



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PGECM

APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS DE ONDULATÓRIA COM O AUXÍLIO
DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA

FRANCISCO ROBERTO OLIVEIRA DA SILVA

FORTALEZA
2017

FRANCISCO ROBERTO OLIVEIRA DA SILVA

APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS DE ONDULATÓRIA COM O AUXÍLIO
DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu

Coorientador: Prof. Dr. Júlio Wilson Ribeiro

FORTALEZA
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus alunos da
EEEP Joaquim Nogueira, da EEEP Dona
Creusa do Carmo Rocha e do IFCE
Campus Cedro.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francisco das Chagas e Maria das Graças, que são meus referenciais de honestidade e responsabilidade, que não mediram esforços para que eu tivesse uma educação de qualidade dentro das nossas condições e que entenderam e me apoiaram durante esse período de ausência.

À minha esposa e amiga, Luiza Helena Silva, pelo apoio incondicional e incentivo constante na luta para realizar meus sonhos, pela fé no meu trabalho e por me deixar comprar todos esses robôs.

A um dos meus maiores orgulhos como professor, minha parceira no projeto REFEX e uma das maiores incentivadoras da minha paixão pelos robôs, Luana Maia.

Aos meus grandes amigos Wagner Sousa, Alex Miranda e Gerardo Filho (*in memoriam*), pelo incentivo não só na minha caminhada como aluno e professor, mas também como ser humano.

Ao meu grande amigo Magno Mota, sempre disposto a me ajudar em momentos primordiais.

Ao meu amigo Rafael Coelho, pela ajuda na programação dos módulos usados nesta pesquisa.

Ao núcleo gestor da EEEP Dona Creusa do Carmo Rocha, representado nas pessoas de Helonis Brandão, Herlen Rios e Nágela Oliveira, por toda a atenção e apoio à época de meu ingresso neste mestrado.

Ao Instituto Federal do Ceará, lugar que considero minha segunda casa, onde cresci pessoal e profissionalmente, e onde desejo contribuir até o fim da minha vida.

Ao amigo e professor Dr. Julio Wilson Ribeiro, pela paciência e tempo dispensado para ajudar na pesquisa com sua vasta experiência e sensibilidade.

Ao meu orientador, professor Dr. Mairton Cavalcante Romeu, pelo apoio em todos os sentidos, seja como amigo, seja como professor, pela sua sede incansável de aprender, pela humildade, pelo companheirismo no curso de microcontroladores aos domingos de manhã, pela paciência e pelo respeito que sempre dispensou a minha pessoa.

*“Não ensinamos o que sabemos, mas o que somos, e
junto com o que somos vai um pouco do que
sabemos.”*

Luiz Schettini Filho.

RESUMO

O ensino de Física no Brasil ainda não conseguiu estabelecer uma ligação real do que é visto em sala de aula com o cotidiano dos alunos, pois estes aprendem com mais eficiência se aquilo que o professor ensina estiver baseado em conhecimentos prévios ou mesmo em algo que seja de seu interesse. Dessa forma, percebendo a necessidade de aprofundamento desse assunto, realizou-se o presente trabalho com o objetivo principal de analisar a viabilidade do uso de uma plataforma robótica na aprendizagem de conceitos de ondulatória, tendo como suporte a placa Arduino. Foram utilizados como referencial teórico os princípios do construtivismo (Jean Piaget) e do construcionismo (Seymour Papert). Neste trabalho, essas teorias são unidas às premissas da robótica educacional onde o aluno usa um objeto físico e palpável como ferramenta de aprendizagem. Vale salientar as dificuldades do ensino e aprendizagem da ondulatória, e são sugeridas atividades onde é possível utilizar módulos juntamente com o Arduino para ilustrar determinados conceitos relativos a tópicos da ondulatória. As atividades foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Cedro, com turmas do ensino médio técnico integrado dos cursos de informática e mecânica do sexto semestre, onde se estabelece que uma das turmas seria a turma controle e a outra, a turma experimental. A metodologia empregada neste trabalho visa observar as situações de ensino propostas pelo professor como complementação do laboratório de ciências. Como material de coleta de informações, utilizou-se uma atividade que os alunos realizaram após a manipulação da plataforma robótica. Os dados coletados revelaram que os alunos enfrentaram dificuldades em perceber quantas funções a plataforma realizara de acordo com a sua frequência de operação, porém, no decorrer da atividade, onde todos foram encorajados a manipular a plataforma robótica individualmente, as dificuldades foram sanadas à medida que a atividade transcorria. Ao final do experimento utilizando a plataforma robótica, os alunos foram submetidos a uma avaliação teórica, onde se verificou que as notas da turma experimental foram superiores às da turma controle. Percebeu-se que a atividade experimental faz com que o aluno confronte sua capacidade de concentração e rebata a ideia de que esse momento é apenas divertido, onde uma aula diferente atrairia os alunos apenas pela novidade.

Palavras-chave: Aprendizagem, Ondulatória, Plataforma robótica.

ABSTRACT

The teaching of Physics in Brazil has not yet been able to make a real connection between what is studied in classroom and the daily life of students, since they learn more effectively if what the teacher is teaching is based on previous knowledge or even on something that interests them. Thus, based on the need for investigating this subject, this work aims to analyze the feasibility of using a robotic platform in the learning of concepts about waves, having an Arduino board as support. We apply the theories of constructivism (Jean Piaget) and constructionism (Seymour Papert). In this work, these theories are linked to the premises of educational robotics where the student uses a physical and palpable object as a learning tool. It is worth emphasizing the difficulties of teaching waves. Thus we suggest activities in which it is possible to use modules together with Arduino to illustrate certain concepts related to topics related to Waves. The activities were carried out in the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará, *campus* Cedro, with classes of the sixth semester of integrated technical high school in the courses of Informatics and Mechanics. One of the groups will be the control group, while the other one will be the experimental group. The methodology applied in this study aims to observe the teaching situations proposed by the teacher as a complement to the science laboratory. The collection of information was obtained through an activity performed by the students after they had used and manipulated the robotic platform. As results, we observed that the students faced difficulties in realizing how many functions the platform had performed according to its frequency of operation, but by manipulating the platform, the doubts that existed about the theory were answered with the practice. At the end of the experiment with the robotic platform, the students were submitted to a theoretical evaluation, in which we noticed that the grades of the experimental group were superior to those of the control group. We notice that the experimental activity causes the student to confront their ability to concentrate and to counter the idea that this moment is just fun, and that would attract the students only by the novelty.

