderna atividades já desenvolvidas em salas de aula, mas com o uso de robótica educacional em um contexto construcionista. A construção de um artefato robótico e sua utilização em um contexto construcionista deve se dar por meio da aplicação de uma Sequência Didática, desenvolvida com essa finalidade específica, que é o produto final desta dissertação.

Dando sequência, no capítulo dois, iremos abordar o Ensino de Física e, de forma mais focada, o Ensino de Termologia, que é o recorte de pesquisa para este trabalho. O terceiro capítulo irá tratar da robótica como recurso construcionista, abordando desde *cases* de uso da robótica em dissertações, passando pelo potencial construcionista, conceitos de robótica livre e cultura *open source*. O quarto capítulo trata da metodologia utilizada nesta pesquisa, explicamos o conceito de *Design Science Research*, a coleta de dados, como o produto vai ser aplicado e, por fim, analisaremos os resultados da aplicação do conjunto de produtos educacionais. Este conjunto de produtos educacionais é composto por três produtos finais que, juntos, servem para a mesma finalidade, o Ensino de Física, mais especificamente o ensino de Termologia, os quais podem ser caracterizados da seguinte maneira: o Rover, o Blog de apoio e a Sequência Didática. Sendo a Sequência Didática o principal produto educacional deste conjunto.

2 ENSINO DE FÍSICA: UM RECORTE PARA A TERMOLOGIA

A discussão acerca do Ensino de Ciências é muito ampla e são muitos os professores e pesquisadores que se debruçam sobre o tema. Há uma vasta literatura a respeito do tema aqui tratado, artigos científicos em várias revistas nacionais e internacionais e eventos. Com o advento das novas tecnologias, alavancadas, também, pela proposta da nova BNCC, que propõe o uso dessas tecnologias em sala de aula, uma mudança do modelo convencional é desejável. Questiona-se neste capítulo quais podem ser as possibilidades que as tecnologias digitais abrem para atividades experimentais construcionistas no Ensino de Física e no caso mais restrito a este trabalho, no Ensino de Termologia?

A BNCC cita, claramente, a necessidade de se utilizar ferramentas digitais na formação dos educandos, mesmo no ensino fundamental foco deste estudo. A necessidade de se ensinar usando metodologias que incluam tecnologias digitais provém da problematização que deve incluir situações do cotidiano. Em 2020, o relacionamento com as tecnologias é uma realidade para quase todos os Brasileiros, que, em sua maioria, possuem algum artefato tecnológico. A realidade de muitas escolas, porém, ainda não está alinhada com essa nova realidade, cabendo ao professor pesquisador fornecer novas e possíveis soluções para contribuir com tal demanda.

O Ensino de Física fornece uma possibilidade concreta para que novas tecnologias sejam utilizadas nos processos de ensino aprendizagem em quase todos os conteúdos. A termologia como parte fundamental no currículo do educando também pode ser explorada utilizando tecnologias capazes de dar suporte ao ensino de tais conceitos combinados a atividades experimentais (AE) já utilizadas em sala de aula.

Para tal propósito, a teoria construcionista desenhada por Seymour Papert propõe um processo de ensino aprendizagem dinâmico, no qual o aluno é protagonista ativo na construção do conhecimento. Construção do conhecimento que se dá por meio de um processo de interação direta com a ferramenta tecnológica, no caso estudado e proposto por este autor, a programação de computadores.

Ferramentas digitais para estudar fenômenos é um recurso extremamente válido utilizado tanto pela ciência investigativa de ponta quanto para ensinar, especialmente, quando há impossibilidade de produzir a atividade experimental de forma física/analógica. Essa ferramenta também é bastante utilizada no ensino de Ciências e algumas plataformas gratuitas oferecem tais recursos para professores e alunos.

Pensar em robótica como ferramenta, processo ou metodologia de ensino já faz parte do escopo de pesquisas. Mesmo que no imaginário coletivo, essa ferramenta é de difícil acesso por conta de custos elevados como de exigência de domínio da tecnologia por parte dos professores. Dessa forma, é fundamental que se pesquisem e ofereçam possibilidades econômicas, ecologicamente sustentáveis e acessíveis, que possam ser utilizadas para compor o repertório de processos e atividades experimentais já consagrados no Ensino de Física.

2.1 O ensino de Física: das premissas gerais à terminologia

A BNCC trouxe novos desafios para o cotidiano de alunos e professores, explicitando de forma clara o que espera no desenvolvimento educacional dos envolvidos. Para além dos conteúdos ensinados em cada disciplina, há, também, uma demanda para desenvolver habilidades específicas. Entre essas, a possibilidade de que o aluno aprenda e compreenda conceitos científicos utilizando-se de ferramentas não somente analógicas, mas, também, digitais. Justifica tal exigência uma análise do cotidiano do mundo contemporâneo, no qual desenvolver habilidades em campo tecnológico é importante para o crescimento do educando em todas as faixas etárias.

Quando se fala de conhecimento científico, na BNCC, a relação que se deseja para melhorar e alavancar ainda mais a discussão de temas científicos, passa pela criação e utilização de artefatos digitais prontos ou a serem desenvolvidos. Para além da clareza das palavras Tecnologia e Digital espalhadas ao longo do texto, é possível interpretar também uma necessidade na utilização de tecnologias digitais, fazendo referência diretamente à necessidade de recolher dados e criar modelos.

O Ensino de Ciências, assim como previsto na Base Nacional Comum Curricular, utiliza o termo Ciências Naturais que congrega as diferentes disciplinas que a compõem como, por exemplo: Astronomia, Biologia, Física e Química. Vida e Evolução é uma temática com viés biológico. Já os argumentos que conduzem a tópicos clássicos do ensino de física, encontram-se na área temática Matéria. Por fim, Energia, mas também muitos tópicos em Terra e Universo são mais abordados na Astronomia.

A Terminologia compõe, juntamente com outros temas, o currículo de Ensino de Física, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. As características, os argumentos e a necessidade de tais conceitos a serem tratados nessa parte da disciplina de Física são elaborados e norteados pelas regulamentações do MEC por intermédio da BNCC.

Na BNCC, para o Ensino Fundamental, a Termologia aparece no 7º ano juntamente a conceitos assim definidos: a) Máquinas simples Formas de propagação do calor b) Equilíbrio termodinâmico e vida na Terra c) História dos combustíveis e das máquinas térmicas (2018, p. 346), base que também define as habilidades a serem desenvolvidas a partir desse conteúdo. São elas:

- Discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas.
- Diferenciar temperatura, calor e sensação térmica nas diferentes situações de equilíbrio termodinâmico cotidianas¹.
- Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor para justificar a utilização de determinados materiais (condutores e isolantes) na vida cotidiana, explicar o princípio de funcionamento de alguns equipamentos (garrafa térmica, coletor solar etc.) e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento¹.
- Avaliar o papel do equilíbrio termodinâmico para a manutenção da vida na Terra, para o funcionamento de máquinas térmicas e em outras situações cotidianas.
- Discutir o uso de diferentes tipos de combustível e máquinas térmicas ao longo do tempo, para avaliar avanços, questões econômicas e problemas socioambientais causados pela produção e uso desses materiais e máquinas.
- Discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias¹ (como automação e informatização) (2018, p. 347).

A BNCC também reporta habilidades específicas relacionadas ao ensino de Termologia contidas no capítulo de Competências Específicas, para o Ensino de Termologia no Ensino Médio ao indicar que:

Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos (BRASIL, 2018, p. 555).

Nesse caso, a legislação é clara sobre a necessidade de ensinar termologia e termodinâmica tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, pois conceitos

¹ Conceitos que podem ser trabalhados no presente projeto, utilizando como ferramenta didática a Robótica Educacional.

envolvidos nesse conteúdo demonstram-se fundamentais para a compreensão de fenômenos físicos do cotidiano do educando.

Compreender conceitos de Termologia é fundamental para a sequência de estudos, sendo natural sua continuação na Termodinâmica que visa explicar de modo mais aprofundado fenômenos que envolvem calor e temperatura, energia térmica, etc. Os conceitos estudados em Termologia são aqueles que abordam os fenômenos físicos de Calor e Temperatura: a transferência de calor, o equilíbrio térmico, as mudanças de fase ou estado físico, comportamento de gases, etc.

No presente trabalho, abordaremos em específico os conceitos e fenômenos relacionados ao calor e à temperatura e à transferência de calor equilíbrio térmico mudança de estado físico. Para tanto, nas subseções deste capítulo iremos abordar estes conceitos e de que forma serão trabalhados.

Aponta-se que esse conjunto de conhecimentos é abordado a partir de uma perspectiva de uso de tecnologias digitais para auxílio na compreensão e na construção de novos conhecimentos. Esse auxílio digital deve compreender a parte teórica, a resolução de problemas, a execução de cálculos e a construção de protótipos para a melhor compreensão do fenômeno estudado, no caso deste estudo, a termologia.

2.2 O ensino de Termologia

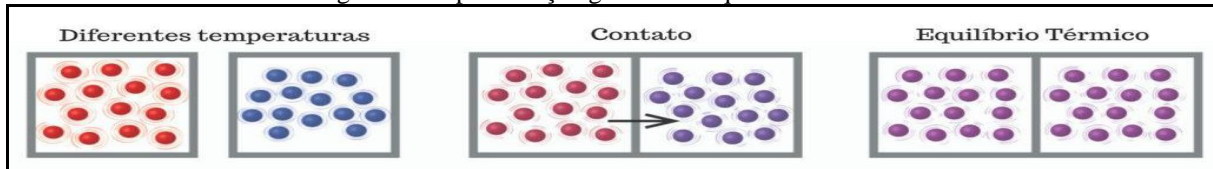
Como introdução à termologia é necessário trazer alguns conceitos básicos de Calor e Temperatura, desde o início, a fim de minimizar situações de incompreensões futuras.

Temperatura mede o grau de agitação molecular de um corpo e depende diretamente de dois fatores: Pressão e Volume. Em nosso cotidiano, usamos como método de medição desta grandeza os nossos sentidos, no caso específico, o tato. Entretanto, a sensação térmica do corpo humano não pode ser considerada confiável para tais medições. A sensação térmica nos leva, por exemplo, a concluir que, em uma situação de equilíbrio térmico, uma superfície metálica esteja a uma temperatura inferior em relação ao sistema no qual está inserida. Não consideramos o fato de que a troca de calor entre o corpo e tais superfícies seja diferente com relação a outros materiais.

O equilíbrio térmico, também chamado de Lei Zero da Termodinâmica, foi descoberto posteriormente às leis da termodinâmica e dada à sua importância foi denominada Lei zero. Uma definição clara de Equilíbrio Térmico é a fornecida no livro Física 2, de Sears e

Zemansky: “dois sistemas estão em equilíbrio térmico se e somente se eles possuem a mesma temperatura” (SEARS; ZEMANSKY, 2010, p. 181).

Figura 1 - Representação gráfica de Equilíbrio Térmico



Fonte: <<https://www.todoestudo.com.br/fisica/equilibrio-termico>>

Na imagem supra, pode-se perceber como se comportam dois corpos com temperaturas diferentes quando postos em contato. A energia térmica é maior no cubo vermelho que no cubo azul, sendo assim o calor flui do cubo vermelho para o cubo azul, até que a diferença de temperatura entre os dois seja igual a zero, indicando que não há mais calor em trânsito chegando ao equilíbrio térmico no terceiro desenho, no qual podemos observar que as cores das partículas nos blocos estão iguais.

Usando esse princípio físico podemos, então, compreender como funcionam os termômetros. Termômetros analógicos mais comuns utilizam um tubo de vidro graduado com um bulbo que contém mercúrio, sendo que nos termômetros atuais usa-se álcool. O mercúrio e o álcool por terem um alto coeficiente de dilatação aumentam seu volume facilmente e, uma vez que a coluna de mercúrio/álcool tiver atingido o equilíbrio térmico com o corpo cuja temperatura deve ser medida, sua movimentação paralisa, possibilitando a aferição da temperatura por equilíbrio térmico.

Ao aferir a temperatura de um corpo ou um ambiente, devemos considerar muitas variáveis, visto que a troca de calor não é linear como na teoria. O corpo troca calor com o meio além de trocar com o corpo com o qual está em contato. Ao medir a temperatura de um ambiente devemos também levar em consideração se esse está ou não isolado, quais são as fontes de calor que estão afetando o sistema, etc. Sendo assim, aferir temperatura de maneira eficiente pode ser uma tarefa não tão simples como desejaríamos que fosse, se considerarmos os fatores externos.

Quando se fala em temperatura, para a grande maioria da população, a unidade de medida de grandeza que vem à mente é o Grau Celsius, com exceção para os Estados Unidos da América, Myanmar e Libéria que usam a escala Fahrenheit. Mesmo a escala Celsius sendo a mais utilizada no mundo, para o Sistema internacional de Medidas (S.I.) a escala termométrica utilizada é a escala Kelvin, também conhecida como escala de temperatura absoluta, muito utilizada em Física e em Química para medir a temperatura de objetos.

Assim é definida como escala termodinâmica absoluta cuja nomeação se deve ao fato de que considera o 0 Absoluto (0K). Ou seja, um sistema com o menor nível de energia, enquanto que a unidade de medida leva o nome daquele que primeiro relatou sobre a necessidade de uma escala termodinâmica absoluta, o 1º Barão Kelvin, William Thomson.

É comum encontrar nos livros-texto, exercícios envolvendo essa problemática assim como problemas dessa natureza aparecem em vestibulares. Nesse sentido, é comum a utilização da equação para a conversão de escalas termométricas.

Figura 2 - Equação para transformações em escalas termométricas

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

Fonte: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conversao-entre-as-escalas.htm>>

Onde TC representa temperatura em grau Celsius, TF representa temperatura em grau Fahrenheit e TK representa temperatura em Kelvin. Exercícios desse tipo costumam exigir uma habilidade matemática para resolver a álgebra envolvida, que, por vezes, é obstáculo maior que a compreensão das escalas em si. Em um mundo globalizado, no qual se tem acesso a vídeos do mundo inteiro, assim como filmes impulsionados pela grande indústria norte-americana, torna-se útil também interpretar marcações em outras escalas que não seja a comum em nosso país.

Dando continuidade aos conceitos abordados no ensino de termologia, os livros-texto trazem as formas em que se dá a transferência de Calor. A transferência de Calor e a forma como se dá a transferência de Energia de um corpo para outro é definida por Sears e Zemansky (2008, p. 199) como conjunto de mecanismos de transmissão de Calor. Esses mecanismos podem se dar em três maneiras diferentes: a) condução, b) convecção e, c) irradiação.

A Condução é a transmissão de energia por excitação de átomos em um determinado corpo no qual uma das extremidades está em contato com uma fonte de energia térmica, sendo que essa transferência de calor ou “corrente de calor” (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p. 199) desloca-se até a parte mais fria do objeto.

A corrente de calor que se move por intermédio do corpo se dá pela agitação atômica e não pela movimentação dos átomos em si. Um exemplo que pode ocorrer no dia a dia para melhor compreender esse fenômeno pode ser encontrado nas cozinhas das habitações ao redor do mundo todo. Se segurarmos um objeto metálico perto de uma fonte de calor, inicialmente

não notamos uma mudança de temperatura, mas após algum tempo, já poderíamos perceber o aumento da temperatura. Motivo que explica o porquê de muitos utensílios de cozinhas possuírem um cabo produzido com materiais não metálicos e com baixa condução térmica.

Já a Convecção é a transferência de calor ocorrida pelo movimento da massa de uma região para outra de um fluido para outra região (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p. 202). Acontece que ao serem aquecidos, os fluidos em um sistema mudam sua densidade fazendo com que os menos densos (temperatura maior) ascendam naturalmente. Mantendo exemplos do cotidiano das pessoas, a água presente na panela se aquece por convecção até chegar ao ponto de ebulição. Esse fenômeno é responsável por muitos dos fenômenos atmosféricos que percebemos e também por manter estável a temperatura do corpo humano.

O terceiro mecanismo de transmissão de calor é a Radiação que é uma forma de transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas. Nesse caso, também não é necessário contato direto para que haja transferência de calor e podemos bem explicar esse fenômeno pensando ao calor de uma fogueira. Não é necessário encostar na chama para perceber a transferência de temperatura para nosso corpo. Esse fenômeno permite que o planeta Terra seja irradiado e aquecido pelo Sol.

É comum encontrar artigos relatando a importância de atividades experimentais no ensino de Física que estimulem o educando a visualizar o fenômeno estudado. Tais atividades, porém, não deveriam ser ‘receituário de comprovação fenomenológica’ como frequentemente acontece em sala de aula, levando os resultados o quanto mais próximos possível da realidade teórica e dos exercícios. Dessa forma, inibe-se o erro e evita-se uma compreensão mais profunda dos fenômenos e variáveis envolvidas na atividade. Outro fator celebrado no Ensino em geral e não somente no Ensino de Física, é a contextualização. Assim, replicar uma atividade experimental clássica, de certa forma, não ajuda nessa tarefa. O que também em alguns casos se afasta da realidade da pesquisa científica hoje em dia, isso porque essa usa os recursos tecnológicos à disposição para fazer suas previsões: softwares e sensores cada vez mais sensíveis permitem enxergar além.

Além disso, a realidade que estamos vivenciando nos dias atuais está repleta de recursos tecnológicos tanto em software quanto em hardware em todas as partes. Tais tecnologias estão presentes até mesmo em termômetros digitais ou ainda termômetros laser que permitem aferir a temperatura de um corpo sem contato com esse.

É desejável que as atividades experimentais possam ser suporte para processos de ensino e aprendizagem de Física, mas os mesmos processos também devem se atualizar para melhor atender as necessidades dos cidadãos do século XXI.

Tais atividades experimentais podem ser desenvolvidas de forma dinâmica fazendo com que os educandos vivenciem o processo completo de descoberta, experimentação e aprendizagem. Nesse sentido, a perspectiva construcionista ganha destaque, uma vez que, para essa abordagem, é de suma importância a interação direta com o meio e, presume-se que, também, uma interação na construção de um artefato que possa, de alguma forma, responder ou resolver um problema real.

2.3 Construcionismo como suporte teórico metodológico para o ensino de Termologia

São muitas as metodologias estudadas atualmente que podem dar suporte para o Ensino de Ciências e, no caso mais específico, de Física. Para este trabalho foi escolhido como referencial teórico-metodológico o Construcionismo de Seymour Papert e seus trabalhos desenvolvidos acerca do uso de tecnologia em sala de aula. Busca-se compreender como, nesse caso específico, sua teoria construcionista pode auxiliar e ser aplicada no ensino de Física, tendo o suporte da Robótica Educacional.

Seymour Papert foi um matemático e educador, nascido na África do Sul, naturalizado nos Estados Unidos da América onde atuou como professor e pesquisador. Em sua carreira de pesquisador, trabalhou juntamente a Jean Piaget por cerca de quatro anos, o que influenciou em muito sua forma de enxergar a psicologia cognitiva. Paper trabalhou no *Massachusset Institute of Technology* onde desenvolveu a linguagem de programação LOGO, destinada a crianças como ferramenta para alavancar habilidades na aprendizagem. Sua visão de uma educação integrada a computadores norteou suas pesquisas e deu origem a uma teoria diferente com conotações específicas, o próprio construcionismo.

Papert propõe uma ideia de educação que aprofunda suas raízes com o Construtivismo Piagetiano, mesmo apresentando divergências em alguns aspectos e defendendo a inserção de meios tecnológicos nos processos de ensino. A ideia principal de Papert baseia-se no princípio de que o educando obtém maiores resultados na sua aprendizagem quando tem uma interação direta com o que está fazendo, remetendo aos conceitos atuais de “Hands on” ou “mão na massa”. Sendo assim, essa aprendizagem é potencializada pelo interesse em construir algo que motiva o educando. Em seu livro *A máquina das Crianças*, Papert propõe, então, um processo de ensino-aprendizagem baseado em “ensinar de forma a produzir maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (1994, p. 124).