Keywords: Learning, Waves, Robotic platform.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Robô ASIMO.....	20
Figura 2 - Robonaut.....	20
Figura 3 - Mapa conceitual - Robótica Educacional.	21
Figura 4 - Arduino uno.	23
Figura 5 - Arduino mega.	23
Figura 6 - Arduino nano.	23
Figura 7 - Chassi Rover 5.....	34
Figura 8 - Dimensões da plataforma robótica em mm.	34
Figura 9 - Detalhe do <i>encoder</i>	35
Figura 10 - Placa base com os componentes.	35
Figura 11 - Circuito esquemático da alimentação da placa base.....	37
Figura 12 - Pinagem do CI L293D.	38
Figura 13 - Circuito da Ponte H usada na plataforma robótica.	38
Figura 14 - Modelo padrão dos módulos.....	39
Figura 15 - Pinos do Arduino nano.	39
Figura 16 - Módulo RF.....	40
Figura 17 - Módulo <i>Bluetooth</i>	40
Figura 18 - Módulo Ultrasônico.	40
Figura 19 - Pinagem do módulo RF.	41
Figura 20 - Módulo de Radiofrequência.....	41
Figura 21 - Controle Remoto RF.....	41
Figura 22 - Módulo <i>Bluetooth</i> conectado ao Arduino nano.	43
Figura 23 - Módulo <i>Bluetooth</i>	43
Figura 24 - Aplicativo <i>Bluetooth</i> RC Car.....	44
Figura 25 - Detecção de cardumes por meio do sonar.	44
Figura 26 - Diagrama de tempo do sensor ultrassônico.	45
Figura 27 - Módulo ultrassônico com servo motor de posição acoplado.....	46
Figura 28 - Alunas realizando o experimento com o sensor ultrassônico.....	48
Figura 29 - Placas Arduino nano com etiquetas indicativas para cada módulo.	49
Figura 30 - Erros e acertos obtidos utilizando o módulo ultrassônico.	50
Figura 31 - Erros e acertos obtidos utilizando o módulo de radiofrequência.....	51
Figura 32 - Erros e acertos obtidos utilizando o módulo <i>Bluetooth</i>	52
Figura 33 - Acertos e erros referentes à Questão 1.....	53
Figura 34 - Acertos e erros referentes à Questão 2.....	54
Figura 35 - Acertos e erros referentes à Questão 3.....	55
Figura 36 - Acertos e erros referentes à Questão 4.....	56
Figura 37 - Média das turmas na avaliação escrita.....	58
Figura 38 - Mapa conceitual – Procedimentos realizados na pesquisa.	58
Figura 39 - Sugestão de novos módulos para a plataforma.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de componentes da placa.....	36
Tabela 2 - Detalhamento do tempo dispensado a pesquisa	47
Tabela 3 - Informações sobre os módulos utilizados no experimento	50
Tabela 4 - Resposta dos alunos com relação à Questão 1.	53
Tabela 5 - Resposta dos alunos com relação à Questão 2.	54
Tabela 6 - Resposta dos alunos com relação à Questão 3.	55
Tabela 7 - Resposta dos alunos com relação à Questão 4.	56
Tabela 8 - Resposta dos alunos com relação à Questão 5.	57
Tabela 9 - Resposta dos alunos com relação à Questão 6.	57

LISTA DE SIGLAS

AM	<i>Amplitude Modulation</i>
AF	<i>Audio Frequency</i>
DC	<i>Direct Current</i>
FM	<i>Frequency Modulation</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
RF	<i>Radio Frequency</i>
SONAR	<i>Sound Navigation Ranging</i>
SIG	Special Interest Group
TIC	Tecnologia da informação e comunicação
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE SIGLAS	10
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 O Ensino de Ondulatória	18
2.2 A Robótica e sua aplicação educacional.....	19
2.3 O uso do Arduino no ensino de Física.....	22
CAPÍTULO 3 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
3.1 Formação do professor	24
3.2 Experimentação científica	25
3.3 Uso pedagógico das TICS	27
3.4 Construtivismo segundo Jean Piaget (1896 – 1980)	29
3.5 Construcionismo.....	300
3.6 Construtivismo x Construcionismo	32
CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1 Descrição da plataforma robótica desenvolvida.....	34
4.2 A placa base.....	35
4.3 O circuito esquemático da placa base.....	36
4.3.2 A ponte H – CI L293D	37
4.3.3 A conexão do Arduino nano com os módulos.....	39
4.4 Os módulos	40
4.4.1 O módulo RF	40
4.4.2 O módulo <i>Bluetooth</i>	42
4.4.3 O módulo Ultrassônico.....	44
CAPÍTULO 5 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
5.1 Caracterização do grupo amostral	47
5.2 Ações investigativas	48

CAPÍTULO 6 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	50
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
7.1 Trabalhos futuros	60
REFERÊNCIAS	61
APENDICE A	67
APENDICE B.....	69
APENDICE C.....	71
APÊNDICE D	72
APÊNDICE E	726
APÊNDICE F	72

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Quando é questionado a um cidadão brasileiro sobre suas maiores preocupações, uma das respostas mais frequentes é sobre a educação no país. Neste sentido, 21% afirmam que o que precisa mudar no Brasil para que suas vidas melhorem de fato é o nível de escolaridade (PNUD, 2009). Pesquisas apontam que o aspecto que mais necessita de atenção é a qualidade da educação que é ofertada atualmente. Em um universo de aproximadamente quinhentos mil entrevistados de todos os estados brasileiros, a pesquisa Brasil ponto a ponto, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, verificou que essa é a maior preocupação dos que citam a educação como prioridade de mudança (PNUD, 2009). Não se trata apenas de conseguir melhoria nos índices das avaliações, e sim de alcançar uma qualidade desde o ensino fundamental, e esse aspecto se mostra um desafio ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2009).

De acordo com dados levantados pelo PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), que tem por objetivo comparar o desempenho de alunos dos mais diversos países com relação às áreas de Ciência, Matemática e Leitura, lamentavelmente o Brasil ocupa uma das últimas colocações da lista relativa aos piores sistemas de educação.

Com base nos resultados da avaliação do PISA de 2015 divulgado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), constatou que o Brasil está estacionado há dez anos entre os países com pior desempenho. O PISA mediu o conhecimento dos estudantes de 72 países em Leitura, Ciências e Matemática. Nas três áreas, a média dos estudantes brasileiros ficou abaixo da obtida pelos demais países. (BRASIL, 2016).

São necessárias mudanças urgentes no sistema de ensino brasileiro para que esse quadro educacional seja alterado. No ensino de Física, por exemplo, deve-se ter uma preocupação com a forma em que os conteúdos são repassados em sala de aula. Será que os estudantes realmente compreendem aquilo que é ministrado pelo professor, ou estão sendo treinados para ser meros memorizadores de equações?