Isso não significa a exclusão da figura do professor na sala de aula, mas uma organização diferenciada das tarefas em sala, na qual temos o educando que constrói seu

próprio conhecimento por meio de atividades práticas, enquanto o professor planeja essas atividades desafiadoras, promovendo o interesse do aluno.

O autor reflete sobre processos de ensino aprendizagem, reflexões que o levaram a discorrer sobre como tais processos estão imbuídos de algumas características semânticas que os guiam.

Refletindo sobre o conceito de Papert e o significado de Educação, geralmente, se faz referência ao ato de ensinar, ou seja, métodos para que o professor possa transferir seu conhecimento ao aluno. Processo no qual temos como sujeito ativo o professor detentor do conhecimento e como sujeito passivo o aluno, que se deve adequar para aprender os conteúdos dessa ou aquela disciplina.

Papert propõe uma palavra nova para simbolizar o processo de ensino na contramão da concepção anterior: *Matética*. Nela, crianças e adultos aprendem de forma diferente, seguindo outros percursos e, por vezes, de maneira mais significativa visto que a aprendizagem ocorre pela necessidade de resolver um problema tangível. Na busca da solução de um problema, deve-se recorrer a conhecimentos prévios ou a novos conhecimentos, construídos por uma finalidade bem específica: resolver o problema. Tais conhecimentos não necessariamente seguem a linha das grades curriculares das escolas nas quais são apresentados de forma gradativa, pressupondo de alguma forma que esse seja a melhor maneira de organizá-los. A exemplo disso, podemos citar o desenvolvimento da fala, que se deu pela necessidade de se comunicar com o mundo. Não é necessário conhecer exatamente a colocação de uma preposição de forma correta para comunicar conceitos básicos. Não é necessário sentar em uma sala de aula para aprender, é preciso ter uma necessidade a ser suprida e uma motivação para buscar respostas.

É lógico que quanto mais elaborado o conceito a ser expresso, maior será a necessidade de conhecer a fundo as regras gramaticais, mas esse processo pode não ser linear. Papert, em 1994, no seu livro, *A máquina das crianças*, cita casos em que esses processos não lineares se dão mesmo em espaços de ensino convencionais com o auxílio de tecnologias digitais. A importância da tecnologia como agente motivador, torna-se veículo de aprendizagem para o educando que busca resolver problemas por seu próprio interesse e constrói, de maneira ativa, seu próprio conhecimento. Portanto,

[...] estabelece a utilização do computador na aprendizagem, de forma que a criança programe o computador e, ao fazer isso, adquira um sentimento de domínio sobre a máquina e estabeleça um contato íntimo com as ideias mais profundas, da ciência, da matemática e da arte de construir modelos intelectuais (PAPERT, 1986, p. 78).

O ensino de Física é importante para o desenvolvimento sociocultural de qualquer ser humano, não é fim em si mesmo e permite compreender a natureza de fenômenos que nos cercam. A compreensão de conceitos físicos está diretamente relacionada com a forma como o ser humano interage com o ambiente e com a sociedade e influencia não somente a interpretação correta de fenômenos naturais, mas, também, fornece subsídios para a compreensão do funcionamento de novas tecnologias. A correta compreensão dos fenômenos naturais que nos cercam pode estar diretamente interligada à maneira como interpretamos o mundo e como nos relacionamos com ele. Uma visão de mundo crítica e com mais coerência com a realidade pode ajudar o ser humano a ter melhores direcionamentos e posicionamentos frente às dificuldades com as quais se depara na sociedade, contribuindo para uma tomada de decisão mais assertiva. Por vezes, a dificuldade na compreensão desta ciência se dá pela abstração necessária para compreender seus conceitos. Assim, é comum usar, sempre que possível, o auxílio de atividades experimentais para facilitar a compreensão dos argumentos tratados. Nessa linha de pensamento,

A crítica, cerne da epistemologia, só será desenvolvida pelos alunos se tiverem oportunidade efetiva de experimentar, testar, pôr à prova, tentar convencer pelo argumento, que é o que um ensino experimental efetivo proporciona. E neste processo de construção o professor é um “epistemólogo auxiliar” dos seus alunos, que pela crítica também vai mostrando caminhos como possibilidades (RAMOS, 2003, p. 32).

Nesse sentido, Rosito destaca que boas atividades experimentais se fundamentam na solução de problemas, envolvendo questões da realidade dos alunos, que possam ser submetidas a conflitos cognitivos. Dessa forma, o ensino de Ciências, integrando teoria e prática, poderá proporcionar uma visão das ciências como uma atividade complexa, construída socialmente, em que não existe um método universal para solução de todos os problemas, mas uma atividade dinâmica, interativa, uma constante interação de pensamento e ação (2003, p. 208).

2.4 Recursos potencialmente construcionistas para o ensino de termologia

No momento em que, o display flexível não se encontra em um futuro tão distante, em que TV, celular, computador e videogame estão cada vez mais integrados entre si e à rede mundial de computadores, seguramente a escola e as mudanças tecnológicas devem estreitar relações, no sentido de fazer com que as atividades prático-experimentais desempenhem

funções sociais relevantes para os estudantes ao estarem vinculadas, de fato, a um projeto educacional.

Por outro viés, a grande quantidade de recursos construídos com propósito educativo em forma digital, como animações, simulações, softwares e vídeos (muitos deles disponíveis na internet), cria expectativa quanto ao uso da informática como solução, uma panaceia, dos problemas que afligem a educação no século XXI, tal como o laboratório foi considerado na segunda metade do século passado.

Após rever alguns conceitos sobre termologia, faz-se necessário descrever alguns recursos construcionistas para o ensino de Física. Dentre eles desejamos explorar os experimentos, a simulação e a robótica.

Como recursos para o Ensino de Física e no caso mais específico, o ensino de Termologia, existem à disposição algumas ferramentas que podem ser utilizadas para tal finalidade. Como primeiro recurso para esse fim, citamos as atividades experimentais, recursos digitais como simulações e programação de computadores e, por fim, a robótica educacional.

No ensino de termologia, as atividades experimentais podem ser as mais variadas, isso se deve, em grande parte, ao empenho de professores/ pesquisadores que sempre buscam ideias inovadoras para os processos de ensino e aprendizagem. São muitas as atividades relatadas que buscam de fato esclarecer fenômenos relacionados à Termologia para educandos. Tais atividades experimentais podem ser, por vezes, mais fáceis de serem realizadas que outras, necessitar de mais ou de menos recursos ou tempo de execução, de modo que podem estar limitadas ao material disponível ou a laboratórios didáticos.

A exemplo dessas atividades experimentais, descreve-se uma que se relaciona com o conceito de sensação térmica. Esta atividade consiste em pôr à prova uma das sensações humanas: a sensação térmica perceptível pelo tato. Para essa atividade, são necessários três recipientes colocados um ao lado do outro com água em diferentes temperaturas, em um deles a temperatura está elevada enquanto que em outro está baixa. O terceiro recipiente recebe água com uma temperatura mediana com relação aos outros dois. Sendo assim, o aluno ao colocar suas mãos, cada uma em um dos recipientes ao mesmo tempo perceberá “frio” e “quente”. Uma vez que as mãos são retiradas dos dois recipientes e são colocadas juntas simultaneamente no outro recipiente com água em uma temperatura intermediária, percebe-se que a sensação térmica muda em cada mão.

Essa é uma estratégia válida para que os educandos percebam que nossos sentidos não são um bom instrumento quantitativo. Como exemplo dessa afirmação, vemos pessoas

aferindo a temperatura de outras usando as mãos, para essa tarefa, porém, devemos confiar em termômetros que são construídos com tal finalidade.

Outra atividade experimental, muito utilizada para visualização de condução de calor, consiste na utilização de uma barra metálica disposta na horizontal ou um arame com um diâmetro considerável e suportada por uma pequena estrutura que o mantenha nessa posição. A esta estrutura, a partir da extremidade livre, são distribuídos em distâncias regulares algumas tampinhas de garrafa pet que por sua vez são fixados a esta barra/arame com cera derretida. Na extremidade oposta às tampinhas, é colocada uma fonte de calor, geralmente uma vela. Assim, a atividade experimental está pronta para ser utilizada, a vela será acesa e o calor irá se propagar pela barra por meio de condução térmica, a percepção desse fenômeno se dá quando as tampinhas começam a cair devido ao fato de a cera que os fixava derreter e, portanto não suportar mais o peso dessas. Essa atividade de cunho qualitativo foca na visualização do fenômeno por meio da observação da queda sequencial das tampinhas.

Outra atividade experimental bastante utilizada nas salas de aula por ser de fácil replicação e por causar bastante curiosidade é, sem dúvidas, a de radiação de corpos negros, que rende discussões em sala de aula. A atividade experimental não é de construção complicada e consiste em instalar sobre uma superfície de madeira uma lâmpada incandescente que será posicionada no centro de duas latas de refrigerante equidistantes dessa. As latas previamente pintadas de cores diferentes, uma branca e outra preta são aquecidas pela radiação eletromagnética emitida pela lâmpada ao centro do sistema. Nesse caso, costuma-se utilizar dois termômetros iguais, um para cada lata ao fim de medir a variação de temperatura nessas, tanto no momento em que são irradiadas, quanto no momento em que “perdem” calor após a lâmpada ter sido desligada. Nesse caso, o fator qualitativo está presente e permite ao educando a análise desses dados com a criação de tabelas e gráficos de forma analógica. Ou seja, utilizando caneta e papel para tal fim.

As atividades aqui relatadas são comuns nas salas de aula do Brasil, pois possuem ampla documentação e são facilmente replicáveis. O objetivo desta pesquisa é validar outras possibilidades para o desenvolvimento desses conceitos, usando ferramentas diferentes das citadas, considerando os preceitos da nova BNCC e também as condições socioeconômicas em que a maioria das escolas públicas do Brasil se encontra.

O segundo item a ser considerado como recurso potencialmente construcionista são atividades experimentais em laboratórios virtuais. Existem ferramentas didáticas oferecidas de maneira gratuita para recriar atividades experimentais de forma virtual. Para esse propósito,

vale citar a plataforma *Phet, interactive simulations* da Universidade do Colorado², nos Estados Unidos da América. Essa plataforma oferece simulações prontas para alguns experimentos de Física muito úteis no ensino. No que diz respeito ao ensino de Termologia, oferece como recursos para atividades experimentais simuladas de vários argumentos, passando dos estados físicos da matéria a interações atômicas. Os experimentos podem ser controlados de várias formas, mudando valores ou apertando botões com a mesma finalidade. Esse site disponibiliza ao usuário uma página que traz referências de artigos científicos produzidos em várias áreas do conhecimento entre as quais a Educação, sendo possível encontrar apontamentos acerca de vantagens da utilização da simulação.

Em recente estudo publicado por Cavalcante e Sales (2020) sobre a proposta de atividade utilizando a plataforma PHET, os autores abordam vários benefícios do ensino com atividades virtuais em diferentes planos, as quais permitem ao aluno interagir com o experimento de forma concreta e, sendo assim, averiguar hipóteses sobre fenômenos estudados teoricamente. Essa modalidade, também segundo os autores, é muito útil quando a escola não possui um laboratório de Física ou meios para realização de atividades experimentais.

A teoria de Papert originou-se a partir da programação de computadores, sendo esse um processo que requer o desenvolvimento de muitas habilidades por parte do aluno. A programação de computadores envolve bem mais que o manuseio de um software, pois ocorre que se deve criar um software ou uma ferramenta para a resolução de um problema. Para programar um computador, é necessário que o programador ‘ensine’ passo a passo tudo o que o computador deverá executar para que se tenha êxito na tarefa.

Como terceiro recurso, potencialmente construcionista, e foco do desenvolvimento deste projeto, temos a robótica educacional. Uma proposta aderente aos preceitos do construcionismo e que vem ao encontro da necessidade de realizar atividades experimentais no Ensino de Física. Em sua tese, Aroca (2012) cita características positivas da inserção dessa modalidade no ensino. Seu objetivo no trabalho foi construir uma plataforma de baixíssimo custo para ir ao encontro da situação socioeconômica brasileira. Entre as possibilidades citadas estão a capacidade de desenvolver nos educandos o raciocínio lógico, a interdisciplinaridade para além das ciências exatas, passando por design, artes, motricidade, problematização e aplicações possíveis no cotidiano.

Essa série de possibilidades deve-se ao fato de a Robótica Educacional proporcionar aos alunos uma ferramenta para trabalhar de fato, criar hipótese, construir, testar, errar e

² Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>.

recomeçar novamente, colocando à prova seus conhecimentos e, possivelmente, instigando-os, nesse processo, a adquirir novas perspectivas para enfim resolver seu problema. Tais possibilidades vêm de encontro a outra característica do construcionismo, a validação do erro. Um ambiente de aprendizagem diferente, permeado pela possibilidade da inserção da robótica educacional em sala de aula, pode levar o educando a cometer erros. Segundo Valente (2005).

O erro é apresentado como uma discrepância entre a idéia que o aprendiz tem sobre como resolver o problema e a descrição dessa idéia em termos de programa, que pode ser executado pela máquina. O erro aparece quando ele compara a intenção original com a atual implementação, em termos do programa fornecido ao computador.

É, portanto, importante no construcionismo o reconhecimento do erro como uma oportunidade de aprendizagem e a partir desse evento, construir um novo conhecimento. Papert (1985), em seu livro *Logo: computadores e educação*, propõe a perspectiva da utilização do erro como ferramenta para a construção do conhecimento. Mais uma vez citando Valente: “A análise do erro e sua correção constitui uma grande oportunidade para a criança entender o conceito envolvido na resolução do problema em questão” (VALENTE, 1991, p. 41).

Para finalizar este capítulo podemos analisar que de fato existem ferramentas diferentes e potencialmente construcionistas para o ensino de termologia como, por exemplo, a utilização por exemplo de sites para a simulação de atividades experimentais. A robótica educacional também se mostra interessante e viável nesta linha de pesquisa, sendo possível de ser utilizada nas salas de aula também como ferramenta didática construcionista.

2.5 Considerações parciais

Após uma análise teórica das possibilidades confrontadas com a vivência em sala de aula e outros espaços educacionais, acreditamos que uma proposta que inclua Robótica educacional como recurso construcionista base para uma atividade experimental para o ensino de Termologia seja plausível. Os processos que podem ser desencadeados para a resolução de um problema não são lineares e requerem por parte do educando uma visão de conjunto e habilidades a serem desenvolvidas que vão além do próprio conteúdo em si.

Em sua obra *A máquina das crianças*, Papert (1994) relata casos em que tais processos levaram educandos para além do que estava sendo ensinado em sala de aula, visto que a resolução do problema encontrado necessitava de um conhecimento mais aprimorado em

determinado conteúdo. Para tanto, essa abordagem conceitual leva-nos a pensar que o aluno busque aprimorar seu conhecimento de maneira espontânea e multidisciplinar, já que esses problemas não envolvem somente Física ou Matemática.

Uma situação problema proposta para solucionar um problema que utilize Robótica Educacional tem um grande potencial para o Ensino de Termologia e, também, em outros âmbitos necessários para o desenvolvimento de um cidadão crítico e cientificamente preparado. Dessa forma, no próximo capítulo será desenvolvido o conceito de robótica educacional e descrito o artefato construído para a sequência didática resultante deste estudo.

3 ROBÓTICA COMO RECURSO CONSTRUCIONISTA

Este trabalho busca utilizar como recurso didático a robótica em sala de aula. Para termos um norte, buscamos dissertações de mestrado que pudessem auxiliar na identificação de possibilidades de pesquisa e de abordagem metodológica a serem desenvolvidas.

Dando sequência no desenvolvimento deste capítulo teremos uma visão sobre o que é robótica e quais as características da robótica educacional em um contexto construcionista, passando a esclarecer conceitos de software e hardware livre. Serão também apresentadas as ferramentas utilizadas para a criação do projeto do Rover que serão utilizadas pelos educandos no decorrer da sequência didática. O artefato chamado Rover, ao qual nos referimos, é um veículo não tripulado, operado a distância para a exploração de ambientes desconhecidos. Agências espaciais, como a norte-americana NASA ou a europeia ESA, utilizam esses veículos para a exploração de planetas do sistema solar, como, por exemplo, Marte. A tarefa desses Rovers é analisar o ambiente em que estão inseridos utilizando-se de sensores e câmeras de diferentes funcionalidades.

Para encerrar o capítulo, explicaremos o projeto do artefato robótico e o que é necessário para construí-lo.

3.1 *Cases* de uso da robótica em dissertações de mestrado no ensino de Física

Um dos primeiros itens necessários para dar sequência à pesquisa foi a busca por trabalhos desenvolvidos anteriormente por outros pesquisadores que se assemelham às finalidades do presente projeto. Para tanto, buscamos dissertações produzidas em um arco de tempo de quatro anos no período de 2014 a 2018 em programas de mestrado profissional em ensino de Ciências e Matemática, incluídos no catálogo de teses e dissertações da Capes. Quanto aos parâmetros de pesquisa utilizados para este estudo foram: “Atividades experimentais” AND “robótica” OR “robótica educacional” AND “física”. Primeiramente, mapeamos o número de dissertações encontradas seguindo este recorte de pesquisa e sucessivamente passou-se à análise das dissertações nos aspectos previamente definidos, buscando identificar quais as contribuições dessas pesquisas para o suporte para outras ou até ações diretas em sala de aula.

Mantendo esses parâmetros iniciais, o resultado obtido foi de apenas uma dissertação que congregava todos os termos da pesquisa. Sendo assim, decidimos expandir a pesquisa para todos os mestrados profissionais na área de ensino. Com essas novas indicações de

pesquisa foram encontradas cinco dissertações, sendo que uma dessas ainda não estava disponível para consulta.

Quadro 1 - Classificação das dissertações encontradas

	Autor	Título da dissertação	Ano	Instituição
1	Márcio Lúcio Dias Pereira	Projetos de robótica educacional como apoio ao ensino de matemática e física: criando um protótipo de robô controlado por sensor de luminosidade. encurtador.com.br/CKQX2	2015	Universidade Cruzeiro do Sul (SP)
2	Wagner de Almeida Moreira Honorato	“Proposta de uma plataforma robótica para o ensino de cinemática”, ensino voltado para os educandos do Ensino Médio. encurtador.com.br/ewKR7	2016	Universidade Federal de Itajubá (MG)
3	Roberto Vieira da Silva	O kit de robótica e o ensino de física: O relato de uma proposta para discutir os conceitos de massa, aceleração e força. encurtador.com.br/bqJXZ	2018	Universidade Estadual da Paraíba (PB)
4	Leonardo da Silva Garcia	Experimentos no Ensino de Física utilizando a robótica LEGO® EV3® no Ensino Médio e Fundamental. encurtador.com.br/juTXZ	2018	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (RN)
5	Josinaldo Pereira de Araújo	Ensino experimental de ondas mecânica no ambiente de robótica educacional. encurtador.com.br/hjpW6	2018	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (RN)

Fonte: Autor, 2019.

Quadro 2 - Sumarização qualitativa das dissertações selecionadas

	Conceito da física	Público alvo	Hardware	Software
1	Cinemática	Ensino Médio	Arduino	Arduino IDE
2	Leis de Newton	Ensino Médio	Fischertechnik®	Fischertechnik®
3	Cinemática	Ensino Médio Ensino Fundamental	LEGO® EVO 3®	LEGO®
4	Ondas eletromagnéticas/luz	Ensino Médio	Arduino	Arduino IDE
5	Ondas Mecânicas	Ensino Médio	LEGO® MINDSTORM®	LEGO®

Fonte: Autor, 2020.

Na breve análise das dissertações visitadas para este estudo, podemos perceber que o conteúdo mais abordado nesses casos é conteúdo do primeiro ano do Ensino Médio: Cinemática e Leis de Newton. Em seus trabalhos, os autores relatam sucessos nas aplicações. Quanto às plataformas utilizadas, das cinco aqui expostas, três são de marcas mais ou menos

famosas com seu próprio conjunto de ferramentas, hardware e software, para o Arduino utilizado em dois dos cinco casos, a plataforma de desenvolvimento escolhida foi a própria IDE Arduino.