Para Ausubel, segundo Dornelles *et al* (2006) o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo). Logo, um aprendizado significativo tem maiores chances de ocorrer quando o professor tem ciência das concepções alternativas, dificuldades conceituais e raciocínios errôneos que seus alunos costumam apresentar.

Alunos, professores e autoridades em educação concordam que o ensino de Física

pode e deve melhorar muito sua qualidade, ainda que possam discordar sobre como essa qualidade deva ser alcançada. Um ensino de Física com memorizações de fórmulas, com exercícios sem ligação com a realidade dos alunos e muito matematizado não é visto atualmente pelo MEC como um ensino de Física de qualidade.

Muitos professores e pesquisadores defendem que essa forma de ensino deve ser substituída por um ensino que estimule a participação do aluno ao invés de favorecer sua passividade. Segundo essa corrente, denominada construtivista, é importante que o aluno se comprometa com a busca de respostas e soluções para questões que sejam apresentadas pelo professor (BORGES, 2002).

A realidade da prática do ensino de Física, na maioria das instituições de ensino, é centrada nas ações do professor, levando o aluno a uma posição passiva ante o processo de ensino e de aprendizagem, como destacam Ramos e Rosa (2008). Como resultado dessa postura tradicional, tem-se uma aula estabelecida em conteúdos desarticulados com a realidade dos alunos, que, por sua vez, limitam-se a ouvir e anotar os conteúdos.

Assim, os alunos pouco falam, nem mesmo perguntam, às vezes por medo e geralmente por que não compreendem a mensagem repassada pelo professor. Camargo (2011) destaca a importância do papel dos questionamentos, ou seja, de o aluno conseguir formular perguntas no meio desse processo.

A valorização das perguntas, principalmente as dos alunos, contribuem para colocar em dúvidas as verdades, contribuindo para um ambiente de aprendizagem real e promovendo para a interação entre os sujeitos que integram a comunidade da sala de aula (CAMARGO, 2011).

A ausência de questionamentos é um obstáculo a ser contornado em sala de aula, tanto em relação ao aluno, como em relação ao professor. Desta forma as atividades experimentais são destacadas como fator importante para a aprendizagem dos estudantes, pois são oportunidades nas quais eles podem ocupar um papel mais ativo no processo de ensino e de aprendizagem.

Entretanto, a mobilização do professor para realizar atividades experimentais, por si só, não se configura como a solução para todos os obstáculos do ensino de Física, tendo em vista que não somente por meio delas que ocorre a aprendizagem. Como enfatizam Oliveira *et al.* (1999), o que importa é a maneira como essas atividades são realizadas em sala de aula. Dessa forma, os autores recomendam que a experimentação não seja vista apenas como uma demonstração da teoria previamente exposta em sala de aula, onde o professor realiza o experimento e os alunos apenas observam. Segundo eles, é essencial que o professor de ciências entenda que a aula experimental deva ser utilizada como uma importante ferramenta, para estimular o aprendizado, o raciocínio e a convivência em grupo, desenvolvendo

habilidades que normalmente não são possíveis em uma aula teórica expositiva.

Portanto, cabe ao professor propor e criar situações que instiguem seus alunos a desenvolverem habilidades relativas a esta disciplina de forma a integrá-los e fazer com que percebam o quão deslumbrante pode ser o estudo da Física. Tais situações não devem se restringir apenas ao uso do laboratório de Física como forma de explorar e aguçar o pensamento científico dos alunos, visto que nem todas as escolas possuem laboratório.

É importante estabelecer uma ligação entre a teoria dada em sala de aula e o mundo vivenciado fora dela, pois os alunos aprendem com mais eficiência se aquilo que o professor ensina estiver baseado naquilo de que eles possuem um conhecimento prévio ou mesmo algo que seja de seu interesse e cativa sua atenção. A robótica educacional se mostra uma ferramenta eficaz para, em parte, suprir o laboratório de ciências pelo fato de ser possível usar artefatos robóticos para cada aluno ou para um grupo com poucos alunos.

Segundo Aguirre *et al.* (2007), pode-se definir robótica como sendo uma ciência interdisciplinar que busca possibilitar a interação de sistemas artificiais com o mundo real com pouca ou nenhuma intervenção humana. Como ciência interdisciplinar, envolve ciências como a Matemática, a Física, a Engenharia Mecânica, a Engenharia Elétrica, a Computação, dentre outras.

Em outras palavras, pode-se dizer que a construção e manipulação de robôs e os processos que os constituem são inteiramente ligados à Física, logo é possível estudar vários ramos da Física na montagem e depois dela, com o robô pronto, seja alimentando, controlando ou testando os protótipos.

O trabalho intitulado “*Robotics-Driven Activities: Can They Improve Middle School Science Learning?*”, de Robinson (2005), verificou, por meio de entrevistas com professores de ciências que usavam como ferramenta de ensino o ambiente de programação do Mindstorms (ROBOLAB), que houve uma melhora significativa com relação à motivação dos alunos em aprender Física, bem como um aumento da capacidade de elaborar estratégias que pudessem auxiliá-los na resolução dos problemas da disciplina.

É sabido que alguns ramos da Física são mais abstratos que outros, demandando um planejamento maior para despertar o interesse dos alunos. No caso da ondulatória, onde os conceitos básicos contêm um nível de abstração elevado, utiliza-se algum exemplo do cotidiano do aluno para ajudá-lo na compreensão da ideia exposta. Utilizando-se um simples *smartphone*, é possível mostrar aos alunos que a tecnologia usada para compartilhamento de

arquivos, como o *bluetooth*, comunica-se com outro aparelho por meio de uma frequência específica, e nesse momento o professor pode usar tal fato para explicar que a frequência do *bluetooth* não é a mesma do rádio, já agregando outros conceitos.

Uma das dificuldades encontradas pelo professor, mesmo depois das aulas iniciais, é o entendimento errôneo que os alunos adquirem, ou seja, mesmo se valendo de várias estratégias, ainda existe a possibilidade de o aluno entender o conceito de uma forma errada e bem particular.

O uso da experimentação também tem a preocupação de solidificar os conceitos, por mais básico que sejam, de uma maneira correta.

A presente pesquisa buscou responder o seguinte questionamento: Como a utilização de uma plataforma robótica pode contribuir para o estudo de conceitos de ondulatória?

Objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade do uso de uma plataforma robótica na aprendizagem de conceitos de ondulatória. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Investigar quais contribuições do uso de uma plataforma pode oferecer ao aprendizado de conceitos abstratos de ondulatória;
- Verificar o quão eficaz pode ser o uso desta ferramenta em determinados tópicos de ondulatória;
- Verificar as possibilidades e limitações deste recurso em aulas práticas de ondulatória.

A hipótese deste trabalho sugere que o uso de uma plataforma robótica pode facilitar a compreensão de conceitos abstratos referentes à ondulatória, já que o aluno, juntamente com seus colegas, vai manipular a plataforma com a intenção de aproximar a teoria da prática.

No **capítulo 2**, é apresentada uma revisão da literatura, abordando o ensino da ondulatória, suas principais dificuldades e usando a robótica educacional como uma ferramenta que venha a auxiliar tanto o professor quanto o aluno na, por vezes difícil, tarefa de enxergar a ciência como algo cotidiano. Como parte importante dessa ferramenta, é apontada a plataforma Arduino, que veio para facilitar na concepção de tecnologia educacional, seja construindo ou manipulando robôs dos mais variados tipos e funções.

No **capítulo 3**, detalha-se o referencial teórico em que foi embasada esta pesquisa,

baseando-se no entendimento que a formação de professores, aliada às tecnologias de informação e comunicação, valida as premissas do construtivismo de Jean Piaget e o construcionismo de Seymour Papert, cujas teorias são comparadas e fortalecidas ao final desse capítulo.

No capítulo 4, é apresentada a plataforma robótica desenvolvida para a pesquisa, a qual se constitui em uma placa base onde se encontram todos os componentes que fazem parte do circuito, tais como o Arduino utilizado nessa plataforma e os módulos que a constituem.

No capítulo 5, especifica-se o modo como ocorreram as atividades com os alunos, a sua quantidade, o local e o período em que foi realizada a pesquisa.

No capítulo 6, são mostrados os resultados conseguidos com as referidas atividades em formato gráfico e é realizada uma comparação entre a turma de controle, que não realizou a atividade com a plataforma robótica, e a turma experimental, que realizou a atividade. Ressalta-se, ainda, a importância da avaliação teórica e individual, à qual ambas as turmas foram submetidas ao final da pesquisa.

No capítulo 7, são feitas as considerações finais acerca das atividades que constituíram este trabalho, e são sugeridos temas que dão continuidade à pesquisa apresentada.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Ensino de Ondulatória

Atualmente, cada vez mais toda e qualquer informação ou forma de comunicação ocorre por meio de ondas com suas mais variadas frequências, seja da voz humana percorrendo curtas distâncias até o ouvido de uma pessoa ou quando é convertida em impulsos elétricos e são transportados como ondas de rádio pelo ar. Desta maneira é possível perceber que a Física ondulatória é uma das ciências mais essenciais para que seja possível entender as bases do eletromagnetismo e da óptica Física ou ondas mecânicas, fenômenos esses que estão relativamente ligados ao nosso cotidiano, e muitas vezes sequer são percebidos.

Porém, apesar dos conteúdos de ondulatória serem de grande importância diária, como nas comunicações, tal conteúdo não é bem aproveitado no ensino médio e relegado a um segundo plano, já que os mesmos são vistos no final do ano letivo devido a falta de tempo para cumprir o programa.

Infelizmente, a Física ondulatória (que engloba não somente as ondas sonoras e suas propriedades, mas também alguns fenômenos ondulatórios como: ressonância, reverberação, batimento e o efeito Doppler, etc.) não é bem explorada em sala de aula. A falta de tempo destinada a esse assunto, a baixa variedade de exercícios, se comparada à Mecânica, e sua pouca utilização e/ou exploração em exames vestibulares, faz com que esse assunto seja muitas vezes relegado a um segundo plano (BRASIL, 2010, p.3).

Existe uma grande quantidade de fenômenos ondulatórios presentes no dia a dia, porém fazendo-se um levantamento nos livros didáticos, é possível perceber que tais fenômenos não são bem explorados e aparecem bastante fragmentados. Muitas vezes a falta de material didático que sirva como apoio aos professores em sala de aula, faz com que surjam dificuldades na transposição de tais conhecimentos para o ensino médio.

Carvalho e Gil-Perez (2006) afirmam que faz-se necessário o professor adquirir novos saberes pedagógicos para poder averiguar como o aluno está desenvolvendo a aprendizagem, de tal modo que possa traçar ações, no sentido de promover uma aprendizagem mais efetiva.

É indispensável fazer uma conexão com o mundo real e incentivar a experimentação e observação de fenômenos, instigar o pensamento científico dos alunos, fornecendo lhes múltiplas alternativas para a solução de problemas.

Não se pode requerer que os alunos entendam a real importância da ondulatória e sua

aplicação dando-lhes apenas equações e exemplos cotidianos, é preciso implantar na sua imaginação a propagação de uma onda toda vez que ele ouvir falar de comunicações via satélite ou por meio de uma fibra óptica. É necessário fornecer a esse aluno subsídios para que possa entender de forma eficaz aquilo que lhe foi exposto em sala de aula, não apenas lhe dando afirmações de uma frase pronta do que seria a definição de uma onda, mas fazendo-o refletir e assim tirar suas próprias constatações através da experimentação.

2.2 A Robótica e sua aplicação educacional

A robótica vem sendo cada vez mais difundida e desenvolvida no mundo tecnológico atual em diversos setores: nas indústrias, que investem bastante para que a tecnologia possa ser explorada de várias formas possíveis; em aplicações na agricultura; na área médica; na área militar; ou dentro das instituições de ensino, pois existem projetos dentro das escolas, como, por exemplo, o programa “Mais Educação”, que, segundo o site do Ministério da Educação (BRASIL, 2017), constitui uma estratégia pedagógica para a indução da construção de conhecimentos nas mais variadas áreas, incluindo robótica educacional, baseando-se no ensino de robótica por meio de oficinas.

Pode-se dizer que a Robótica é interdisciplinar, pois faz uma correlação com várias áreas das ciências exatas, tais como, Matemática, Física, Engenharia Elétrica, Engenharia de Telecomunicações, Mecânica, Eletrônica, Computação, dentre outras.

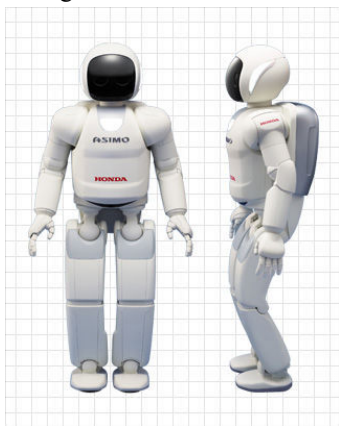
Há relatos de que o primeiro a desenvolver um aparato robótico foi Leonardo da Vinci, baseando-se no fato de que documentos revelaram um cavaleiro mecânico que podia mover seus braços, bem como o seu maxilar, daí a ideia de robô humanoide (FORESTI, 2006).