3.2 Robótica como recurso didático construcionista

A palavra robótica é algo que, geralmente, associamos diretamente ao mundo da indústria, assim como a mesma palavra remete a um objeto de forma humanoide, visão impulsionada pela cinematografia, pela literatura e pela ficção científica. No primeiro caso, a visão cinematográfica remete a humanoides dotados de uma inteligência artificial como, por exemplo, C3-PO do universo *Star Wars* ou I, Robot conto de Asimov provindos da ficção científica. A palavra, robótica, segundo Michaelis (2020) significa: “Ciência e técnica que envolve a criação, a construção e a utilização de robôs”.

Por sua vez, conforme definição apresentada pela cientista da computação Maja Matarić, a palavra robô, significa: “[...] um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir o seu ambiente e pode agir sobre ele para alcançar alguns objetivos” (MATARIĆ, 2014, p. 19).

Contextualizando de forma mais aprofundada o conceito de robótica, Ortolan (2003, p. 52) afirma que robôs ocupam um campo muito vasto em uma nova concepção tecnológica, incluindo nesse conceito aparelhos eletrônicos programáveis e que substituem o trabalho humano, comumente presentes nas casas. Nessa categoria, poderiam, portanto, encaixarem-se aparelhos como micro-ondas, máquinas de lavar roupas etc., afastando-se, assim, consideravelmente do conceito de humanoide e trazendo um conceito de robótica mais atual e tangível à nossa realidade.

A introdução do conceito de robótica inserido em um ambiente educacional conduz até o conceito de robótica educacional, ou seja, robótica na escola. Tal conceito que, poderia ser atribuído a Papert no começo já na da década de 70 do século XX. A robótica em contexto escolar pode ser entendida como uma forma de

[...] potencializar aos alunos meios tecnológicos e eficientes para que os mesmos, auxiliados pelos professores, possam construir um processo de aprendizagem que permita o aluno interagir com o objeto de estudo. Assim, parte-se do princípio de que a robótica educativa é a aplicação da tecnologia na área pedagógica, sendo mais um instrumento que garante aos participantes a vivência de experiências semelhantes às que realizarão na vida real e oferecem oportunidades para propor e solucionar problemas difíceis mais do que observar formas de solução [...] (ORTOLAN, 2003, p. 44).

Podemos deduzir que Robótica Educacional pode se tornar uma ferramenta didática poderosa para o professor incentivar e instigar o educando em seu engajamento na resolução de problemas que condizem com a realidade do século XXI. É importante destacar que o ensino de robótica educacional ultrapassa o ensino de robótica em si, especialmente porque pode se tornar um elemento de engajamento por parte dos alunos para que possam explorar outros conhecimentos e conteúdos. Para Aroca (2012, p. 4), robótica também pode ser uma ferramenta que oferece possibilidades para várias áreas do conhecimento, consolidando-se como uma forma de motivar o educando. Nessa mesma corrente de pensamentos está o prof. Dr. Mitchel Resnick, fundador do centro de pesquisas *Lifelong Kindergarten*, influenciado em sua trajetória de pesquisa por Seymour Papert, com o qual colaborou. Em 2017, Resnik lançou um livro com o mesmo nome do laboratório de pesquisa *Lifelong Kindergarten*, traduzido para o português em 2020 com o título *Jardim de infância para Toda a Vida*. Nessa obra, é relatado pelo pesquisador o começo da parceria com a indústria LEGO® com o laboratório de pesquisa de Papert, tentando juntar a simplicidade da linguagem LOGO e a facilidade de construção dos famosos bloquinhos coloridos. Parceria que dura até hoje com o laboratório de pesquisa em educação chefiado por Resnick por meio da criação de kits de robótica.

Mitchel Resnick também é responsável pela ideiação do projeto Scratch do qual deriva uma versão para ser utilizada com Arduino, o Scratch for Arduino que vai ser relatado na sequência deste texto. A interface de desenvolvimento Scratch lembra muito o bloco de construção, usa cores diferentes para diferentes tarefas e seu formato induz o usuário a empilhar um bloco em cima do outro. Percebemos que as possibilidades provindas da utilização do kit de robótica LEGO® para fins educacionais eram inúmeras, e algumas dessas são relatadas na obra *Lifelong Kindergarten*. Possibilidades ocasionadas também da teoria dos 4 Ps da aprendizagem criativa potencializados e potencializadores da utilização de kits de robótica. Para Resnik, processos de Aprendizagem criativa devem ser balizados a partir de 4 Ps: Projeto, Parceria, Paixão e Pensar brincando. Para o autor: “Esses quatro Ps estão estritamente alinhados à abordagem do Construcionismo para a educação (e inspirados nela), que enfatiza o valor da criação de projetos que sejam significativos para os alunos, de maneira divertida e em colaboração com colegas [...]” (RESNICK, 2014, p. 1).

O construcionismo pensado por Papert e sua equipe tornou-se por fim algo tangível, sua aposta em um futuro em que os educandos pudessem ter acesso a computadores e fosse possível programá-los para que pudessem ser criativos é, hoje, uma realidade.

A utilização da robótica em sala de aula passa também pelo conceito de pensamento computacional, necessidade intrínseca para a programação dos artefatos. O conceito de pensamento computacional abordado por Jeannette Wing e, sucessivamente, por Milene Giaretta em seu trabalho de dissertação nos conduz a uma abordagem clara sobre o que é pensamento computacional, pois

Não se trata de saber navegar na internet, enviar e-mails ou usar de ferramentas computacionais como o processador de texto ou planilha de cálculo. Pensamento computacional é saber usar o computador como um instrumento de ampliação do poder cognitivo e operacional humano, em outras palavras, é usar computadores e redes para aumentar a produtividade, inventividade e criatividade. Trata-se da ativação de incumbências cognitivas que possam ser realizadas pelo computador e, neste caso, saber programá-lo para cumprir tais encargos (GIARETTA, 2018, p. 22).

Dessa forma, a robótica dialoga mais uma vez com a BNCC e sua quinta competência: A Cultura Digital que aponta para a necessidade de compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BRASIL, 2017). Dando sequência ao pensamento da pesquisadora Milene Giaretta, a forma mais plausível de se ter êxito nessa competência é a programação de computadores com uma finalidade específica.

Hoje, um professor pode tanto trabalhar um conteúdo de [...], pedindo que seus alunos construam gráficos e desenhos geométricos através das ferramentas digitais disponíveis, como também propondo que os jovens criem um aplicativo ou plataforma digital que possibilite a criação desses gráficos e desenhos (GIARETTA, 2018, p. 23).

O que é também o caso de artefatos robóticos que possam medir, por meio de sensores, vários tipos de grandezas, as quais podem ser lidas e armazenadas para análise posterior ou, se devidamente programado, pode-se gerar um gráfico em tempo real, permitindo a análise e o entendimento imediato dos acontecimentos. Nesse sentido, torna-se importante destacar que quando se fala de pensamento computacional, portanto, compreende-se que é um conjunto de procedimentos cognitivos necessários para que se possa resolver um problema de forma digital, utilizando ferramentas próprias chamadas de linguagens de programação.

Para Chitolina, Noronha e Backes, “Esta proposta de trabalho permite ao estudante interagir com diferentes imagens e estruturas, operando sobre o concreto, agindo, explorando,

olhando, experimentando, atribuindo significado, testando suas hipóteses e finalmente, tirando conclusões” (2016, p. 63). Dessa forma, observa-se a alternativa de que ao detectar um erro, é possível compreender o que não funcionou e reprogramar/reconstruir para fazer novas testagens.

Os autores afirmam ainda que o estudante construindo e programando robôs, “está ensinando o computador a pensar e consegue, ao final da sua montagem, associar o conteúdo teórico ao que aprendeu na prática, coordenando diferentes ações, e, por manipular o objeto, compreende o processo de programação de maneira geral” (CHITOLINA; NORONHA; BACKES, 2016, p. 63).

Mais uma vez pode-se perceber a potencialidade dos recursos da ferramenta Robótica Educacional em muitas áreas do conhecimento, pois para a resolução de uma situação problema com essas características, deve-se recorrer a conhecimentos provindos de vários campos do saber.

Essa forma de enxergar processos educacionais, tendo a robótica como um dos carros chefes está sendo impulsionada pela cultura Maker. Esse movimento é herança do movimento Do it yourself (DIY), *faça você mesmo*, em português. Teve sua origem no começo dos anos 1990 e foi sendo aprimorado e expandido mundialmente sobretudo depois do lançamento da revista *Maker Movement* em 2005 e, também, da primeira feira Maker no ano seguinte, 2006, na cidade de São Francisco.

O Movimento Maker “consiste em uma das tendências de práticas que se originou exatamente da formação de grupos de pessoas com interesses similares, que focam no compartilhamento de ideias para melhoria e aprofundamento dos conhecimentos sobre um produto qualquer” (GAVASSA et al., 2016, p. 2).

A grande diferença e força do Movimento Maker é o compartilhamento de ideias e conhecimentos impulsionados pela facilidade de comunicação oferecida pela ampliação e disponibilidade da internet no mundo todo. Uma das curiosidades desse movimento vem do seu manifesto de intenções. Dialogando mais uma vez com a autora Regina Gavassa (2016, p. 3), apresentamos as principais características do movimento:

[...] todo mundo é Maker; o mundo é o que fazemos dele; se você pode sonhar com algo, você pode realizar isso; se você não pode abri-lo, você não pode ter a posse dele; ajudam-se uns aos outros para fazer algo e compartilham uns com os outros o que criaram; não são apenas consumidores, são produtores, criativos; sempre perguntam o que mais podem fazer com o que sabem; não são vencedores, nem perdedores, mas um todo fazendo as coisas de uma forma melhor.

Dessa forma, torna-se importante destacar que ao refletir sobre esse assunto, percebe-se que, além de desenvolver o aspecto pessoal, seja ele técnico ou criativo, é de suma importância o compartilhamento de experiências para que outros possam se inspirar, aprender e evoluir. Sendo assim,

o sujeito que se intitula maker, possui competências e habilidades que o capacitam a desenvolver soluções criativas para problemas que são, por vezes, considerados de alta complexidade. Estes sujeitos encaram os desafios apresentados pelo processo de fazer como oportunidades de aprendizado e construção do conhecimento, e compartilha sua produção e o conhecimento adquirido, de modo que a sua criação sirva de exemplo ou base para o surgimento de novas e melhores soluções (BORGES; MENEZES; FAGUNDES, 2016, p. 551).

Essa cultura que está permeando espaços nas mais diferentes formas também pode ser encontrada nas salas de aula de nosso País, pois está, intrinsecamente, interligada a novas possibilidades na educação. Em áreas como a Física, que é o caso deste trabalho, possibilidades em campo de atividades experimentais podem ser inúmeras e seus benefícios podem transpor a própria sala de aula,

[...] nas pesquisas na perspectiva do movimento maker, seja em espaços instalados em escolas ou permeando as atividades e as práticas acadêmicas sem um espaço definido, leva em consideração a inovação, colaboração, o compartilhamento de ideias, o fazer frente a demandas sociais reais ou simuladas. As tecnologias a serviço do humano, mesmo que ainda voltadas a situações experimentais, como o processo em marcha pelos makers, aponta para o forte compromisso ético e social (SOSTER; ALMEIDA; SILVA, 2020, p. 736).

Construcionismo e cultura Maker andam de mãos dadas, pois complementam-se em teoria e prática. Assim também, abordagens como STEAM e Design Thinking ou abordagens baseadas em projetos podem incluir e se beneficiar do manifesto.

Professores que possam vir a se interessar a incluir robótica em suas aulas podem se beneficiar de uma comunidade para implementar seus planos de aula, aprender e ensinar e novamente compartilhar o que foi por ele desenvolvido para que a comunidade tenha seu retorno.

Quando abordarmos o projeto do Rover desenvolvido neste trabalho, no subtítulo 3.4, veremos que uma das premissas desse projeto é o compartilhamento com a comunidade e com outros professores. Comunidades de desenvolvimento fomentadas também pela ampliação do acesso à internet são comuns em âmbitos tecnológicos e de desenvolvimento de software e hardware livre, os quais serão discutidos no subtítulo 3.3.2 neste trabalho.

3.2.1 Robótica livre

O termo Robótica Livre atualmente empregado em vários artigos científicos, consiste em uma sequência de fatores que conjuntamente o respaldam. A utilização de hardware e software livres contam com a participação de uma comunidade internacional de desenvolvimento, engajada em melhorar, distribuir e contribuir para que outros possam usufruir de um produto de boa qualidade sem, necessariamente, depender de uma ou outra empresa que distribui determinado produto. É importante que um dos objetivos deste trabalho é explorar possibilidades de baixo custo e voltadas a uma cultura *open source*, as quais possam ser empregadas em ambientes educacionais.

3.2.2 Cultura Open Source como base do trabalho

Para melhor compreender o conceito de open source ou software livre vamos recorrer à empresa RED HAT³ que trabalha com software livre e bem o descreve em seu site oficial: The Open Source Initiative⁴.

Originalmente, open source é um termo que se refere ao software open source (OSS). Ele é um código projetado para ser acessado abertamente pelo público: todas as pessoas podem vê-lo, modificá-lo e distribuí-lo conforme suas necessidades. O software open source é desenvolvido de forma descentralizada e colaborativa e conta com a revisão e a produção pela comunidade [...] (RED HAT, 2020).

Continua apontando que:

O open source é hoje um movimento tecnológico e uma forma de trabalho que vai além da produção de software. Esse movimento usa os valores e o modelo descentralizado de produção do software open source para descobrir maneiras inovadoras de resolver problemas em suas comunidades e setores (RED HAT, 2020).

Open Source não significa necessariamente gratuito, um software concebido e distribuído segundo essas premissas pode também ser vendido. Na mesma corrente de pensamento, o hardware livre também pode ser compreendido da mesma forma. No site da organização oficial Open Source Hardware Association⁵ pode-se ler o que segue:

³ O site da RED HAT, o que é Open Source?, pode ser acessado no endereço <<https://bityli.com/fmhCD>>.

⁴ O documento redigido pela The Open Source Initiative encontra-se disponível em: <<https://bit.ly/3eMiHDW>>.

⁵ O documento que estabelece as diretrizes quanto ao software livre está disponível em: <<https://bit.ly/3vCL1zo>>.

Open Source Hardware (OSHW) é um termo para artefatos tangíveis — máquinas, dispositivos ou outros objetos físicos — cujo projeto foi disponibilizado ao público de modo que qualquer um pode construir, modificar, distribuir e utilizar estes artefatos. É intenção desta definição auxiliar no desenvolvimento de guias gerais para o desenvolvimento e validação de licenças para Open Source Hardware. É importante notar que o hardware se diferencia do software no sentido de que recursos físicos devem sempre ser empregados na produção de bens físicos. Desse modo, pessoas ou empresas produzindo itens (“produtos”) sob uma licença OSHW têm uma obrigação de não impor que estes produtos sejam fabricados, vendidos, garantidos, ou sancionados de qualquer modo pelo desenvolvedor original e também de não fazer uso de registros comerciais pertencentes a este desenvolvedor (OSHW, 2020).

Como podemos perceber nessas duas definições, o desenvolvimento vindo de uma comunidade e para uma comunidade bem se posiciona, em nossa opinião, em um cenário educacional, e não somente pelo apelo econômico, mas, sobretudo, pelo apelo do desenvolvimento comunitário. Desenvolver um artefato para educação, seja qual for seu objetivo, deveria ser compartilhado para que possa ser replicado, implementado e melhorado.

Uma vez estabelecidas as premissas sobre as características de Software e Hardware a serem utilizadas neste trabalho, destacamos que, além da finalidade didática deste trabalho, tais premissas devem ser consideradas como ferramentas de pesquisa.

Para a realização deste projeto foi decidido que o hardware a ser utilizado fosse o Arduino que é um projeto *open hardware*, sendo assim, a escolha dos softwares a serem utilizados deveriam ser compatíveis com esse.

Uma descrição apropriada do que é o Arduino resume que

[...]pode ser descrito sucintamente como uma plataforma computacional com estrutura de placa única, constituída por um Microcontrolador central, onde sua estrutura básica é formada por um Microprocessador Atmel AVR e conjuntos de entrada e saída embutidos, funcionando a partir de softwares que podem ser programados para efetuar e realizar operações desejadas (MCROBERTS, 2010 apud COSTA et al., 2020, p. 4).

Figura 3 - Placa de prototipação Arduino



Fonte: Arduino.cc

Para Sousa Júnior, Miranda e Nascimento (2020), o Arduino possibilita a concepção de realização de experimentos, pois disponibiliza as duas faces necessária para o desenvolvimento, hardware e software. Sensores de diferente natureza podem ser trabalhados em conjunto com essas ferramentas.

A placa Arduino dispõe de um ambiente de desenvolvimento próprio Arduino IDE, baseado na linguagem de programação C, que por sua vez pode não ser muito amigável como linguagem de programação para crianças nessa faixa etária. O projeto Arduino disponibiliza um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, para seu acrônimo em língua inglesa) próprio, que permite ao usuário programar o microcontrolador da placa. Este IDE é o software que interpreta as instruções escritas pelo usuário em uma linguagem de programação própria, baseada em C/C++, compila e executa a gravação (SOUSA JÚNIOR; MIRANDA; NASCIMENTO, 2020, p. 2).

O presente trabalho visa abordar conteúdos de Termologia com alunos do Ensino Fundamental II por meio da construção de um Rover que se constitui como um veículo de observação remota. Buscamos uma ferramenta de desenvolvimento capaz de suprir as necessidades técnicas e educacionais para trabalhar o conteúdo pelo grupo de alunos. Sendo este trabalho fundamentado nas premissas do construcionismo de Papert, julgou-se importante que o próprio educando pudesse criar um software para ler e compreender o ambiente que o cerca.

Criar alternativas para a solução de um problema real, usando tecnologia também é desejado pela quinta competência citada pela BNCC. O software utilizado para a programação do laboratório digital foi o Scratch for Arduino (S4A), escolhido entre outros uma vez que é derivado direto do Scratch e compartilha a mesma interface e simplicidade no desenvolvimento de aplicações. O S4A também conta com uma boa tradução dos blocos para o idioma português o que facilita a compreensão da lógica a ser implementada. Ademais Scratch for Arduino traz com facilidade a possibilidade de programar uma placa controladora como o Arduino que fornece, por sua vez, a possibilidade de interagir com o ambiente por meio de sensores.

Como dito por Sousa Júnior, Miranda e Nascimento (2020), Arduino possui uma IDE própria para o desenvolvimento, mas essa linguagem utilizada para a programação do microcontrolador poderia ser demasiadamente abstrata para alunos dessa faixa etária. A linguagem de programação do Arduino, baseada em c/c++, utiliza linhas escritas de código, já o S4A utiliza o padrão de blocos que estão traduzidos no idioma português do Brasil. Mesmo admitindo as limitações desse programa para finalidades científicas, ele pode ser utilizado com certa facilidade para aferir e reportar dados de forma visual.

Pretende-se que o software a ser desenvolvido pelo educando permita a criação de um gráfico em tempo real da mudança de temperatura aferida por sensores de temperatura que estarão espalhados pelo chassi de um Rover. Entre as possibilidades previstas para esse software, tais gráficos deverão mostrar em tempo real o comportamento de absorção ou reflexão de superfícies de cores diferentes. Mudando de posição os sensores, poderão ser estudados materiais diferentes que podem ajudar o educando a compreender fenômenos de condução de calor em diferentes materiais.

3.3 O produto educacional

Um dos produtos educacionais deste trabalho é um artefato robótico, construído a partir do desenvolvimento de peças e de dispositivos comerciais para compor, em aparência, um Rover. Não é função deste trabalho realizar uma análise de custos aprofundada na construção de artefatos robóticos para a educação, mas como já mencionado, a plataforma escolhida como coração do projeto, Arduino, tem custo reduzido em relação a outros kits proprietários. A questão de custos é importante porque é notória a situação econômica em que a educação do País versa neste e em outros momentos, sendo assim justificada a escolha de produzir algo que possa ser replicado pela maior quantidade possível de escolas em todo o território nacional. Escolher esse tipo de plataforma para o desenvolvimento permite que essa ideia seja reproduzida, replicada e ampliada, usando como combustível a criatividade do ser humano.