A partir da década de 1980, a robótica vem se desenvolvendo com grande velocidade, um dos fatores que influenciaram bastante esses avanços foi a invenção do transistor no ano de 1950, que revolucionou o ramo da eletrônica e foi uma peça-chave na construção do computador, assim como também, possibilitou com que diversas barreiras também na área da robótica fossem deixadas de lado.

As primeiras invenções robóticas da década de 80 tinham características humanas, tais como o Asimo (figura 1) e o Robonaut (figura 2), tendo este último sido uma invenção da NASA com o objetivo de auxiliar os astronautas nas atividades espaciais extraveiculares. Tais robôs são conhecidos pelo termo “humanoide” (FORESTI, 2006, p.10). Entretanto, com os avanços tecnológicos, existe atualmente uma grande diversidade de diferentes tipos de

robôs, muitos dos quais não mais necessitam ser a imagem e semelhança dos seres humanos.

Figura 1 - Robô ASIMO.



Fonte: world.honda.com/ASIMO/technology/2011/specification/image/img_specification.jpg

Figura 2 - Robonaut.



Fonte: http://www.robogeek.ru/files/blogs/0001/0957/_cache/fit650x800-image-957-1447917723.jpg

Com o advento da tecnologia e a evolução de sistemas microcontrolados, atualmente a robótica adquire capacidade de crescimento, diminuindo cada vez mais suas limitações e tornando possível a ideia de robôs que possuem inteligência artificial.

De acordo com Menezes e Santos (2017), a robótica, em termos educacionais ou pedagógicos, também pode ser definida como a caracterização de ambientes que utilizam materiais recicláveis ou kit composto por diversas peças, tais como motores e sensores controlados por um determinado *software*, de forma a programá-los, permitindo seu funcionamento.

Bem como, podemos definir a mesma como uma metodologia alternativa, ou uma ferramenta educacional, que se apóia na experimentação, de forma a fazer com que professor e aluno trabalhem juntos, como afirma Froés (1998), apud Maisonnnette (2002), p.1, “*uma nova relação professor/aluno, na qual ambos caminham juntos, a cada momento, buscando, errando, aprendendo (...)*”.

A robótica educacional pode ser caracterizada como uma ferramenta de ensino que possibilita tornar as aulas mais práticas, ou mesmo servindo como forma de complementar as aulas experimentais do laboratório, possibilitando uma maior participação daqueles que são o foco da aprendizagem.

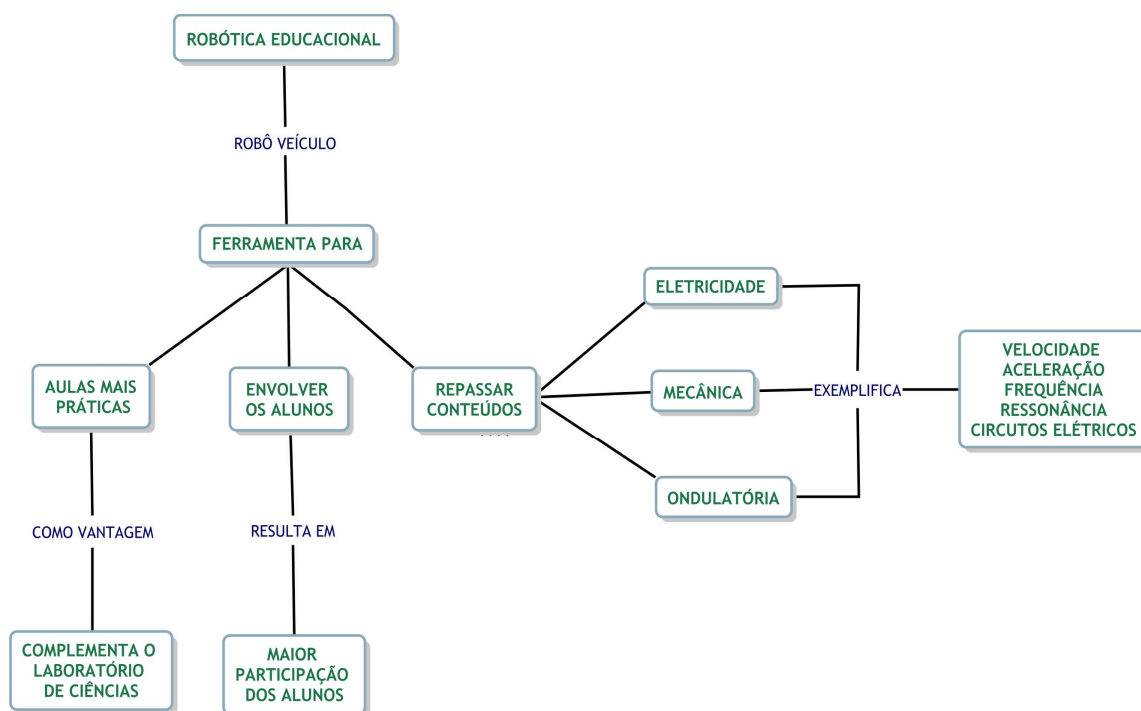
O professor é responsável pela tomada de decisões quanto as atividades que serão conduzidas, a escolha da metodologia que melhor se enquadra nas ações pedagógicas e a ordem que esses conteúdos serão trabalhados para que ocorra o desenvolvimento satisfatório da aprendizagem. Como nos fala Ausubel (1968) sobre sua teoria da aprendizagem

significativa que um dos pontos essenciais para que aluno possa criar e desenvolver uma rede cognitiva é a escolha desta pela aprendizagem, ou seja, o aluno precisa querer aprender, então é dele a responsabilidade de adquirir novos conhecimentos.

Novak (1984) destaca que suas pesquisas têm como foco a sala de aula e que diferente dos psicólogos que estudam a aprendizagem em laboratórios, com todas as condições controladas, ele prefere se basear na rotina em sala de aula. Embora seja mais complexo, dada as particularidades que o ambiente escolar possui, Novak assim prefere, pois se aproxima mais da realidade. Os mapas conceituais surgem como resultado destes estudos acerca da aprendizagem.

Desta forma o mapa conceitual ilustrado na figura 3 expõe essas ideias de forma a apontar os resultados adquiridos com o auxílio da robótica educacional e alguns dos conteúdos que, por intermédio da robótica podem ser exemplificados em sala de aula.

Figura 3 - Mapa conceitual - Robótica Educacional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, a robótica educacional é uma ferramenta que permite ao professor demonstrar, de forma prática, um determinado conteúdo da Física que, muitas vezes, é de difícil assimilação para o aluno e evita a não compreensão desses temas, de forma a motivar seus discentes, que, a todo tempo recebem o desafio de observar um fenômeno e compreender uma dada teoria, fazendo com que o mesmo seja participante ativo do processo de

aprendizagem e não mais um mero observador, de tal forma que possa construir o próprio conhecimento (SILVA *et al*, 2016, p.68).