Usou-se sempre que possível material reciclável descartado, sucata. Pedacos de MDF (Medium Density Fiberboard) tornaram-se o chassi e a base para experimentos, tampinhas de garrafa PET tornaram-se rodas, cantoneiras de material plástico que serviram um dia de proteção em cantos de móveis encontraram nova identidade como suporte de rodas, assim como prendedores de roupas de madeira, devidamente modificados e pintados, tornaram-se amortecedores independentes neste Rover.

A parte eletrônica representa o maior custo do dispositivo, pois existem itens que não são replicáveis ou essa tarefa não estava ao alcance e nos objetivos desta obra, mesmo assim sempre que possível o material elétrico necessário foi recuperado, como, por exemplo, cabos elétricos, um botão chave de contato, e também duas das três bateria de 4.2 V utilizadas foram recuperadas de lanternas em desuso, as mesmas ou similares a essas podem ser recuperadas, por exemplo de baterias de notebooks mais antigos.

Este trabalho, como já mencionado em seções anteriores, baseia-se em robótica educacional livre. Para o autor, é importante que esse artefato e essa sequência didática possa ser disseminada de forma ampla e eficiente para a comunidade, tanto para professores quanto para alunos e entusiastas de robótica. Possivelmente para alguém não acostumado à linguagem acadêmica e longos textos aptos a explicar no detalhe até mesmo as teorias por trás do pensamento e da construção da ideia, talvez, algo mais suave e reduzido possa ser mais atraente. Pensou-se que poder-se-ia dar mais poder de divulgação a um trabalho acadêmico usando ferramentas diferentes das convencionais em diferentes espaços de pesquisa.

Optou-se, portanto, para integrar a este projeto a construção de um Blog dedicado ao Rover, com a esperança que possa ser encontrado de forma mais rápida e forneça ferramentas para ajudar aqueles que tiverem interesse. Essa estratégia de divulgação é também uma possibilidade para que o projeto cresça e se desenvolva com base nas necessidades de cada usuário, que por sua vez será convidado a compartilhar melhorias, modificações e implementações técnicas e didáticas no próprio Blog.

A ferramenta para a construção de um blog escolhida para este trabalho foi o Blogger⁶ da Google, que, embora não seja uma ferramenta open source, é uma ferramenta gratuita e é também fácil de ser utilizada.

A função do Blog é complementar este trabalho. Para tanto, vai receber muitas informações com vistas a uma compreensão fácil e descomplicada. Nesse sentido, foram disponibilizadas informações divididas em seções, ou páginas, destinadas a itens específicos, como fotos do rover completo, imagens de sua construção, passando pelos materiais utilizados e sugestões de onde encontrá-los no caso de sucatas ou links para ter acesso aos mercados eletrônicos onde esses foram comprados para a realização deste trabalho. Os componentes eletrônicos utilizados na construção do Rover foram listados e seus datasheets disponibilizados a fim de fornecer, para aqueles que quiserem, informações mais detalhadas, o que, portanto, permite flexibilidade na escolha de componentes substitutivos caso sejam necessários.

Desenhos de projetos tanto de chassi quanto de outras partes desenvolvidas para a execução do projeto também serão disponibilizados, assim como todas as ferramentas utilizadas para a execução da fase de projeto. Para a simulação e prototipagem inicial, foi utilizado outro software proprietário e on-line, mas, também, gratuito o Tinkercad⁷, disponibilizada pela empresa norte americana Autodesk.

⁶ Para acessar a ferramenta disponibilizada pela empresa Google, consulte <<https://bit.ly/2RoDIw7>>.

⁷ Para acessar a plataforma disponibilizada por Autodesk, consulte <<https://bit.ly/3ueO6p5>>.

3.3.1 O Rover

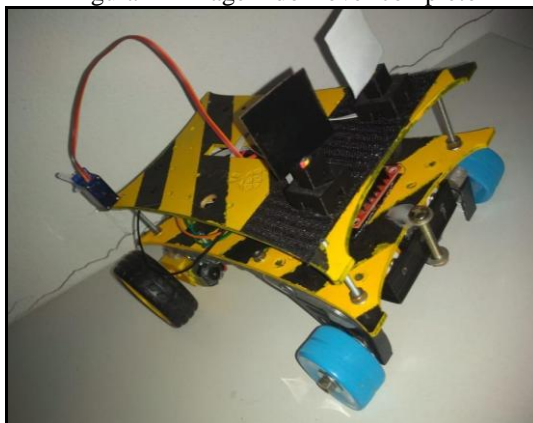
Nesta seção serão apresentados os recursos utilizados para a construção do Rover, desde materiais até softwares e hardwares utilizados. Sempre que possível, foram utilizados materiais reciclados ou reaproveitados assim como recursos tecnológicos que se enquadram na categoria open source. Explanamos também a forma como o dispositivo dará suporte para trabalhar os tópicos de Termologia.

3.3.2 Materiais

Os materiais utilizados para a realização deste projeto podem ser divididos em três grandes categorias, sendo elas: a) Comprados, b) Construídos c) Recuperados. Da categoria a, fazem parte os componentes eletrônicos que são necessários para realizar a parte eletrônica e que são mais difíceis de se reproduzir como a placa Arduino, a ponte H, os sensores LM35 e as rodas posteriores com caixa de engrenagem; na categoria b, temos peças que foram desenhadas e fabricadas com auxílio de impressora 3D como o suporte para baterias 4.2 V, e os suportes para sensores LM35 (sensores detalhados no blog do projeto); a terceira categoria, por sua vez, é composta por peças recuperadas de diferentes objetos.

As rodas dianteiras são feitas com tampas de garrafa PET de 5 litros e os amortecedores foram feitos modificando a posição de prendedores de roupa. As placas dos sensores de temperatura para o experimento de irradiação foram feitas de pequenos quadrados de alumínio retirados de latinhas de refrigerante. Há também peças como o chassi que foram produzidas a partir de material descartado, ou restos de material MDF, porém, sua produção foi feita com auxílio de uma máquina de corte CNC laser.

Figura 4 - Imagem do Rover completo

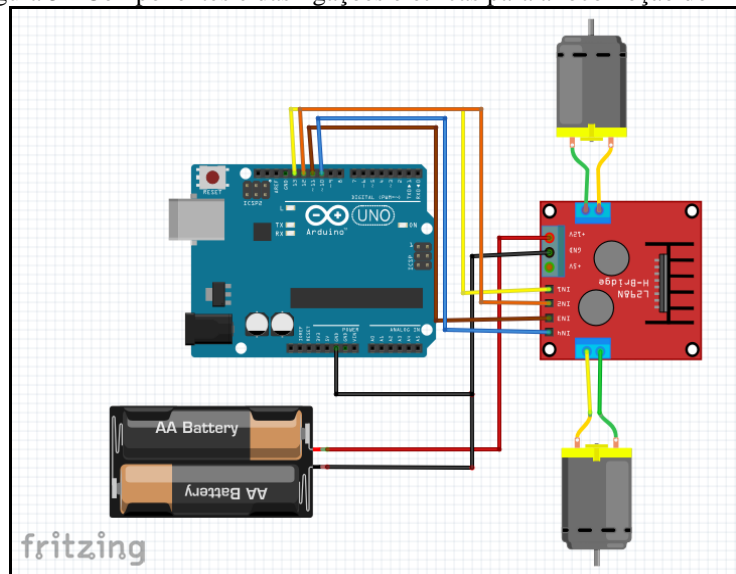


Fonte: Autor, 2020.

3.3.3 Possibilidades didáticas do Rover

Nesta seção, serão mostrados os circuitos elétricos e conexões utilizadas para o funcionamento do Rover. Uma das características de um Rover é o fato de ele se locomover para, assim, explorar o ambiente em que foi colocado. Essa parte também foi levada em consideração neste projeto, utilizando as setas do teclado de seu computador, o usuário poderá mover o artefato para onde for necessário realizar o experimento.

Figura 5 - Componentes e das ligações elétricas para a locomoção do Rover



Fonte: Autor, 2020.

Esse circuito elétrico é composto por:

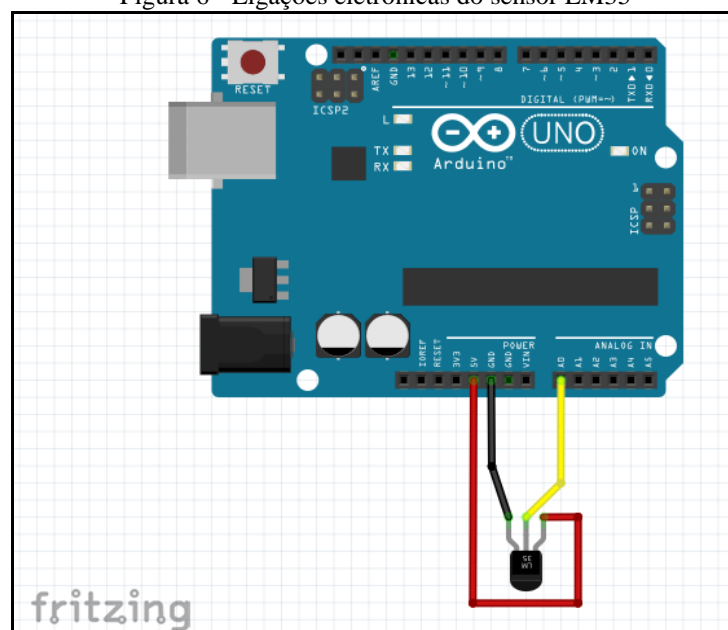
- 1 Placa Arduino Uno
- 2 Motores DC 3-6 V
- 1 Ponte H L298N
- 1 Fonte de energia elétrica
- Jumpers (cabos) de várias cores e tamanhos

Com essa configuração, é possível realizar a locomoção do Rover conjuntamente à programação feita com S4A. Foi escolhida uma Ponte H L298N⁸ por sua facilidade de utilização e também pela fácil repetibilidade no mercado, sendo essa umas das mais utilizadas em conjunto com Arduino. Sua utilização se deve ao fato de poder controlar seu sentido de rotação dos motores e também suas velocidades.

⁸ Datasheet do Chip utilizado pela ponte H L298N, disponível em: <<https://bityli.com/rH0gI>>.

Para a parte de laboratório, ou seja, a parte que irá medir a temperatura foi utilizado um sensor LM35⁹, foi escolhido seguindo a mesma linha de pensamento utilizada para a ponte H, facilidade de encontrar no mercado e ampla utilização juntamente do Arduino. Com relação a esse sensor, suas características também foram consideradas: baixo custo, carrega com certo grau de precisão, e não necessita de calibração inicial. Essas informações são fornecidas pelo fabricante e disponibilizadas na ficha técnica do componente. Sua faixa de medição completa é de -55 °C a 150 °C, com uma precisão de ¼ °C até ¾ °C, o que permite que a aferição da temperatura tenha um bom grau de credibilidade.

Figura 6 - Ligações eletrônicas do sensor LM35

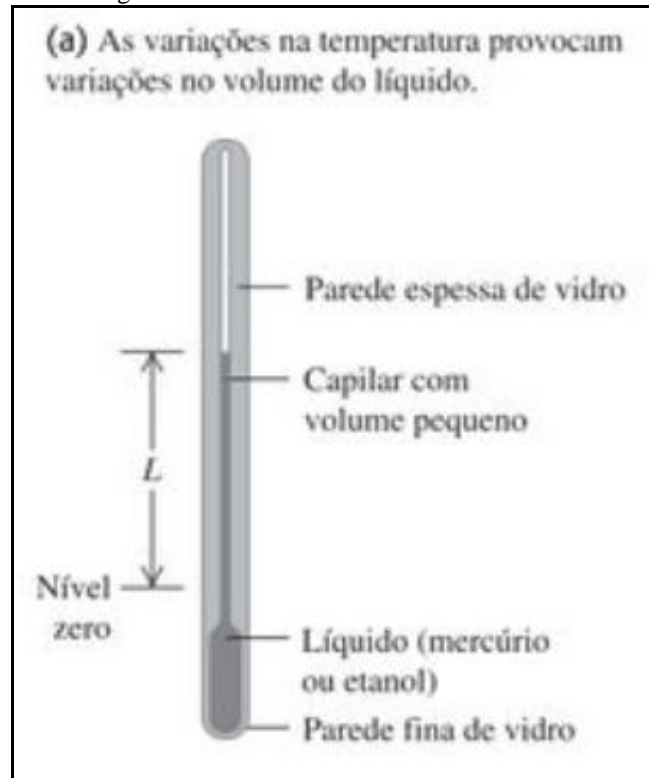


Fonte: Autor, 2020.

Uma vez explicitados os principais circuitos, passa-se à explicação da utilização dos sensores. O sensor LM35 é utilizado com termômetro e será o responsável por aferir a temperatura. O sensor citado funciona de forma diferente de um termômetro capilar, ou de bulbo, que são os mais utilizados para a aferição da temperatura corporal por exemplo. Segundo Young e Freedman (2008), um termômetro de bulbo utiliza a dilatação volumétrica do líquido interior para medir se um corpo está ‘quente’ ou ‘frio’. Quando o sistema se torna mais quente, um líquido, geralmente etanol ou mercúrio, se expande e sobe no bulbo, fazendo o valor de L crescer. L é o valor que corresponde à distância percorrida pelo líquido no interno de um tubo capilar. A Figura 7 ilustra, graficamente, como esse tipo de termômetro funciona.

⁹ Datasheet do componente LM35, disponível em: <<https://bityli.com/4XC5a>>.

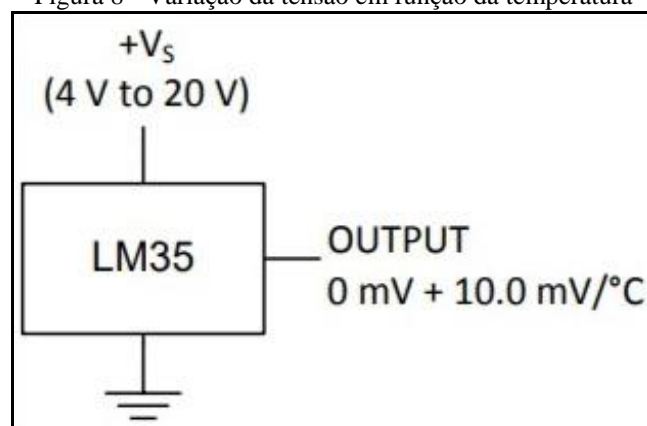
Figura 7 - Funcionamento de um termômetro



Fonte: Young, Freedman, 2008, p. 180.

O sensor de temperatura escolhido utiliza uma variação de tensão elétrica que corresponde a 10 mV por °C, ou seja, a variação da temperatura pode ser lida em função da variação da tensão, a cada 10 mV corresponde 1 °C.

Figura 8 - Variação da tensão em função da temperatura



Fonte: National Semiconductor, 2000, p. 2.

Mesmo que um sensor seja uma forma diferente de medir, podemos afirmar que é suficientemente eficiente a ponto de substituir um termômetro convencional, especialmente em um projeto no qual temos a necessidade de construir gráficos em tempo real.

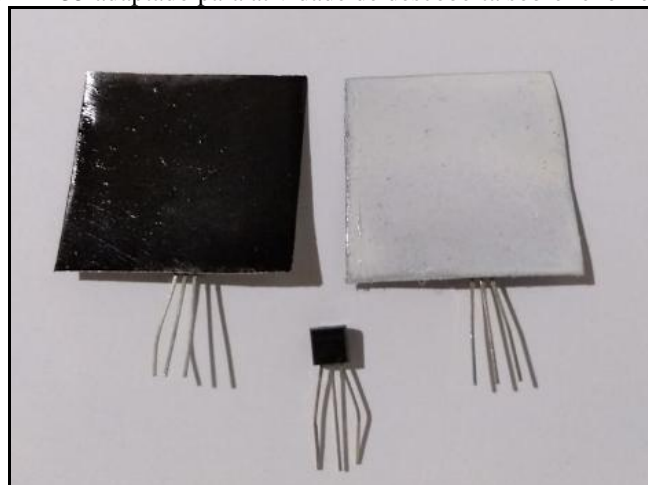
Considerando que um dos objetivos deste trabalho é abordar os seguintes conceitos de Termologia: Equilíbrio Térmico, Transmissão de Calor por Irradiação e por Condução, o funcionamento do sensor por si só não muda em nenhum dos casos, o que muda é a posição em que esses deveriam ser colocados, tarefa que deve ser ‘esclarecida’ pelo educando.

A primeira abordagem ao sistema como um todo deveria ser a mais simples possível. Para tanto, as primeiras atividades propostas foram a utilização de somente um sensor para aprender a programá-lo e a identificação de quais as possibilidades do conjunto de ferramentas, hardware e software. Assim, podemos simular um termômetro analógico visualizado na tela do computador o que permite ao educando transpor para o digital algo que, provavelmente, conhece de forma analógica.

Inicialmente, quando a fonte de calor estiver desligada, os sensores devem relevar a temperatura ambiente, pois, segundo Young e Freedman (2008), há Equilíbrio Térmico quando “o sistema atingiu o equilíbrio, um estado em que não existe mais nenhuma variação de temperatura nem do termômetro”, nem do ambiente em que está imerso.

A variação da temperatura deverá ocorrer a partir do momento em que a FC luminosa, no caso do fenômeno de Irradiação for ligada e os sensores forem expostos ao fenômeno físico. Quando falamos de Irradiação Térmica também podemos relacioná-la a outros conceitos: reflexão e absorção. Tais conceitos podem ser estudados a partir do mesmo sistema montado no primeiro caso, adicionando aos sensores ‘pequenas placas’ de alumínio pintadas nas cores branca e preta.

Figura 9 - Sensor LM35 adaptado para atividade de descoberta sobre fenômenos de Irradiação



Fonte: Autor, 2020.

Outro conceito possível a ser trabalhado com o Rover é o processo de transmissão de calor por condução. Com esse conceito, podemos também falar de materiais que são ‘bons ou

maus' condutores de Calor. Para isso, usamos o mesmo sensor utilizado até o momento, porém, nessa atividade, em contato direto com o material, tornando possível aferir a propagação de calor ao longo do material e fazer relações com diferentes materiais, possibilitando então a compreensão do fenômeno que está sendo estudado.

3.3.4 Softwares utilizados

Nesta seção, serão apresentados os softwares utilizados para o desenvolvimento do Rover, atentando para as premissas deste trabalho baseado em recursos disponíveis open source e gratuitos sempre que possível.

Para o projeto do chassi do Rover, foi utilizado o software gratuito e open source LibreCad¹⁰. É um software Cad para desenho 2D que pode ser utilizado como recurso para projetar partes mecânicas assim como foi utilizado neste trabalho. Este Cad também é multiplataforma, sendo possível sua utilização em ambientes Linux, Windows e IOs.

Para a modelagem de peças produzidas em impressora 3D, foi utilizado o software FreeCad¹¹, esse programa é também open source e está disponível para os principais sistemas operacionais disponíveis no mercado, Windows, Linux e Mac OS. Esse software favorece a integração com outros softwares CAD mais famosos, e pode ser utilizado tanto em modelagem 3D de peças mecânicas quanto em projetos arquitetônicos. Utilizamos também um software on-line, o Tinkercad que também disponibiliza uma plataforma para modelagem 3D, fácil, intuitiva e com uma curva de aprendizagem rápida. Ademais, esse software oferece a possibilidade de salvar o trabalho em formatos aptos para serem utilizados em softwares para impressoras 3D, o formato STL.

Arduino IDE foi utilizado para fazer o upload do firmware necessário para que esse possa ser programado por intermédio da plataforma S4A. A IDE é um ambiente de desenvolvimento baseado em linguagem C e trabalha com linhas de código, embora seja complexo para o educando iniciar-se na programação utilizando essa ferramenta, neste caso, foi fundamental para que Arduíno e o software utilizado Scratch for Arduino pudessem funcionar em conjunto. Vale lembrar que Arduíno é uma tecnologia que ajuda em fase de programação e prototipagem de microcontroladores, facilitando trabalhos que antes poderiam levar mais tempo e requererem conhecimentos mais aprofundados sobre eletrônica.

¹⁰ Para acessar a plataforma LibreCad, consulte <<https://librecad.org/>>.

¹¹ Para acessar a plataforma FreeCad, consulte <<https://www.freecadweb.org/>>.

Scratch for Arduino (S4A) é o software utilizado para programar todas as funcionalidades do Rover, desde sua locomoção até a programação para a recepção de dados por parte dos sensores. É um projeto espanhol, cujo objetivo é facilitar ainda mais a programação para o usuário, atraindo mais pessoas para o mundo da programação e da robótica.

De fato, como demonstrado pelo Scratch desenvolvido pela equipe de Resnick no MIT, a programação por blocos torna-se mais intuitiva para aqueles que nunca programaram, facilitando o raciocínio lógico necessário para interagir com o computador.

Embora S4A não seja um software por linha de comando é sempre um software muito eficaz, pois permite visualizar na tela, em tempo real, a atuação de sensores, dando sentido imediato ao que está sendo programado ou prototipado.

3.4 Considerações parciais

Acreditamos que atividades experimentais sejam importantes em sala de aula, de alguma forma, elas permitem que o educando visualize o fenômeno;

É inegável a contribuição desse tipo de atividade para o processo de formação dos estudantes em suas diferentes dimensões. A realização de atividades experimentais através da participação ativa dos estudantes se mostrou um momento significativo, tanto em aspectos cognitivos, associados à aprendizagem do conteúdo específico [...] (ROSA; ROSA; PECATTI, 2007, p. 270).

Como é possível apreciar no trabalho de Rosa, Rosa e Pecatti, atividades experimentais têm um valor agregado muito grande e outros autores também compactuam com essa afirmação dos autores citados.

Ao longo deste capítulo, foram explanadas algumas características e *cases* em que a robótica educacional foi utilizada com sucesso, ademais as ferramentas necessárias para realizar atividades experimentais, utilizando robótica educacional, estão disponíveis e acessíveis. Assim,

[...] é possível inserir tecnologia em sala de aula a custos baixos e que tais dispositivos podem se tornar instrumentos didáticos para os professores, aplicáveis também em outras atividades, e não somente naquelas dirigidas à robótica (TRENTIN et al., 2015, p. 289).

Quando falamos em acessibilidade, nos referimos ao fato de que a maioria das ferramentas apresentadas não são pagas, claro que sabemos e reconhecemos a realidade da

situação de nosso País com relação à Educação e para tanto acesso a computadores e internet nem sempre é possível.

Essas atividades experimentais propostas que utilizam meios digitais e tecnológicos também estão entre as linhas traçadas pela BNCC em especial na quinta habilidade proposta, lembrando que essa indica que é importante para o aluno utilizar-se de ferramentas digitais de forma crítica e significativa e produzir informações e conhecimentos.

Portanto, baseados nessas premissas, o projeto da construção de um Rover para o ensino de conceitos de termologia nos parece viável. Nesse sentido, elaboramos uma proposta de sequência didática para utilizar o robô com essa finalidade.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, abordaremos a pesquisa e sua metodologia embasada em *Design Science Research* (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015), assim como a sequência didática desenvolvida para o ensino de Termologia para alunos do 7º ano do Ensino Fundamental.

A presente pesquisa propõe três produtos finais que, juntos, servem para a mesma finalidade, o Ensino de Física, mais especificamente o ensino de Termologia, os quais podem ser caracterizados da seguinte maneira: o Rover, o Blog de apoio e a Sequência Didática. A pesquisa se propõe a compreender quais as potencialidades desse conjunto de ferramentas para o ensino de termologia, considerando, em especial, a quinta habilidade citada pela BNCC: A cultura digital.

Algumas considerações devem ser feitas a respeito desta pesquisa e do produto e sua aplicação. A ideia de pesquisar como um artefato robótico pode ser útil no Ensino de Termologia nasce de uma necessidade do pesquisador: compreender e validar academicamente uma sequência didática a ser aplicada em sala de aula na presença de estudantes. No ano de 2020, infelizmente, o mundo enfrenta uma pandemia e as escolas estão, em sua maioria, fechadas, o que impossibilita propor essa atividade diretamente para educandos em sala de aula. Mantendo o foco em validar a pesquisa optamos por, realizarmos a validação do Produto Educacional com professores de física.

4.1 Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos dessa pesquisa são professores de Física que atuam diretamente no Ensino de Física nos diferentes níveis de Ensino, sendo Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Universidade. Buscamos também que todos, ou a maioria seja Mestres ou Doutores em Ensino de Ciências ou Educação para que a pesquisa possa ser validada de forma incisiva e imparcial, devido à experiência dos sujeitos, tanto na área do Ensino quanto na área da Pesquisa. O local escolhido para aplicação da pesquisa é o B-LAB Learning Space, na cidade de Passo Fundo, no norte do estado do Rio Grande do Sul. Tal escolha deve-se ao fato de ser um espaço educacional que proporciona a possibilidade de simular um laboratório, contando com uma estrutura capaz de fornecer também todo o material didático aos participantes. Todos os recursos para a realização da pesquisa são disponibilizados pelo pesquisador, como o Rover e as atividades e o B-LAB seu espaço educacional além de computadores para os

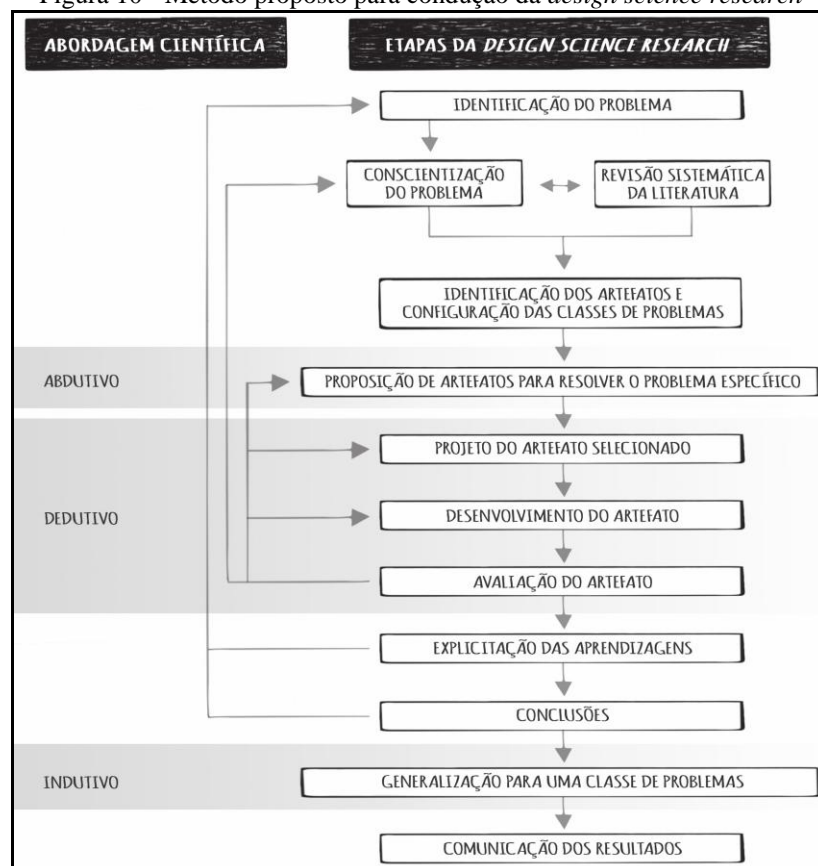
sujeitos da pesquisa, que, dessa forma, não necessitam de nada além da gentileza em participar desta pesquisa.

4.2 Tipo de pesquisa e instrumento de coleta de dados

Este trabalho embasa sua metodologia de pesquisa em uma abordagem qualitativa visto que seu objetivo é conceber um produto educacional cuja finalidade é o ensino de Termologia por meio da combinação de ferramentas digitais e analógicas. A abordagem qualitativa permite uma análise mais aprofundada a respeito das interações humanas que pretendem ser estudadas nesta pesquisa, necessitamos validar o trabalho juntamente a professores da área do Ensino de Física.

É, também, uma pesquisa-ação que, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), tem como objetivo resolver ou explicar problemas encontrados em certo sistema, produzindo conhecimento tanto para a prática quanto para a teoria. Essa tipologia de pesquisa tem cunho exploratório, descritivo e explicativo, requerendo por parte do pesquisador um papel ativo na investigação. A Figura 10 ilustra como a metodologia se organiza.

Figura 10 - Método proposto para condução da *design science research*



Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes Júnior, 2015, p. 125.

O objetivo do presente trabalho é a produção e divulgação de um produto educacional. Sendo assim, julgou-se oportuno utilizar como suporte metodológico do *Design Science Research*. Trata-se de uma metodologia de pesquisa cujo foco é causar mudança, “criando artefatos e gerando soluções para problemas existentes, ademais tal metodologia não visa excluir outras metodologias já existentes, mas ampliar o portfólio de métodos disponíveis”. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 123).

A Figura 10 sugere as fases a serem seguidas pelos pesquisadores que pretendem adotar tal método em sua pesquisa. Este trabalho de pesquisa pretende seguir tais passos no desenrolar das atividades, sendo que para a Avaliação do Artefato (produto), pretendemos desenvolver e aplicar uma sequência didática para verificar a efetividade do produto em campo, propondo a sequência didática com a utilização do Rover e do Blog para professores habilitados.

Como instrumentos para a coleta de dados, pensamos em utilizar uma combinação de estratégias e tecnologias para que os dados recolhidos reflitam com objetividade os resultados colhidos na aplicação dos produtos educacionais. Para a execução das atividades presenciais, tratando-se de um grupo limitado de sujeitos de pesquisa, optamos por utilizar a gravação dos encontros para análise posterior. Quanto à estrutura da entrevista semiestruturada, essa baseia-se em três perguntas a serem respondidas de forma alternada pelos sujeitos de pesquisa:

1. Se você for chamado a destacar pontos positivos dos elementos da sequência didática até aqui expostos, quais seriam?
2. Se você for chamado a apontar fragilidades dos elementos da sequência didática até aqui expostos, quais seriam?
3. Se você for chamado a fazer sugestões sobre os elementos da sequência didática até aqui expostos, quais seriam e por quê?

Chamamos a dinâmica aplicada de Dinâmica dos Chapéus, pois prevê que os participantes utilizem chapéus de diferentes cores durante sua execução. A participação do pesquisador se dá pelo fato de que ele se configura como um facilitador, explicando o contexto no qual é utilizado e como deve ser a participação dos sujeitos da pesquisa, indicando qual chapéu deve ser endossado em determinada situação pelos sujeitos da pesquisa. Nessa dinâmica, utilizamos chapéus de três cores diferentes, sendo cada cor responsável por uma postura diferente por parte do sujeito que o endossa no momento. As cores utilizadas são, verde, vermelho e amarelo e funcionam da seguinte forma:

Chapéu Verde: o participante que estiver com o chapéu verde deve destacar um ponto positivo do trabalho exposto (pergunta 1).

Chapéu Amarelo: o participante que estiver com o chapéu amarelo deve sugerir uma implementação do trabalho exposto (pergunta 2).

Chapéu Vermelho: o participante que estiver com o chapéu vermelho deve sugerir melhorias na sequência (pergunta 3).

A distribuição dos chapéus será feita da seguinte forma:

Quadro 3 - Distribuição dos chapéus durante os encontros

	Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6
Sujeito A	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo
Sujeito B	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde
Sujeito C	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho
Sujeito D	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo
Sujeito E	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho	Chapéu Amarelo	Chapéu verde	Chapéu vermelho

Fonte: Autor, 2020.

4.3 A sequência didática

A sequência didática desenvolvida neste trabalho é voltada para turmas do 7º ano do ensino fundamental e tem como escopo aproximar os educandos de conceitos físicos acerca da Termologia. Em razão de, em 2020, as escolas terem sido fechadas por motivos de pandemia, tal sequência aqui proposta foi aplicada com professores, pois não é possível ter acesso à estrutura escolar sem promover aglomerações.

Anexa a este trabalho, apresenta-se a sequência de forma detalhada, envolvendo a utilização do Blog e do Rover desenvolvidos para aulas de Termologia.

Com relação à sequência em si, pensamos em desenvolvê-la em 6 encontros de duas horas-aula cada, totalizando então 12 horas-aulas, período que julgamos suficiente para as atividades. Cada encontro previsto na sequência didática está organizado em 7 partes.

1. Objetivos específicos da aula

Quais as habilidades e quais conhecimentos devem ser atingidos pelos educandos em cada encontro.

2. Conceitos a serem abordados

Nessa parte, estão listados os conceitos que o professor deverá utilizar no decorrer do encontro.

3. Ações do professor

Nessa parte, estão detalhadas as atividades a serem desenvolvidas pelo professor antes e durante as atividades, fornecendo uma base sobre como preparar a sala e as atividades experimentais para que, durante a execução da sequência, a única preocupação seja a aprendizagem e os processos que levam a esse objetivo.

4. Ações do aluno

São as ações que o aluno é chamado a cumprir durante as atividades, trabalho em grupo, preenchimento do relatório de atividades etc.

5. Ferramentas para análise do professor/pesquisador

Sugestão de ferramentas a serem utilizadas para a realização do encontro. Pensamos que avaliar cada encontro seja importante para o desenrolar da atividade e para compreender quais pontos foram significativos para os educandos, sendo assim sugere-se ao professor que utilize as ferramentas propostas para aplicar a sequência didática como instrumento para esse fim.

6. Relatório de atividade experimental

No decorrer das aulas, é importante que o aluno além de ‘colocar a mão na massa’ possa sistematizar o conhecimento e a forma sugerida para esse fim é preencher um relatório de atividades. Esse relatório não é de forma alguma um relatório que o aluno deve preencher de forma automática campos preestabelecidos, esta atividade deve ser flexível e deve relatar os fatos tal como o aluno os percebe. Nesse mesmo relatório, há espaço para intervenções do professor, mas sempre em colaboração com a turma.

7. Esquemas elétricos e programação

Buscamos anexar, ao final de cada aula da sequência didática, imagens dos esquemas elétricos para uma rápida consulta, assim como a programação desenvolvida no S4A para auxiliar o professor caso tenha necessidade.

Buscamos, com essa organização, deixar o mais claro possível a intenção de cada encontro e da sequência didática como um todo. Sabemos que cada turma tem suas peculiaridades e cada escola, suas necessidades, sendo assim o número de encontros necessário para desenvolver essa sequência didática pode ser variável para cada situação em que se aplica. Também vale ressaltar que educação nunca é uma ‘receita de bolo’, e cabe ao

professor a árdua tarefa de adaptar da melhor forma o que aqui indicamos, destacando que indicações não devem ser percebidas como leis, mas sugestões.

Por fim, apontamos as ligações diretas para os diferentes elementos necessários para a realização da sequência didática de acordo com o quadro 4:

Quadro 4 - Produtos educacionais

O quê?	URL	Qrcode
Sequência didática	< http://bit.ly/SDTermologia >	
Manual de montagem do Rover	< http://bit.ly/ManualRover >	
Blog de apoio	< https://rover-physis.blogspot.com/ >	

Fonte: Autor, 2020.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E SEUS SUBPRODUTOS

Neste Capítulo, relataremos a aplicação do Produto Educacional discutido neste trabalho de dissertação e também as percepções dos participantes que interagiram com a sequência didática e os subprodutos desenvolvidos para dar suporte ao trabalho.

A aplicação para a validação do produto educacional desenvolvido se deu em três momentos diferentes com tempos diversos com profissionais da educação com a mesma base de formação acadêmica: todos Licenciados em Física ou bacharel em Física. Entre esses, destaca-se o fato de todos os participantes terem experiência na área da educação como docentes. Dos participantes, um trabalha como professor de física e também como laboratorista em colégio particular, um pós-graduando, uma doutoranda em educação, um doutor em Educação e um doutor em Física. A atuação dos participantes é variada, vai desde o ensino Fundamental II, Ensino Médio, Ensino Superior até programas de pós-graduação.

Os encontros com esse grupo de professores dividiram-se em três dias diferentes, com a mesma finalidade, demonstrar o funcionamento do Rover de forma articulada com a Sequência Didática, o Blog e o manual de construção de forma prática, possibilitando aos participantes a experiência de vivenciar uma parte do que seria a aplicação com os educandos do 7º ano do Ensino Fundamental II.

A todos os participantes da pesquisa foi enviada com antecedência a sequência didática em formato PDF para que pudessem ler e avaliar previamente a estrutura do trabalho, antes mesmo que pudesse ser explicado pelo pesquisador. Esse movimento tinha como objetivo agilizar o tanto quanto possível a aplicação do produto, permitindo dar mais atenção às estratégias didáticas práticas da aplicação. Aos integrantes da pesquisa também foi aplicado um questionário sobre o produto educacional e seus derivados no final de cada uma das aplicações. Todos os encontros foram gravados com o consentimento dos participantes para a análise e relato dessa atividade, o TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está disponível no apêndice desta obra.

A primeira apresentação deu-se no sábado pela manhã, em uma instituição de ensino não formal privada na cidade de Passo Fundo, das 8:00 horas até às 12:00 horas. Dos três participantes dessa primeira sessão de validação da sequência didática, dois participaram durante a manhã toda e um dos participantes por motivos pessoais precisou se ausentar às 10 horas. A aplicação se deu respeitando todas as regras sanitárias impostas pela pandemia de Corona Vírus. Assim, em um espaço amplo e higienizado, com mesas e assentos separados para cada um dos integrantes da pesquisa, cada um deles tinha à sua disposição um notebook,

um cabo USB de 3 metros, um conjunto de Rover e sensores completos para completar as atividades. Uma tela LCD mostrava aos participantes as páginas da sequência didática. Cada notebook também estava conectado à internet e contava com toda a programação necessária para seguir a sequência didática.

Os trabalhos do dia iniciaram-se com uma breve introdução por parte do pesquisador antes de iniciar para explicar de forma mais clara os objetivos da pesquisa. Iniciou-se apresentando o Blog, que dá acesso a informações sobre todos os produtos a serem avaliados juntamente da sequência didática, que, por sua vez, também está anexada ao próprio Blog. O Blog é parte integrante da sequência didática, uma vez que sua finalidade é oferecer apoio ao professor que queira replicar ou ter mais dados sobre a construção ou programação do Rover para apoio da sequência didática. Dessa forma, foi possível explicar as escolhas técnicas na construção do Rover e sua finalidade didática. Foi disponibilizado no blog, ainda, o manual de montagem e programação do Rover, que possibilitou a explicação dos motivos de sua construção e as escolhas feitas.

Visualizar o Manual de montagem e o Rover de forma simultânea permitiu que fosse verificada a construção de acordo com os planos e que a explicação sobre a montagem fosse mais tangível. Os professores podiam, desse modo, verificar o quanto o apresentado condizia ou não com a realidade do Rover colocado à disposição de cada um. No final dessa primeira etapa, os professores foram questionados acerca da proposta usando a dinâmica dos três chapéus, sendo assim os participantes foram chamados um de cada vez a fazer suas contribuições. Posteriormente a essas premissas, passou-se, então, a apresentar a própria sequência didática e como essa funciona de forma interligada ao Rover. A sequência didática foi explicada para os professores da forma como foi planejada e estruturada para uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental, foco principal deste trabalho.