De acordo com Zilli (2002), a robótica educacional é capaz de desenvolver as seguintes competências:

- Raciocínio lógico;
- Habilidades manuais e estéticas;
- Relações interpessoais;
- Aplicação de conceitos aprendidos em diversas áreas do conhecimento para o desenvolvimento de projetos;
- Investigação e compreensão;
- Representação e comunicação;
- Trabalho com pesquisa;
- Resolução de problemas por meio de erros e acertos;
- Aplicação das teorias formuladas a atividades concretas;
- Utilização da criatividade em diferentes situações;
- Capacidade crítica.

Tendo em vista todas as competências supracitadas, é possível perceber que a aplicação da robótica educacional em sala de aula se mostra eficaz no quesito de trabalhar com uma ferramenta interdisciplinar, além de que ela transforma a aprendizagem em uma tarefa motivadora pelo fato de tornar ciência e tecnologia algo acessível.

2.3 O uso do Arduino no ensino de Física

Há não muito tempo, para se confeccionar um circuito interativo, era necessário elaborar projetos partindo-se do ponto inicial para a realização de uma aplicação específica. Para se fazer pequenas alterações nas funcionalidades do circuito, era preciso um estudo crítico e bastante trabalho.

Com o advento dos microcontroladores, problemas que eram solucionados a nível de *hardware* agora podem ser solucionados por um *software* específico. Dessa forma, um mesmo circuito poderia tomar funções totalmente diferentes, bastando, para isso, reprogramá-lo e alterar alguns parâmetros do programa.

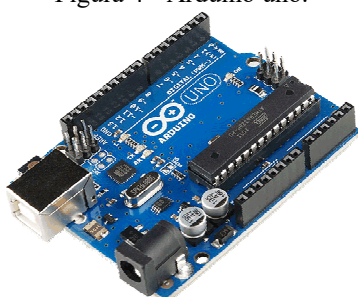
Mesmo assim, trabalhar com microcontroladores não é algo tão trivial. Dessa forma, um grupo de pesquisadores italianos, dentre eles, Massimo Banzi e David Cuartielles (2005),

teve a ideia de criar um dispositivo que tornasse o seu uso simples e acessível, tendo resultado na plataforma Arduino.

De acordo com Banzi e Cuartielles (2017), Arduino é uma plataforma de código aberto de prototipagem eletrônica com *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar, destinado a artistas, *designers*, “*hobbistas*” ou qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino é uma plataforma composta por dois componentes: A placa, que é o *hardware* utilizado para construir os projetos, e a IDE Arduino, que é o *software* onde se escreve a função a ser realizada pela placa. A maior vantagem dessa plataforma de desenvolvimento sobre as demais é a sua facilidade de utilização: pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto.

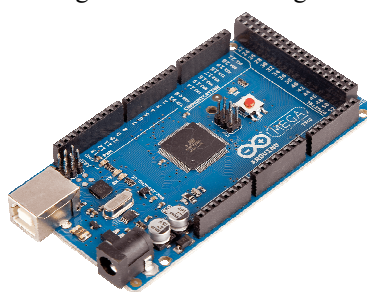
Como o Arduino é um *hardware* livre, existem várias placas que conseguem suprir as mais variadas necessidades. O intuito do *hardware* livre é que qualquer pessoa possa modificar o diagrama esquemático e acrescentar funções que sejam necessárias para seu projeto. Surgiram então algumas placas que são utilizadas com diferentes fins, tais como: o Arduino uno (figura 4), o Arduino mega (figura 5) e o Arduino nano (figura 6).

Figura 4 - Arduino uno.



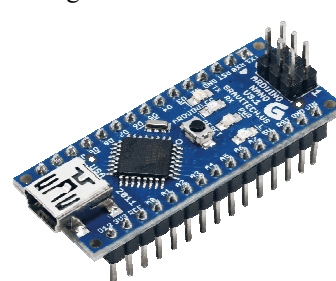
http://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/A300/ARDUINO_R3.png

Figura 5 - Arduino mega.



http://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/A300/ARDUINO_MEGA.png

Figura 6 - Arduino nano.



http://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/A300/ARDUINO_NANO.png

Nesse projeto, é utilizado o Arduino nano pelas suas dimensões reduzidas, pelo seu baixo custo e pelas suas funcionalidades, que são, praticamente, as mesmas do Arduino uno, por exemplo. Ressalta-se que, nesse trabalho, não será dada ênfase em programar o Arduino junto aos alunos, e sim em reconhecer os fenômenos físicos usados em alguns módulos que são acoplados ao Arduino. Com o Arduino, o professor, junto com seus alunos, será capaz de idealizar muitos tópicos da Física por meio de atividades experimentais onde é possível montar e desmontar circuitos que demonstram fenômenos físicos por meio de ações oriundas da eletrônica e da engenharia.

CAPÍTULO 3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Formação do professor

Existe uma determinada preocupação relativa ao aprendizado dos alunos em saber se eles estão sendo formados com uma educação de qualidade e se, ao saírem do ensino médio, estão aptos a ingressar o ensino superior. Será que os alunos são treinados apenas para passar de ano na escola e, talvez, para ser aprovados em uma seleção para ingresso no ensino superior? Ou será que existe também uma preocupação para que, ao ingressarem no curso de seu interesse, possam se apoiar pelo menos em uma base sólida dos conhecimentos que são a base do ensino? Além disso, existe outro problema enfrentado na educação: ao final dos anos letivos, muitas reprovações e evasões são presentes em nossa realidade de ensino.

O grande número de evasões e reprovações ao final de cada ano letivo é realmente preocupante. Da mesma forma, preocupa também saber que mesmo as aprovações podem mascarar outro problema: a falta de um aprendizado real ou a aquisição de “pseudo-saberes”. (ANDREOLLA, 2005).

Além de diversos fatores, tais como falta de estímulo, condições sócio-econômicas desfavoráveis, dentre outros que possam contribuir para a evasão ou reprovação de alunos, devem-se levar em consideração também a motivação e a formação dos professores para a docência.