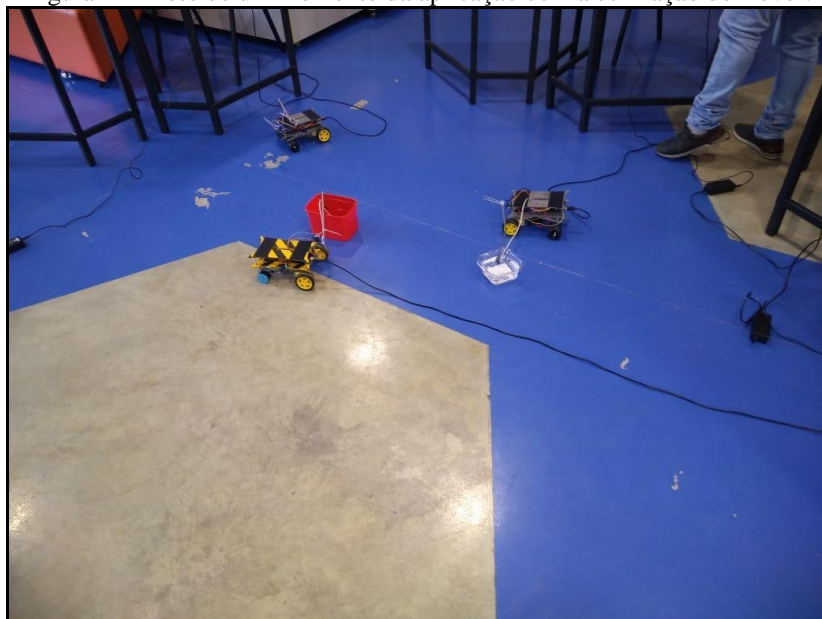
A cada aula apresentada a dinâmica dos chapéus era realizada de forma a incentivar a avaliação crítica do conjunto didático. Essa dinâmica mudou um pouco com a ausência de um dos integrantes na metade da aplicação, mas os dois sujeitos da pesquisa que continuaram a participar deram suas contribuições de bom grado, tanto com elogios, críticas ou sugestões de mudança. É relevante apontar que essa ausência não impediu a participante de ver e participar do funcionamento da sequência e do Rover em conjunto. Quando a sequência didática exigia a utilização do Rover para desenvolver as atividades experimentais, os professores eram chamados a verificar se esse era ou não capaz de realizar as tarefas que foram previstas para cada unidade.

O segundo encontro foi marcado com uma professora doutoranda em educação na tarde da quinta-feira, das 18:00 horas às 20:00 horas no mesmo estabelecimento particular da primeira aplicação e com as mesmas premissas: higienização do local antes e após a utilização assim como dos materiais fornecidos; um notebook, um cabo USB de 3 metros; um kit Rover e sensores. A metodologia de aplicação do produto ocorreu do modo mais próximo possível da primeira aplicação, a diferença de ser um só sujeito de pesquisa agilizou bastante a dinâmica, visto que eram as únicas opiniões a serem ouvidas nesse período de validação.

O terceiro e último encontro realizado para a validação desse produto educacional foi realizado de forma diferente dos demais. O professor convidado faz parte do grupo de risco para contaminação do vírus causador da COVID-19 o que impossibilitou sua participação presencial. Para esse sujeito da pesquisa, a aplicação do produto educacional se deu uma semana depois da primeira aplicação no turno da manhã, das 10:00 horas às 12:00 horas de forma on-line. Esse encontro também foi gravado com consentimento do participante. Nesse caso, o Rover se encontrava na residência do pesquisador, que estava realizando a apresentação. Sempre que a dinâmica requeria, era compartilhada a tela do software ao mesmo tempo em que era mostrado na câmera o Rover funcionando, gerando leituras digitais e gráficos em tempo real.

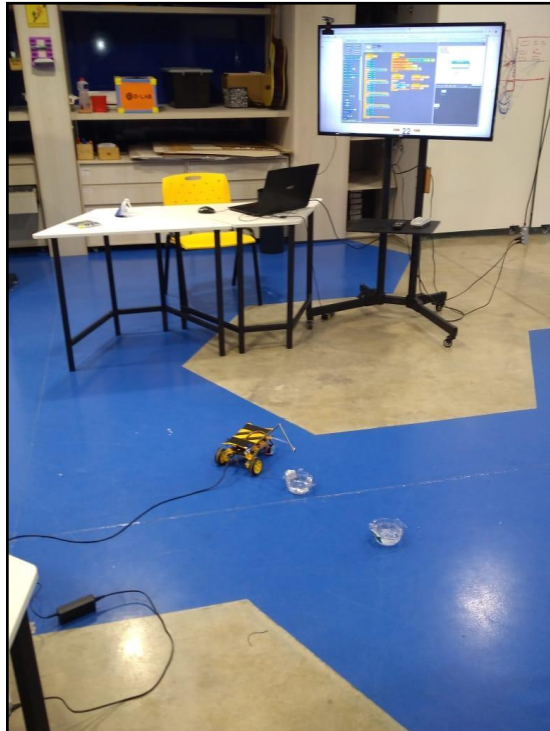
No próximo capítulo, relataremos quais pontos foram levantados durante a pesquisa e, também, o resultado da pesquisa realizada por meio de formulário sobre a aplicação do produto e da sequência didática.

Figura 11 - Foto de um momento da aplicação com a utilização do Rover.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 12 - Momentos da aplicação, recorte para a tela compartilhada com os participantes



Fonte: Autor, 2020.

5.1 Relato sobre as opiniões dos participantes da pesquisa de campo

Esta seção da dissertação tem como finalidade relatar as percepções dos professores durante as aplicações e os gráficos das respostas ao questionário que servem para corroborar tais percepções e falas além de respostas diretas ao questionário.

No que diz respeito ao Rover, a principal questão apontada pelos participantes foi relativa à robustez da estrutura. Os participantes da pesquisa não tinham muita familiaridade com artefatos robóticos, o que ocasionou algumas situações problema, como, por exemplo, a soltura de um servo motor. Esse soltou-se duas vezes em um dos Rover, o que ocasionou a sugestão de fixar de forma mais eficaz o servomotor ao chassi por meio de parafusos, deixando-o mais estável. Percebeu-se durante a aplicação e a revisão das gravações, algumas dificuldades por parte de alguns participantes em manusear o Rover. A proposta traz como um dos seus pilares a utilização de materiais alternativos, buscando envolver conceitos de sustentabilidade nas atividades e, também, a redução de custos. Foi possível observarmos que essa pouca vivência com a robótica alternativa deixou os participantes com receio de quebrar ou danificar o artefato de alguma forma.

No que diz respeito à sequência didática, um dos professores fez algumas observações de forma pontual. Em uma das questões a serem postas aos educandos, “Como se transmite

Calor?” julgando-a ambígua e sugerindo mudança prontamente acatada e modificada na sequência didática por: “Quais formas de transmissão de calor você conhece?”. O mesmo professor também sugere outro questionamento a ser posto aos estudantes na mesma sequência, “Por que um metal parece mais quente que uma madeira quando exposto ao sol?”. Também duas mudanças foram solicitadas quanto às imagens utilizadas como fundo de palco no software S4A. Em um caso, foi notada a ausência do sinal de grau na grandeza Fahrenheit e em outro caso, na imagem para a realização dos gráficos, a escrita Temperatura (°C) estava posicionada de forma não científica. Tais sugestões por serem importantes foram acatadas e modificadas na sequência didática.

Nenhuma crítica foi movida quanto à estrutura e à construção da sequência didática, aos conteúdos abordados e à sequência com que esses são apresentados, sendo assim, nenhuma mudança foi aportada em tal sentido.

Em nossa metodologia de aplicação da segunda etapa, ou conjunto de perguntas, estava previsto que os participantes fizessem alguma sugestão para melhorar o projeto como um todo. Nesse sentido, mesmo não tendo muitas sugestões pelo projeto estar “Redondinho” como foi dito durante as aplicações, algumas ideias foram levantadas. Os professores gostaram da proposta de ter uma plataforma externa para a divulgação do trabalho, no caso, o Blog que possui todas as informações necessárias para a construção e aplicação do Rover em sala de aula. A sugestão para que a divulgação do trabalho seja potencializada foi relativa à criação de perfis em redes sociais como Instagram e Facebook. Foi ainda sugerido que essa sequência didática possa se tornar um capítulo de um livro mais amplo, sobre ensino de física, utilizando o próprio Rover e a mesma estrutura didática.

Por serem os participantes professores em diferentes níveis de Ensino, houve também a sugestão para que o trabalho pudesse, em um futuro próximo, ser ampliado para uma sequência para o Ensino Médio e também avaliar a possibilidade de implementações técnicas para o Ensino Superior. Na mesma linha de pensamento, foi levantada a hipótese de que outra sequência didática fosse produzida para explicar o funcionamento do Rover, abordando conceitos de Eletrodinâmica para o Ensino Médio.

A dinâmica dos três chapéus, por fim, também inclui elogios construtivos ao trabalho. Os professores participantes fizeram elogios ao trabalho e reconheceram as possibilidades de aplicação em sala de aula. A sequência didática agradou também por respeitar a sequência da disposição dos conteúdos classicamente encontrada em livros didáticos, o que realmente muda é a abordagem que segue um caminho construcionista. Um dos participantes observou que os conteúdos na forma em que foram organizados respeitam plenamente uma organização

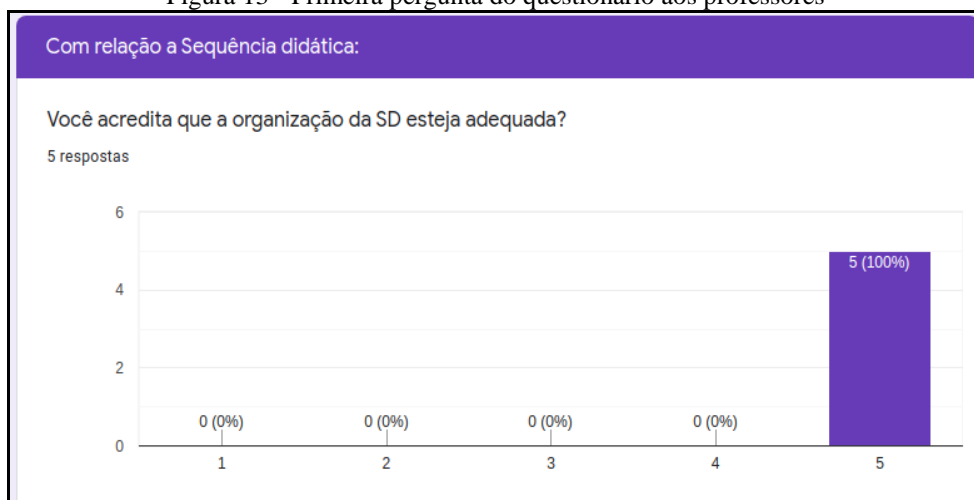
clássica do ensino de Termologia, e que essa é exatamente a sequência com que ele aborda os conteúdos em suas atividades em sala de aula. Para os participantes, a metodologia aplicada respeita os preceitos do construcionismo, embora os mesmos participantes não apliquem tais metodologias em suas aulas.

Durante a aplicação também pode-se perceber a surpresa dos participantes com o conjunto trabalhando de forma simultânea para a obtenção de dados. O Rover trabalhando com o software S4A deixa livre o educando da necessidade de fazer leituras frequentes, anotar e gerar o gráfico de forma analógica, fato que surpreendeu de forma positiva os professores envolvidos. Observando a prática dos participantes, percebemos também que, de alguma forma, eles, mesmo conhecendo os conceitos envolvidos na sequência didática, divertiram-se ao fazer as medições, utilizando o Rover como plataforma. Os outros produtos envolvidos também foram bem avaliados e percebidos como um bom suporte à sequência didática.

5.2 Análise dos formulários

Para suporte das observações da aplicação prática, criou-se um formulário com 8 perguntas utilizando escala tipo Likert com valores de 1 a 5. Os valores significam 1) Discordo; 5) Concordo. A cada questionamento também foi requerido que os participantes escrevessem sua opinião, a fim de fundamentar de forma mais clara sua resposta e compreender melhor os resultados.

Figura 13 - Primeira pergunta do questionário aos professores

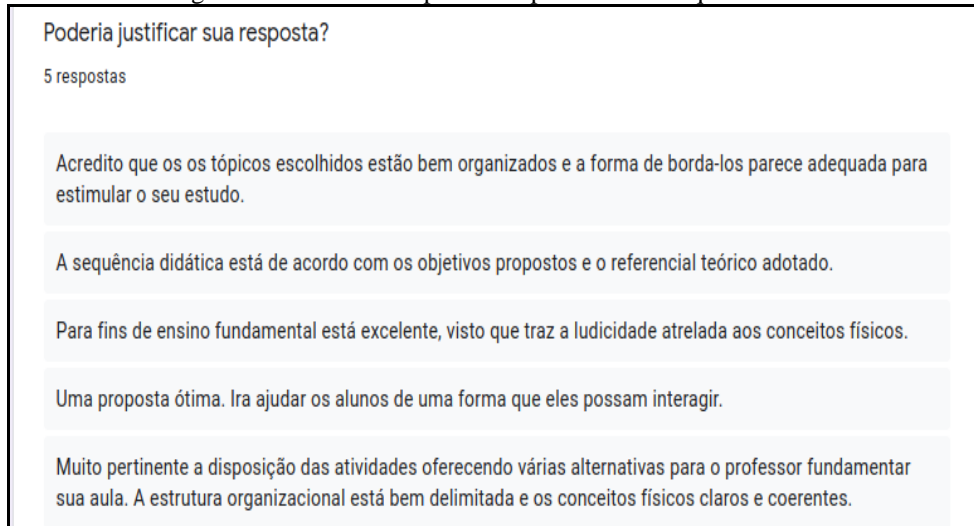


Fonte: Autor, 2020.

Conforme citado no capítulo anterior, os participantes não fizeram críticas à estrutura da sequência didática. Pensamos que isso se deve ao fato de não fugir dos padrões clássicos

de uma sequência didática sobre Ensino de Termologia. O que propomos é uma nova abordagem, uma nova possibilidade sobre o tema, utilizando a robótica educacional para tal fim. Essa análise é corroborada pela resposta dos participantes em justificativa ao gráfico, reportada na Figura 14.

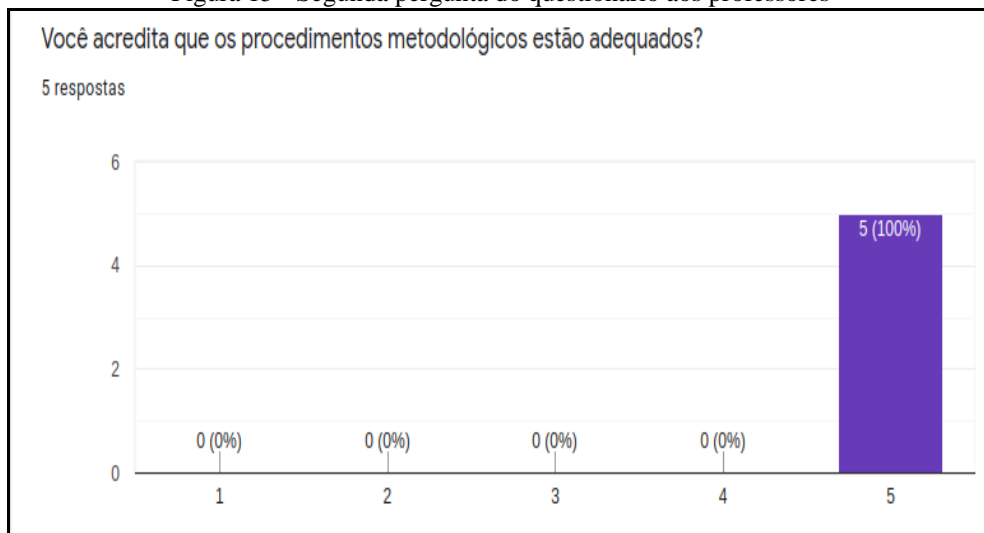
Figura 14 - Primeira resposta dos professores ao questionário



Fonte: Autor, 2020.

Os professores perceberam que a mudança de paradigma proposta está no construcionismo e, portanto, em uma metodologia diferente em sala de aula, não uma mudança radical na ordem em que os conceitos são apresentados aos estudantes. Consideramos, ainda, nessas respostas o fato de os conceitos físicos envolvidos estarem expostos de forma correta e clara na sequência didática.

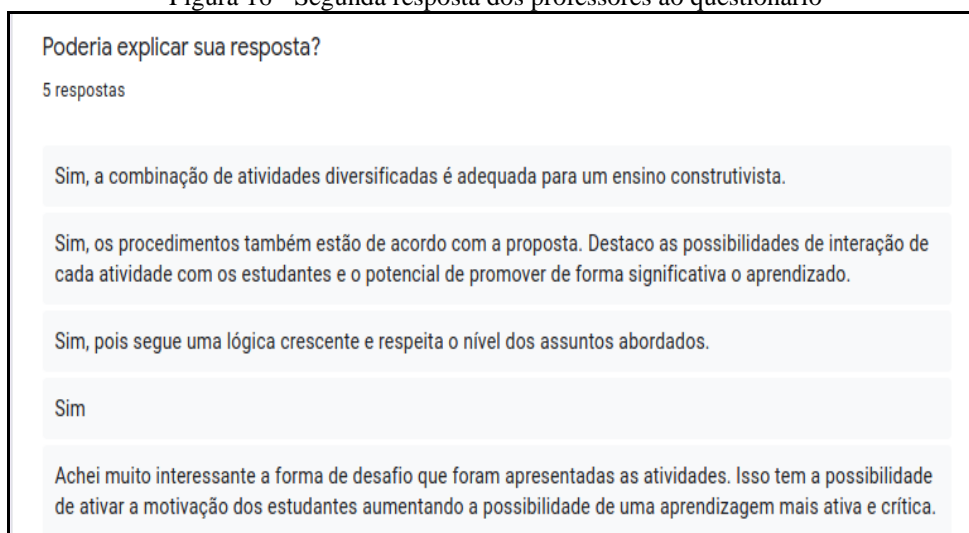
Figura 15 - Segunda pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

Nesta segunda questão, perguntamos a respeito dos procedimentos metodológicos adotados nessa sequência didática, após realizar as atividades práticas com o Rover pensamos que a metodologia aplicada ficou mais clara para os professores. Novamente, podemos verificar nas respostas por eles concedidas a essa pergunta em específico.

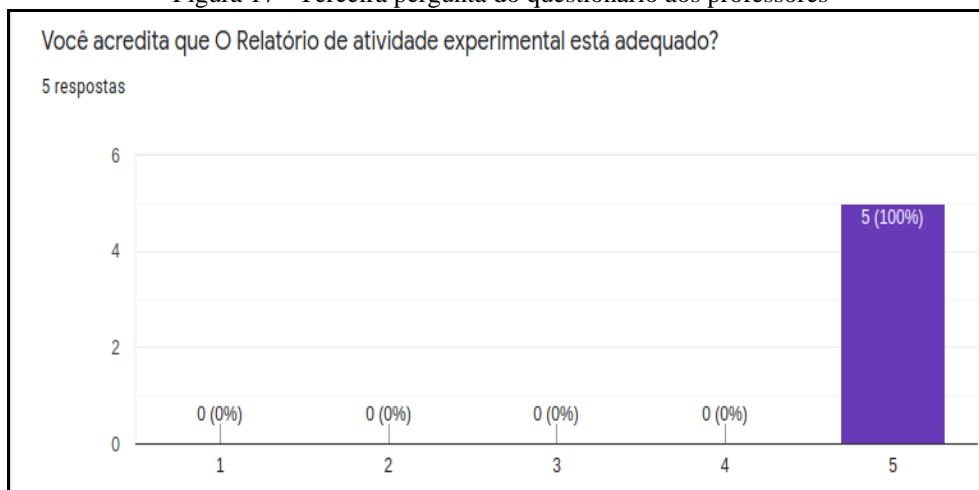
Figura 16 - Segunda resposta dos professores ao questionário



Fonte: Autor, 2020.

Os participantes reconhecem que a interação com o Rover é importante para o desempenho correto da sequência didática para o qual foi desenvolvido, ressaltamos também a compreensão da intenção de fazer com que a aprendizagem seja o quanto mais significativa possível. Isso, é claro, deve-se também a outras metodologias utilizadas nessa sequência didática, por exemplo, o Storytelling, utilizado na segunda aula exatamente para engajar os estudantes a uma participação ativa na construção de seu próprio conhecimento.