Quanto ao quesito motivação, devem ser consideradas as condições de trabalho impostas aos professores da educação básica. Souza (2009) cita diversos fatores que influenciam de forma negativa nas condições negativas enfrentadas no dia a dia dos docentes:

[...] inúmeros fatores que partem das estruturas físicas e materiais aos recursos humanos nos ambientes de trabalho nas instituições escolares, tais como: o excesso de trabalho cada vez mais burocrático que se impõe ao professor e que poderia ser desenvolvida perfeitamente pela equipe técnico-administrativa, o salário baixo, a pressão da direção sobre o cumprimento de toda ordem de obrigações que chegam em múltiplas instâncias (preenchimento de diários, relatórios individuais de aluno, ocorrências indisciplinadas, e nesse sentido, ressaltamos as classes numerosas de 45 a 50 alunos, etc.), violência de toda ordem, demandas de pais de alunos, bombardeios de informações, desgastes físico e, principalmente, a falta de reconhecimento de seu trabalho na esfera social. Encontramos esses fatores nos discursos proferidos pelos (SOUZA, 2009).

Com relação à formação do professor, é preciso ter em mente que, apesar de o professor do ensino básico demonstrar confiança e domínio dos conteúdos relativos a sua área de atuação, isso não significa que ele consiga transmitir os conhecimentos de forma eficaz.

Além disso, há aqueles que não possuem domínio de nenhum dos dois quesitos citados.

Krasilchik (1987, *apud* Picelli, 2008) aponta como um dos fatores que influem negativamente no ensino de ciências a preparação deficiente dos professores. Dessa forma, as queixas, que antes se referiam apenas à deficiência nas áreas metodológicas, ampliaram-se para abranger a formação dos profissionais em relação ao conhecimento das próprias disciplinas, levando-os à insegurança em relação à classe, à baixa qualidade das aulas e à dependência estreita dos livros didáticos (KRASILCHIK, 1987, p. 48).

É bastante comum perceber, nos professores em formação, a dificuldade de conseguir integrar e relacionar os conhecimentos específicos de sua área de atuação com os conhecimentos pedagógicos. Existe a insegurança por parte dos docentes de como ensinar e o que podem ensinar em sala de aula.

Apesar dessa preocupação com a formação dos professores, muitos tendem, talvez por falta de discernimento, a justificar que tais problemas existentes em sala de aula decorrem das diferentes condições dos estudantes, como afirma Picelli (2008): *“Sem essa capacidade de análise, o professor tende a apontar, como causa dos problemas existentes em sala de aula, fatores externos, como, por exemplo, as características sócio-econômico-culturais dos alunos”*.

Diante de tudo o que foi citado acima sobre a formação do professor, é possível perceber que não é fornecida aos futuros docentes uma preparação inicial, e que não são disponibilizados os instrumentos ou condições necessárias para que o docente possa exercer com eficiência a transmissão dos conhecimentos para seus educandos, pois, dessa forma, o professor recebe a responsabilidade de fornecer a si próprio subsídios para intervir na diversificação do que diz respeito aos déficits da educação, muito embora sua formação inicial não lhe proporcione segurança para suprir tais carências.

3.2 Experimentação científica

A experimentação científica é de fundamental importância em um ambiente acadêmico, pois ela coloca os alunos de frente para situações palpáveis e concretas, onde a visualização de um determinado problema não fica mais a cargo apenas da imaginação, mas de fatos e dados reais. Pode-se dizer que a experimentação é uma forma lúdica de envolver e motivar os alunos e, como resultado, é possível melhorar a capacidade de aprendizado daqueles que deixam de ser meros ouvintes e passam a ser participantes ativos no processo de ensino-aprendizagem.

Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta. (GIORDAN, 1999).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCN) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) destacam o uso de experimentos como estratégia de abordar diversos temas por fazerem parte da vida, da escola e do cotidiano de todos (ATAÍDE e SILVA, 2011).

Deve-se ter em mente que, embora a experimentação científica contribua e tenha um importante papel na construção do conhecimento, não se pode cometer o erro de achar que a experimentação científica é a única responsável pela produção do conhecimento. *“As OCEM sinalizam que a experimentação não garante a produção de conhecimentos significativamente, mas é uma importante ferramenta para construção do conhecimento”* (ATAÍDE e SILVA, 2011).

A experiência não é uma atividade monolítica, formada por um único ponto impenetrável, mas uma atividade que envolve muitas ideias, muitos tipos de compreensão e também muitas capacidades. Ela tem vida própria, como alegam Praia *et al.* (2002).

Portanto, é possível destacar que a experimentação é bastante vasta, podendo ser amplamente explorada, seja em laboratório ou mesmo em sala de aula, por meio de demonstrações dos próprios fenômenos que ocorrem no cotidiano.

A teoria não deve ser entendida como uma forma de compreender a experimentação científica, mas o inverso disso: a prática, seja ela em laboratório ou não, tem como objetivo sintetizar uma ideia; na área da Matemática, por exemplo, a teoria é qualquer proposição que, para ser admitida, precisa de demonstração.

Existem ainda muitos professores que pensam ser possível comprovar a teoria por meio da prática, imaginando ser esta a função da experimentação no ensino. O correto seria imaginar o inverso: que, por meio da prática realizada pelos alunos, consiga-se chegar, “por descoberta”, a uma determinada teoria, ou a repensar a teoria que foi estudada anteriormente, ou até mesmo tentar compreender um determinado conteúdo antes da teoria (REGINALDO e SHEID, 2012 *Apud* SILVA; ZANON, 2000).

Ao ensinar Ciências, é possível perceber uma certa dificuldade, por parte dos alunos, em relacionar a teoria vista em sala de aula com a realidade no cotidiano, tendo em vista que a teoria é repleta de conceitos e abstrações que, muitas das vezes, fogem da nossa capacidade de

imaginação de fazer uma relação com aquilo que está presente em nossa volta, como afirma Serafim (2001).

Segundo Freire (1997), para se entender uma determinada teoria, faz-se necessário experienciá-la.

Uma teoria é confiável se for bem fundamentada, ou seja, quando as evidências apontam para sua veracidade e comprovação de resultados. Essa distinção é fundamental para se entender como uma teoria científica é aplicada. Uma teoria científica é um modelo que explica um fenômeno que acontece na natureza. Porém, antes que uma teoria seja generalizada e possa descrever um fenômeno, tal fenômeno foi, antes disso, explorado e observado. A teoria científica, diferentemente da palavra “teoria” usada no dia a dia e que tem o sentido de mera especulação, é um conjunto de conhecimentos que busca explicar, com alto grau de exatidão, fenômenos relativos à natureza, o que é possível por meio da experimentação (ARAGUAIA, 2017).

No instante em que o professor conseguir que seus alunos ampliem seu campo de visão e suas ideias, fazendo-lhes refletir e tirar conclusões a respeito do objeto de estudo, além de manipular instrumentos, estará desenvolvendo neles o conhecimento científico.