Figura 17 - Terceira pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

Buscamos qualificar todas as estratégias utilizadas na sequência didática. Julgamos importante o registro das atividades por parte dos educandos no decorrer dos encontros, sendo assim, desenvolvemos um Relatório de Atividade Experimental. Esse relatório está diretamente ligado tanto aos conceitos físicos abordados quanto à atividade prática. A totalidade dos participantes compreende a importância dessa ferramenta assim como foi proposta. E, para melhor indagarmos sobre como os professores enxergaram essa etapa da sequência didática, na Figura 18, podemos ler quais foram suas impressões em suas próprias palavras.

Figura 18 - Terceira resposta dos professores ao questionário

Poderia explicar sua resposta?

5 respostas

Como proposta sim. Penso que o professor pode adequá-lo a suas necessidades. Mas, ele contém atividades mínimas necessárias para colocar em evidência se as atividades efetuadas influenciaram a forma dos estudantes interpretarem os conteúdos abordados - se as atividades influenciaram as interpretações dos conceitos

Está adequado. Contempla diferentes perspectivas da aula, além de ter elementos que promovem a reflexão dos estudantes. Não se caracterizou um relatório em moldes de "roteiro"

Sim, pois teremos um parâmetro para medição do conhecimento que vou desenvolvido pelo aluno.

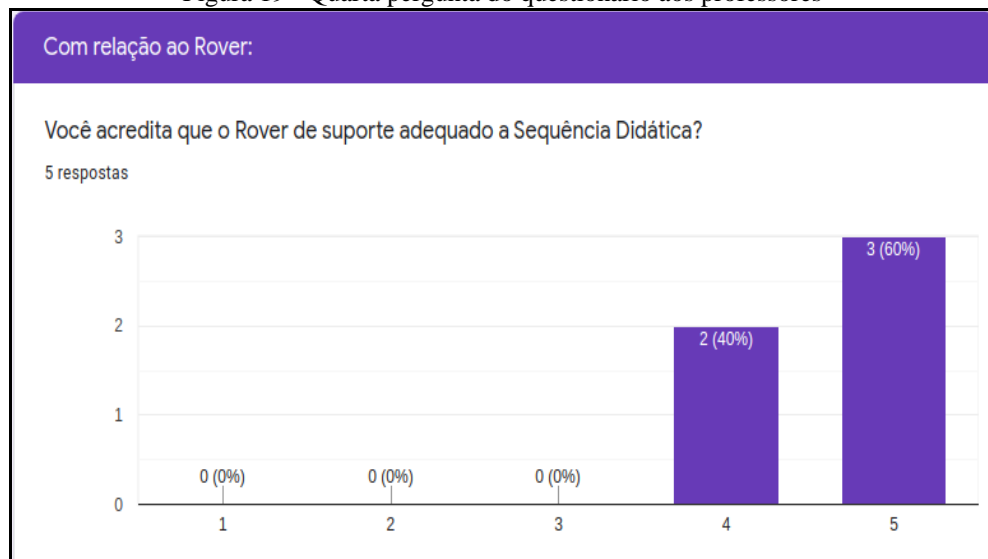
Sim. Muito bem formulado.

Achei bem estruturada - Gostei particularmente da ideia de colocar as palavras chave no final da atividade, isso faz com que o aluno busque fazer uma síntese de tudo o que foi feito e dos conceitos físicos envolvidos.

Fonte: Autor, 2020.

Lendo como foi respondido pelos participantes da pesquisa, percebemos que a intenção do Relatório de Atividade Experimental foi entendida da forma esperada. Na segunda resposta, na segunda linha, por exemplo, podemos ler “Não caracterizou um relatório em moldes de roteiro”, essa afirmação indica que a intenção de não utilizar o relatório como uma ‘receita de bolo’ foi, de alguma forma, percebida. Além disso, verificamos que, na opinião dos professores, essa ferramenta pode ser utilizada como forma de avaliação da construção do conhecimento por parte dos alunos. A intenção da palavra-chave, no final do relatório, embora relatada somente por um dos professores, mas comentada durante a aplicação, coloca mais um ponto positivo no que diz respeito a esse item da sequência didática desenvolvida.

Figura 19 - Quarta pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

Nesta quarta questão, levamos a atenção dos professores participantes desta pesquisa para o Rover e a sua interação com a sequência didática. Pela primeira vez, não temos unanimidade quanto às respostas oferecidas. Esse item chama a atenção, pois contrasta com o resultado da questão 2 do mesmo formulário, na qual questiona-se se a metodologia utilizada é adequada. Para compreendermos quais pontos causam esta divergência devemos analisar as respostas a essa quarta questão.

Figura 20 - Quarta resposta dos professores ao questionário

Poderia explicar sua Resposta?

5 respostas

A proposta do Rover é estimulante mas tem que ser colocada em prática com cuidado para a própria construção dele não passe a distrair os alunos do objetivo real para o qual será utilizado

Ele permite utilizar experimentos clássicos da física de uma forma moderna, com mais possibilidades de análise de dados e entendimento dos fenômenos envolvidos.

Sim, pois com básica linguagem de programação este pode realizar diferentes atividades.

O Rover é a sequência didática trabalham em conjunto, um buscando completar o outro.

Acredito que sim - Justificando o "4" acima - julgo o rover um suporte adequado, mas claro na verdade poderia ser outro material, visto que este foi utilizado para contextualização da SD sendo que a aquisição de dados estava mais estritamente relacionada a medições de temperatura e relações com conceitos como condução térmica, irradiação térmica, entre outros. Obviamente que essa minha observação não tira o mérito da proposta visto que a ideia da exploração espacial tem enorme potencial de despertar a curiosidade dos estudantes.

Fonte: Autor, 2020.

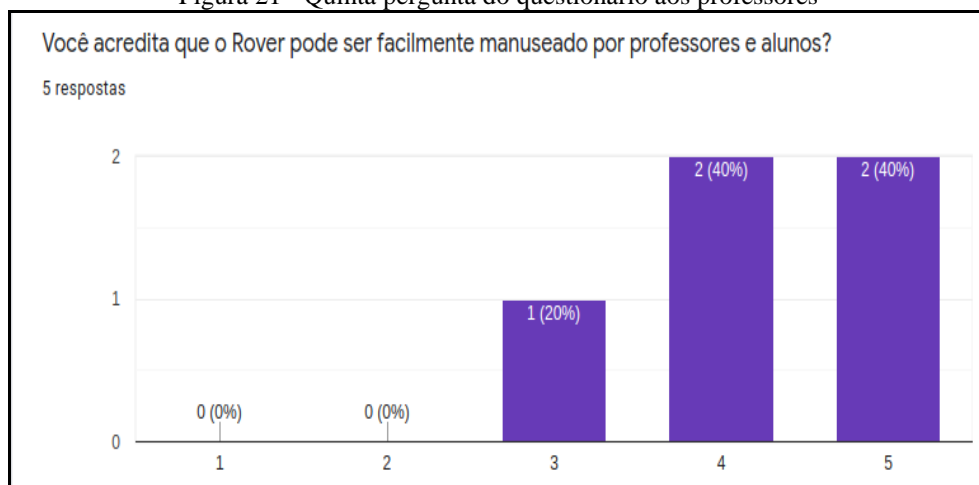
Embora não haja nenhuma rejeição à utilização do Rover, percebemos alguns pareceres a serem comentados. Ao lermos as respostas, podemos perceber qual o anseio dos professores com relação à construção do Rover por parte dos alunos, como parte da sequência

didática. Para um dos professores, a montagem do artefato, de alguma forma, poderia desviar a atenção do aluno para a parte do conteúdo de Termologia em si. Julgamos que a construção do Rover por parte dos educandos seja de muita valia no contexto construcionista em que esse trabalho foi desenvolvido. De fato, quando analisamos o referencial teórico, podemos perceber que não é importante somente a atividade experimental fim a si mesma, mas o conjunto oferecido ao estudante. As possibilidades de desenvolvimento citadas por Aroca (2012), incluem raciocínio lógico, a interdisciplinaridade para além das ciências exatas, passando por design, artes, motricidade, problematização e aplicações possíveis no cotidiano. Ao fornecer de forma detalhada esquemas eletrônicos e programação do Rover, evitamos que, de certa forma, seja desviado o foco da função principal ao qual foi destinado o artefato, já que é necessário somente seguir o projeto. Buscamos, desta forma, facilitar a construção do Rover por parte dos educandos, mas mantemos a ideia de que manusear o artefato seja de suma importância, pois construir o Rover leva a uma maior compreensão sobre o funcionamento da máquina utilizada para a realização das aferições de temperatura.

Importante destacar que três dos participantes perceberam que a sequência didática está totalmente alinhada, configurando-se como uma ferramenta moderna para trabalhar conceitos físicos trabalhados de forma analógica.

Ainda em relação direta ao Rover, questionamos quanto à facilidade de manuseio do artefato por parte de alunos e professores que venham a ter contato com esses dois produtos. O resultado é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Quinta pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

A análise das respostas permitem perceber claramente certo anseio quanto à facilidade de manuseio do Rover e, mais uma vez, as respostas apresentadas nos ajudam a compreender

melhor quais são esses anseios e, conseqüentemente analisar mais claramente o que o gráfico mostra.

Figura 22 - Quinta resposta dos professores ao questionário

Poderia explicar sua resposta?

5 respostas

Acredito que vai depender dos conhecimentos prévios dos professores sobre o trabalho com arduino. Embora tenha sido todo bem planejado e descrito passo a passo, é de nosso conhecimento que muitos professores são antigos e enfrentam sérios problemas com novas tecnologias

Sim, a montagem dele proporciona um manuseio intuitivo.

Sim, mas a questão da fragilidade estrutural pode trazer alguns problemas quando se trata do manuseio das crianças.

Com o manual de explicações o Rover pode ser facilmente montado por professores e alunos. Problemas iram aparecer, mas será de grande valia para debates entres os participantes.

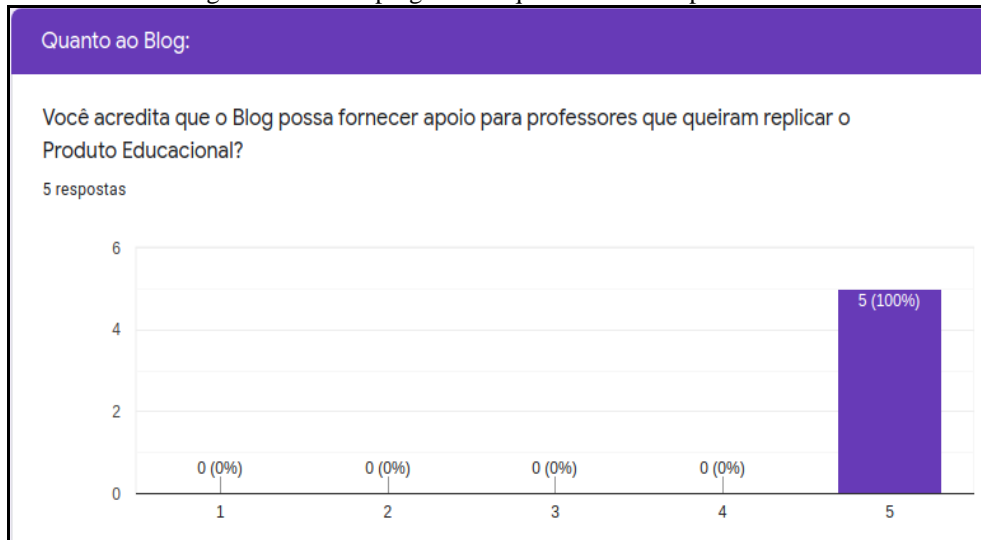
Acredito que sim - claro destacando que o professor precisa ter uma certa habilidade (mesmo que básica) em robótica.

Fonte: Autor, 2020.

Embora como relatado no capítulo anterior, tenha sido movida crítica à fixação de um servo motor e tal apontamento esteja presente nas respostas, percebemos que o maior problema apontado pelos envolvidos é a formação dos professores atualmente. A pouca habilidade com a robótica educacional e a programação são problemas na visão dos professores, embora reconheçam que os artifícios utilizados neste trabalho de construir e fornecer suporte para que a construção seja o mais fácil possível. Esse dado se torna extremamente interessante em vista de possíveis evoluções do presente trabalho, mas também sugere que algumas mudanças podem ser realizadas para facilitar ainda mais para aqueles que queiram recriar o projeto em sua escola. Outra visão sobre o tema da habilidade em manusear elementos eletrônicos mais uma vez pode ser encontrada nos preceitos do construcionismo e do movimento Maker. O conhecimento pode ser construído de acordo com as necessidades apresentadas, ou seja, sempre que um problema aparecer pode ser utilizado como agente motivador para a aprendizagem. Esta dinâmica pode ser implementada tanto para alunos quanto para professores.

O próximo item em análise por parte dos professores foi o Blog e suas implicações com a sequência didática. Novamente, colhemos uma unanimidade quanto à utilização do Blog e sua função de apoio ao professor interessado em replicar esse trabalho, como se pode observar na Figura 23.

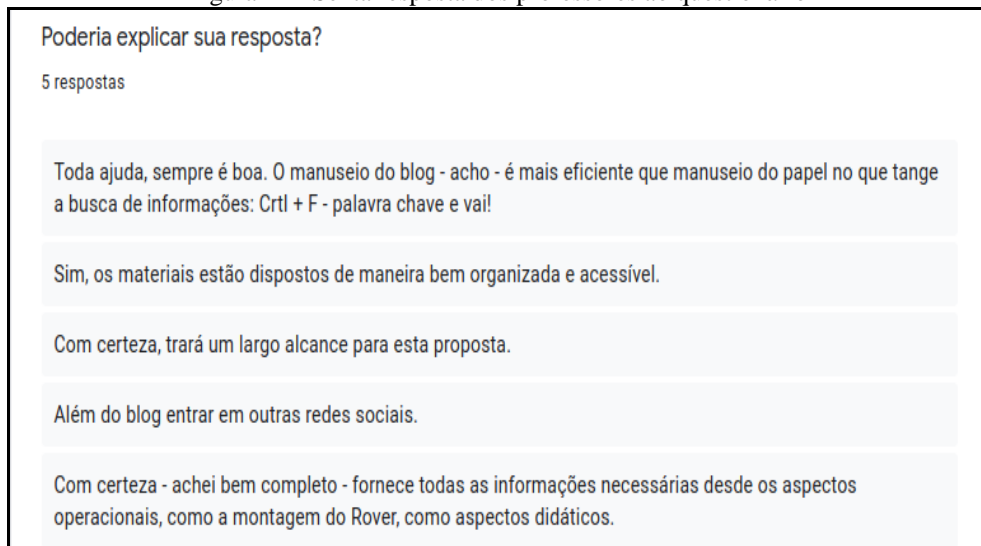
Figura 23 - Sexta pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

Reconhece-se que o alcance do projeto pode ser maior, utilizando essa ferramenta, justamente por ser uma ferramenta on-line, o que facilita a busca voluntária ou não por produtos dessa mesma categoria.

Figura 24 - Sexta resposta dos professores ao questionário

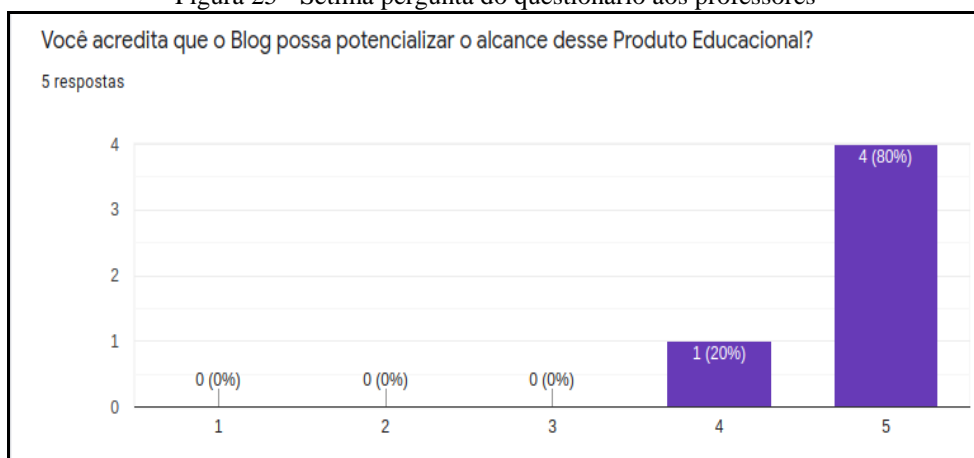


Fonte: Autor, 2020.

Nas respostas, podemos observar que a disposição dos materiais no Blog agradou aos participantes e que tais propostas são úteis para apoiar o professor que queira utilizá-lo como apoio pedagógico e técnico. No Blog podem ser encontrados a sequência didática, o manual de montagem do Rover, toda a programação necessária para o desenvolvimento do software, além de alguns vídeos de apoio, imagens e informações extras. Nessa lista de respostas, aparece a sugestão para que sejam utilizadas outras plataformas como redes sociais.

Nesse sentido, a questão a seguir relaciona-se com a potencialidade de alcance do Blog. Um dos objetivos deste trabalho é chegar o quanto mais longe possível e que se torne fruto de um trabalho da comunidade de professores como um todo. Sabemos que é mais fácil que se procure algo na internet que em artigos científicos. Importante fazer uma ressalva quanto a essa afirmação. É indiscutível a importância da comunidade científica e a produção de artigos qualificados em todas as áreas, a validação dos pares é fundamental. Pensamos, porém, que o alcance desses trabalhos possa ser maior se combinado com meios digitais de divulgação, o que constitui nosso intuito.

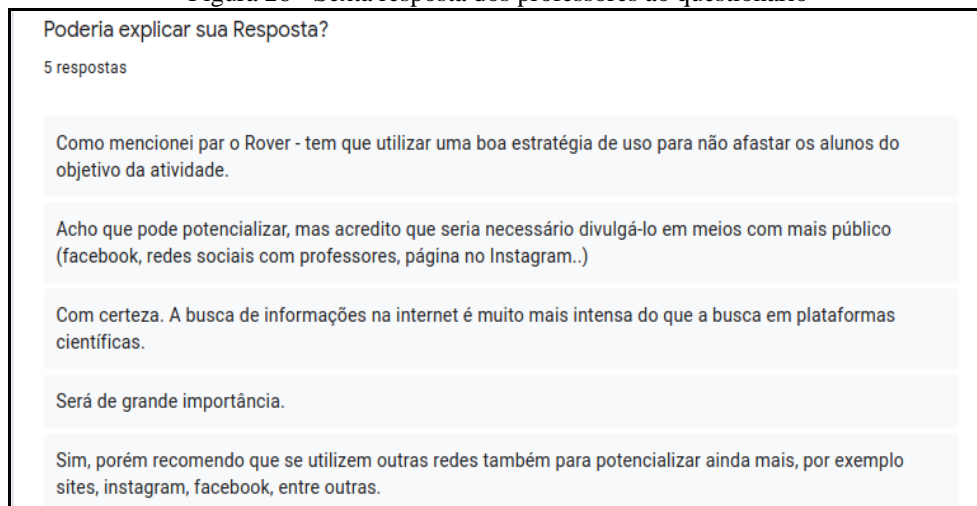
Figura 25 - Sétima pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

A situação apresentada neste gráfico suporta a ideia de que o alcance desse produto possa ser potencializado pelo uso do Blog. Dando continuidade à análise dessa questão, podemos observar que as respostas dos professores condizem com o gráfico.

Figura 26 - Sexta resposta dos professores ao questionário

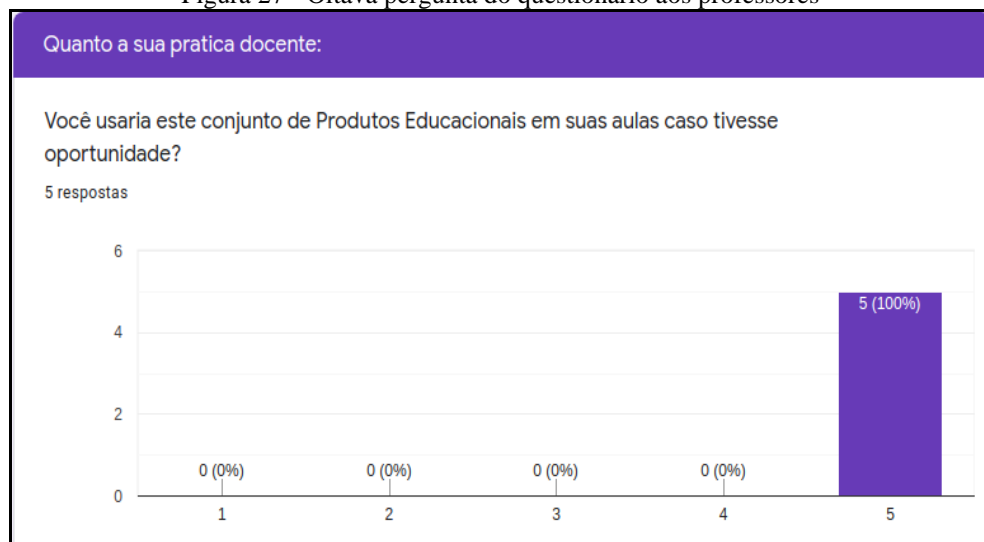


Fonte: Autor, 2020.

Sugere-se, porém, uma estratégia de divulgação mais ampla e mais abrangente em redes sociais, onde a visibilidade poderia ser maior e, portanto, cumprir seu intuito, de divulgar conhecimento. A nota discordante que não fornece unanimidade ao quesito em questão vem da preocupação pela possibilidade de o Blog demover a atenção dos alunos do foco principal da atividade, mas sugere que, com o uso de uma boa estratégia didática, constitui-se em um bom meio de divulgação do trabalho e dos produtos desenvolvidos. Novamente podemos analisar de acordo com a teoria construcionista, pois o Blog é um suporte educacional ao professor e também para aqueles que quiserem recriar este trabalho. Nesse sentido, torna-se importante destacar que podemos pensar no Blog como uma possibilidade didática a mais já que sua função é fornecer um apoio técnico ao desenvolvimento das atividades. Discutimos no capítulo 2.4 que recursos midiáticos podem ser considerados recursos construcionistas e aptos, feitas as devidas considerações, a serem utilizados em sala de aula.

Por fim, a oitava e última questão posta aos professores participantes desta pesquisa, questiona-os sobre a possibilidade de utilizar esse conjunto de produtos educacionais em sua prática em sala de aula.

Figura 27 - Oitava pergunta do questionário aos professores



Fonte: Autor, 2020.

Percebe-se de forma clara que todos os envolvidos utilizariam esse conjunto didático para sua atividade prática com os alunos. Interessante reforçar que a abrangência de atuação dos professores é variada, saindo do Ensino Fundamental, passando pelo Ensino Médio, pela Graduação e pela Pós-graduação.

Figura 28 - Oitava resposta dos professores ao questionário

Poderia explicar sua resposta?

5 respostas

O uso de toda tecnologia ou produto educacional que auxilie e colabore para potencializar o ensino deve ser bem-vindo na sala de aula.

Usaria com certeza, achei uma prática bem completa em termos de estrutura, planejamento, metodologia e conteúdo.

Sim, a abordagem é minuciosa, e apontou inúmeros recursos para potencializar para a aprendizagem.

Traz uma nova oportunidade de aprendizagem ao aluno.

Com certeza utilizaria, tanto pelo aspecto da contextualização relacionada a exploração espacial, como quanto ao aspecto de aquisição de dados.

Fonte: Autor, 2020.

As respostas positivas quanto à utilização em sala de aula levam-nos a concluir que, de fato, as estratégias adotadas possam ser utilizadas de forma impactante em sala de aula. Na análise da aplicação, foi mencionado que alguns dos professores afirmaram que com poucas adaptações com relação ao conteúdo, é possível que algo muito parecido seja aplicado com turmas do ensino médio e, talvez, ensino superior. Mesmo que esse não seja o foco da pesquisa, a possibilidade de aplicação em diferentes níveis de ensino valoriza ainda mais esta pesquisa. Foi reconhecida a abordagem, a diversidade de metodologia e a estrutura da sequência didática e dos produtos educacionais envolvidos neste trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalização deste trabalho deveria ter passado pela aplicação do produto educacional com alunos do 7º ano do Ensino Fundamental, foi pensando nesta faixa etária específica que todo o trabalho foi desenvolvido. O ano de 2020, com toda a certeza, foi um ano atípico e, para tanto, medidas extraordinárias foram tomadas, as quais influenciaram de forma considerável a aplicação do nosso produto. Em razão da pandemia de COVID-19 no mundo todo, as aulas foram suspensas por tempo indeterminado, ficando a critério de Governadores, Prefeitos e gestores escolares definir a volta às aulas, o que impossibilita prever quando e como poderíamos aplicar nosso produto em sala de aula com os estudantes.

Alternativas a aplicação em sala de aula com os estudantes foram validadas pelo programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, dessas alternativas propostas pelo conselho para a validação e/ou aplicação do Produto Educacional, escolhemos a aplicação indireta submetendo a sequência didática a, no mínimo, três professores com comprovada expertise no tema para que seja avaliado. A partir dessas premissas e da necessidade de expor de forma clara não somente a sequência didática, mas também a metodologia em um contexto construcionista, convidamos 5 professores a participar das atividades de avaliação, todos com atuação no ensino de física.

Pensamos que, apesar da situação, os participantes nessa fase final da pesquisa possam de fato contribuir para a avaliação dos produtos desta pesquisa, que lembramos se compõem de a) Sequência didática; b) Rover; c) Blog de apoio; d) Manual de montagem do Rover. Frisamos ao longo dos capítulos anteriores a nossa visão suportada por teóricos como Seymour Papert, referindo a importância de ‘colocar a mão na massa’, ou seja, fazer com que os professores vivenciem essa realidade e sua possível potencialidade em sala de aula, requer de fato que se tenha contato com o artefato físico, com o próprio Rover.

Embora a resolução supracitada aponte para uma avaliação ad hoc do produto educacional, julgamos fundamental uma avaliação prática por parte dos professores convidados para a validação presencial. Os professores convidados para participar dessa aplicação/avaliação são professores de Física, licenciados ou bacharéis atuantes no Ensino Fundamental, Médio e no Ensino Superior.

Durante as aplicações podemos observar a interação dos avaliadores com o conjunto de produtos utilizados para fazer com que a sequência didática pensada funcionasse da forma como foi imaginada. Dessa forma, juntamente dos dados levantados podemos responder ao

questionamento inicial dessa pesquisa. *Qual o potencial da robótica educativa como recurso construcionista para o ensino de termologia?*

As avaliações positivas mostradas na análise nos levam a acreditar que é possível incluir essa dinâmica e a robótica educacional no currículo tradicional, acrescentando possibilidades de aprendizagem significativa para os educandos envolvidos. A robótica educativa mostrou-se interessante para os professores que participaram desta pesquisa, que perceberam que o ensino construcionista pode estar presente em sala de aula. Ao serem questionados se utilizariam a sequência didática apresentada em conjunto com o Rover e Blog, todos responderam positivamente.

Outro ponto a ser avaliado positivamente neste trabalho, após analisarmos os resultados e as conversas com os avaliadores, foi que é possível realizar atividades experimentais clássicas de forma moderna e mais próximas à realidade dos alunos. Foi a opinião de muitos que este trabalho pode ser implementado para ser utilizado nas salas de aula do Ensino Médio. A possibilidade de utilizar esse conjunto de produtos em outros ambientes que não sejam somente o Ensino Fundamental fortalece, em nossa opinião, a potencialidade do ensino construcionista. Possibilidades além das apresentadas nesta pesquisa foram trazidas como dica para futuras pesquisas e trabalhos, tais como: implementar para outras áreas da Física novas sequências didáticas baseadas no Rover com finalidades curriculares diferentes, por exemplo, eletrodinâmica que poderia explorar de forma construcionista toda a parte eletrônica da construção do Rover.

Muito ainda deve ser trabalhado para que, de fato, propostas educacionais como a apresentada neste trabalho sejam incluídas nos currículos das escolas. Esta proposta foi articulada em uma dissertação de Mestrado o que permitiu que todo o planejamento ocupasse um certo tempo. Preparar uma sequência didática tão abrangente depende tempo por parte do professor e nem sempre este tempo está disponível. Podemos também concluir com base nas respostas dos participantes da pesquisa que algum receio na utilização da robótica em sala de aula ainda está presente.

Pensamos que este receio em trabalhar com robótica seja devido ao fato de que não há uma disciplina com foco nesta temática na maioria dos cursos de licenciatura e, portanto, este ‘medo’ da robótica persiste nos professores já formados. O binômio utilizado nesta pesquisa, robótica e construcionismo foi avaliado de forma positiva no processo como um todo, mas alguns processos intrínsecos a uma didática construcionista ainda não são bem compreendidos.

O processo de construção do conhecimento neste caso necessita de uma interação entre aluno, artefato robótico e professor, trabalhando juntos e aproveitando o maior número possível de oportunidades educacionais oferecidas pelo processo como um todo.

Durante este processo podemos observar situações descritas por Papert ou Resnick em suas obras quando, por exemplo, notamos a surpresa nos olhos dos participantes quando o artefato opera do jeito que foi pensado para funcionar. Conversando com os professores e ouvindo sugestões como as anteriormente citadas, sobre a possibilidade de utilizar a mesma ferramenta para outros níveis de ensino ou utilizando a mesma ferramenta para ensinar conceitos diferentes, nos faz pensar sobre a reflexão que a atividade proporcionou-lhes.

Embora tenhamos concluído esta parte do trabalho, ainda pensamos em aplicar este produto com os alunos para os quais esta sequência didática foi pensada. Ademais pensamos em publicar partes deste trabalho em artigos científicos para a divulgação desta ideia para que mais professores possam ter acesso. Pensamos também em trabalhar sobre este mesmo projeto adaptando para outros níveis de ensino assim como sugerido pelos professores que participaram da pesquisa. O conselho de utilizar o Rover para ensinar outros conceitos de Física também será trabalhado utilizando as plataformas apresentadas neste trabalho.

O próximo objetivo é trabalhar os conceitos aqui visitados juntamente aos professores, tentando compreender caminhos que possam facilitar a divulgação da robótica educacional e o Construcionismo de Papert.

REFERÊNCIAS

- AROCA, Rafael Vidal. *Plataforma Robótica de baixíssimo custo para Robótica Educacional*. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- BORGES, Karen; MENEZES, Crediné de; FAGUNDES, Lea. Projetos Maker como forma de promover o desenvolvimento do raciocínio formal. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 22, 2016, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia:WIE, 2016. p. 515-524. Disponível em: <<https://bit.ly/3nGzpZi>>. Acesso em: 31 ago. 2020.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Educação é a base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3gT73tu>>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Ensino Médio. Brasília: MEC. Versão entregue ao CNE em 03 de abril de 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3nGzlc0>>. Acesso em: 8 out. 2020.
- BUNDE, Mateus. *Equilíbrio térmico*. Todo Estudo. Disponível em: <<https://bit.ly/3eP2MVh>>. Acesso em: 16 dez. 2020.
- CHITOLINA, Renati Fronzi; NORONHA, Fabrícia Py Tortelli; BACKES, Luciana. A robótica educacional como tecnologia potencializadora da aprendizagem: das ciências da natureza às ciências da computação. *Educação, Formação & Tecnologias*, v. 9, n. 2, p. 56-65, dez. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3ecbDBn>>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- COSTA, Rayssa C.; VOLKMER, Mayara; SOUZA, Simone S. F.; LIMA, Fernando Parra dos Anjos. Desenvolvimento de uma Bengala Automatizada utilizando Arduino para deficientes visuais. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, v. 18, n. 1, 2020.
- DIAS, Diogo Lopes. Escalas termométricas. *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://bit.ly/3vzjIG4>>. Acesso em: 06 out. 2020.
- DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ESCALAS TERMOMÉTRICAS. Pergunte ao CREF. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3vBcu4j>>. Acesso em: 8 out. 2020.
- GAVASSA, Regina Célia Fortuna Broti; MUNHOZ, Gislaíne Batista; MELLO, Luci Ferraz de; CAROLEI, Paula. Cultura Maker, aprendizagem investigativa por desafios e resolução de problemas na SME-SP (Brasil). *ABPEducom*, p. 662-668, 2016.
- GIARETTA, Milene. *O programa Escola de Hackers e sua contribuição para o desenvolvimento do raciocínio lógico em crianças do Ensino Fundamental II*. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

MATARIĆ, Maja J. *Introdução à robótica*. Trad. Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva, Silas Franco dos Reis Alves. São Paulo: Ed. UNESP/Blucher, 2014.

MCROBERTS, Michael. *Arduino básico*. São Paulo: Novatec, v. 1, 2010.

NUNES, Sergio da Costa; SANTOS, Renato Pires dos. O Construcionismo de Papert na criação de um objeto de aprendizagem e sua avaliação segundo a taxionomia de Bloom. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013, Águas de Lindóia. Atas... Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.

ORTOLAN, Ivonete Terezinha. *Robótica educacional: uma experiência construtiva*. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PAPERT, Seymour. *A máquina das crianças*. Porto Alegre: Artmed, 1994.

PAPERT, Seymour. *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Brasiliense, 1986.

RAMOS, Maurivan Güntzel. Epistemologia e Ensino de Ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, Roque (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2003, p. 13-35.

RED HAT. 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/3vDtbfc>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

RED HAT. *O que é open source?* Disponível em: <<https://red.ht/3uiTnfa>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

RESNICK, Mitchel. *Give P's a chance: projects, peers, passion, play*. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/3eOI0oH>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

ROBÔ. *Dicionário Michaelis*. Editora Melhoramentos Ltda. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3xGNIXI>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

ROBÓTICA. *Dicionário Michaelis*. Melhoramentos Ltda. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3aYpOrx>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da; PECATTI, Claudete. Atividades experimentais nas séries iniciais: relato de uma investigação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 263-274, 2007.

ROSITO, Berenice Alvares. O Ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque. *Construtivismo e Ensino das Ciências*. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2003, p. 195-208.

ROSSI, Bruno Fonseca; SANTOS, Érica Marques da Silva; OLIVEIRA, Luciane da Silva. A cultura maker e o ensino de Matemática e Física. In: ENCONTRO VIRTUAL DE DOCUMENTAÇÃO EM SOFTWARE LIVRE, 16, 2019; CONGRESSO INTERNACIONAL DE LINGUAGEM E TECNOLOGIA ONLINE, 13, 2019, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 2019. v. 8. n. 1.

SANTOS, Jaian Tales Gomes. *A robótica educacional como metodologia de integração do currículo do Ensino Médio*. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Patos, 2014.

SILVA, João Batista da; ALMEIDA, Dayne Kelly Rodrigues Soares de; DAMASCENO JÚNIOR, José Ademir; COSTA, Darkson Fernandes da. Cultura Maker e Robótica Sustentável no Ensino de Ciências: um relato de experiência com alunos do Ensino Fundamental. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 5, 2020, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBC, 2020. p. 620-626.

SILVA, Leonardo José da; CARVALHO, Felipe José Rezende de. Pensando a robótica na educação básica. *Revista de Investigação e Divulgação em Educação Matemática*, Juiz de Fora, v. 2, n. 1, p. 137-159, jan./jun. 2018.

SÓ FÍSICA. *Escalas termométricas*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3nIZ03D>>. Acesso em: 06 out. 2020.

SOSTER, Tatiana Sansone. *Revelando as essências da educação maker: percepções das teorias e das práticas*. 2018. 175 f. Tese (Doutorado em Educação: Currículo) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.

SOSTER, Tatiana Sansone; ALMEIDA, Fernando José de; SILVA, Maria da Graça Moreira. Educação maker e compromisso ético na sociedade da cultura digital. *Revista e-Curriculum*, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 715-738, jun. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2Rk6nCu>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

SOUSA JÚNIOR, Itamar Vieira de; MIRANDA, José O. S.; NASCIMENTO, Alexandro das Chagas de Sousa; ARAÚJO, Francisco R. V. Física experimental com Arduino: ondas em uma corda tensionada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 42, e20200177, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3udjkwH>>. Acesso em: 2 set. 2020.

THE OPEN SOURCE DEFINITION. *Open source initiative*. Disponível em: <<https://bit.ly/3eQrjcE>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

TRENTIN, Marco Antônio Sandini; ROSA, Cleci Teresinha Werner da; ROSA, Álvaro Becker da; TEIXEIRA, Adriano Canabarro. Robótica educativa livre no ensino de Física: da construção do robô à elaboração da proposta didática de orientação metacognitiva. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 3, p. 274-292, 2015.

VALENTE, José Armando (Org.). *Liberando a mente: computadores na educação especial*. Campinas, São Paulo: Gráfica da Unicamp, 1991.

VALENTE, José Armando. *A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação*, 2005.

VALENTE, José Armando. *O uso inteligente do computador na educação*. 1997. Disponível em: <<https://bit.ly/3eLmEZy>>. Acesso em: 8 out. 2020.

YOUNG, Hugh; FREEDMAN, Roger. *Física II-Termodinâmica e Ondas*. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

ZILLI, Silvana do Rocio. *A robótica educacional no Ensino Fundamental: perspectivas e prática*. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa sobre "A ROBÓTICA EDUCATIVA COMO RECURSO CONSTRUCIONISTA PARA O ENSINO DE TERMOLOGIA, de responsabilidade dos pesquisadores Armando Foscarin Neto e Adriano Canabarro Teixeira .

Esta pesquisa busca validar a proposta de uma Sequencia Didática desenvolvida no âmbito do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Objetivo deste trabalho é apresentar uma alternativa possível para o Ensino de Termologia utilizando a teoria construcionista e a robótica. "

O objetivo desta pesquisa é validar a Sequencia Didática a ser apresentada como Produto educacional e seus artefatos derivados, como o Robot (Rover) o Blog e o Manual de instruções para a construção do Rover.

A sua participação na pesquisa será em 1 encontro presencial na duração de 4 horas, das 08:00 às 12:00 do dia 05 de dezembro de 2020. O local da pesquisa é o Laboratório de Aprendizagem criativa B-LAB Learning Space, Rua XV de Novembro, 200, Centro, Passo Fundo Rio Grande do Sul, Brasil. Para a realização da pesquisa não será necessário nenhum equipamento sendo que todo o material necessário será disponibilizado no local. Todos os cuidados de distanciamento social e higienização do local e equipamentos utilizados serão tomados e garantidos .

Você terá a garantia de receber esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada a pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo, sendo que tais dados serão utilizado somente para fins acadêmicos e não serão fornecido para qualquer outra entidade.

Sua participação nessa pesquisa não é obrigatória e você pode desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento.

As suas informações serão gravadas e posteriormente destruídas. Os dados relacionados à sua identificação não serão divulgados ..." Informar as atitudes que serão tomadas para a manutenção do sigilo e da privacidade.

Os resultados da pesquisa serão divulgados através da publicação da Dissertação de Mestrado e possivelmente em artigos de divulgação científica, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados e seu nome não comparecerá em nenhum caso.

Caso você tenha dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam no TCLE, e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com o (a) pesquisador Prof. Dr. Adriano Canabarro Teixeira pelo telefone (54) 8124-3800, ou com a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática,, ou também pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UPF, pelo telefone (54) 3316-8157, no horário das 08h às 12h e das 13h30min às 17h30min, de segunda a sexta-feira. O Comitê está localizado no Campus I da Universidade de Passo Fundo, na BR 285, Bairro São José, Passo Fundo/RS. O Comitê de Ética em pesquisa exerce papel consultivo e, em especial, educativo, para assegurar a formação continuada dos pesquisadores e promover a discussão dos aspectos éticos das pesquisas em seres humanos na comunidade.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, coloque seu nome no local indicado abaixo.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações contidas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização.

Você confirma sua livre e consentida participação nessa pesquisa?

SIM

NÃO

PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional encontra-se disponível nos endereços:

<https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/ppgecm/2021/Armando_PRODUTO.pdf>

<<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/598448>>