3.3 Uso pedagógico das TICS

É comum encontrar os mais diversos usos das tecnologias de informação e comunicação (TIC's) e metodologias de aprendizagens aplicadas no ensino, com o objetivo de trabalhar em sala de aula junto com os alunos como forma de introduzir melhorias no ensino e no processo de construção do conhecimento. Com o avanço das tecnologias da informação, a escola tem, a sua disposição, novas metodologias e ferramentas de aprendizagem. No entanto, para se beneficiar disso, entra em questão a necessidade de ampliação de seus espaços, tais como laboratório de informática e acesso à *Internet*, bem como a formação dos docentes para se habituarem ao uso de tais tecnologias e saberem utilizá-las a seu favor, tendo, assim, uma nova aliada no processo de ensino, como afirmam Moraes e Carvalho (2012): “*Com a chegada da era da informação e da comunicação, a escola ganha um novo cenário, como a necessidade de formação de professor, laboratórios de informática, melhoria do acesso à internet, seleção de programas educativos, dentre outros recursos*”.

Tendo em vista que o uso das tecnologias se faz cada vez mais frequente no cotidiano e que as crianças começam a fazer uso das tecnologias cada vez mais cedo, por que não incluir tais tecnologias também no cotidiano escolar? Obviamente, utilizando-as não como

meio de descontração para tirar o foco do ensino, mas como ferramenta de auxílio pedagógico.

Segundo a teoria construcionista defendida por Papert (1994), em “A máquina das crianças”, o uso do computador na educação é concebido como uma ferramenta de auxílio pedagógico, onde o aluno constrói, com o auxílio do computador, o próprio conhecimento.

Já para Skinner (2003), o computador é visto como uma máquina de ensinar. Em seu trabalho “Ciência e comportamento humano”, o computador tem como objetivo reproduzir métodos tradicionais de instruções, o qual é conhecido por modelo instrucionista.

As TIC's podem ser consideradas uma alternativa para contornar os índices negativos referentes à educação. Todavia, para que uma escola possa obter êxito com a inserção de tais tecnologias, é importante que haja um preparo na formação dos professores, principalmente na área de informática, e, dessa forma, possam desenvolver tais competências em seus educandos.

Portanto, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são ferramentas valiosas para a educação. A utilização desses recursos constitui uma maneira de contrapor o insucesso escolar. Assim, o conhecimento em informática é uma das novas competências que devem ser adquiridas e desenvolvidas na escola, já que os instrumentos tecnológicos motivam o aprendizado e, além disso, avaliam o que se aprende e ajudam a fazerem descobertas (TRISTÃO, 2012).

Na educação científica, destaca-se que o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação TIC, pode ser apontado como um promissor recurso que contribua para atenuar as deficiências apontadas na qualidade da educação nacional. Desta forma, inúmeros projetos e pesquisas com prioridade para o uso de tecnologias educacionais mostram a crescente influência das mudanças que a sociedade da informação demanda. Apesar de as TIC exercerem um papel importantíssimo quando o assunto é educação, de forma a proporcionarem bons resultados quando aplicadas em sala de aula, não venhamos cometer o erro de achar que estas serão a solução para contrapor o insucesso escolar ou que os déficits encontrados em âmbito educacional deixaram de existir com o uso das TIC, como afirma Ribeiro *et al.* (2008),

Apesar das novas tecnologias contribuírem para as mudanças educacionais, não se deve cometer o erro de imaginar que a mudança educacional será guiada predominantemente pelas TIC, por mais abrangentes e recursivas que estas se tornem. Novas situações de aprendizagem podem ser estabelecidas, onde o aluno consiga exercer e aprimorar seu empreendedorismo, refletir e maturar cooperativamente com seus colegas a concepção e realização das etapas que conduzam à realização de um experimento laboratorial e construir novos saberes (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Não se deve pensar, no entanto, que engajar o uso das TIC's dentro do ambiente escolar e relacionar com os conteúdos vistos em sala de aula seja uma tarefa fácil, pois não é nada simples adaptar as técnicas e métodos de ensino e aprendizagem de forma a estabelecer caminhos de mão-dupla entre a prática pedagógica adotada e os resultados esperados. Também não é uma tarefa fácil mesclar as TIC's ao ensino. No entanto, isso representa uma parte fundamental para uma adaptação contínua do processo educacional por meio das mudanças exigidas pelas áreas da informação.

3.4 Construtivismo segundo Jean Piaget (1896 – 1980)

Jean Piaget foi um biólogo suíço, conhecido por seus estudos relacionados à construção do conhecimento dos indivíduos. Apesar de Piaget não ser educador, ele elaborou uma teoria acerca do desenvolvimento do conhecimento, nomeada de teoria construtivista, segundo Brooks e Brooks (1997, p.39), Piaget defendia a ideia do construtivismo como uma forma de explicar como as pessoas chegam a conhecer seu próprio mundo desde o nascimento.

O construtivismo se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social em que ele está inserido, assim como também é considerado uma referência explicativa. Trata-se de princípios norteadores que podem ajudar no diagnóstico, no julgamento e na tomada de decisões que são primordiais sobre o ensino.

O desenvolvimento cognitivo é construído em estágios de acordo com o avanço intelectual do indivíduo, onde cada estágio está relacionado com a construção de conhecimentos já adquiridos anteriormente.

Piaget classifica esses estágios da seguinte forma: sensório motor, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal. De acordo com a sequência desses estágios, o homem caminharia em direção a seu último estágio (SOUZA FILHO, 2008).

Carretero (1997) apresentou um resumo desses estágios em seu trabalho “Construtivismo e Educação”:

- Sensório-motor (0-2 anos): Inteligência prática - permanência do objeto e aquisição do esquema meios-fins; aplicação deste esquema à solução de problemas práticos.
- Operacional concreto (2-12 anos): Transição dos esquemas práticos às representações; manejo frequente dos símbolos; uso frequente de crenças subjetivas - animismo, realismo e

artificialismo.

- Subperíodo pré-operatório (2-7 anos): Dificuldade para resolver tarefas lógicas e matemáticas.
- Subperíodo das operações concretas (7-12 anos): Maior objetivação das crenças; progressivo domínio das tarefas operacionais concretas (seriação, classificação etc.).
- Operacional formal (12-15 anos e vida adulta): Capacidade para formular e comprovar hipóteses e isolar variáveis; formato representacional e não só real ou concreto; consideração de todas as possibilidades de relação entre efeitos e causas; utilização de uma quantificação relativamente complexa (proporção, probabilidade etc.).

É possível perceber que Piaget trata o desenvolvimento cognitivo dos seres humanos desde o nascimento até a fase adulta de forma bastante organizada.

Na perspectiva piagetiana, quando o sujeito nasce, suas estruturas cognitivas ainda não estão prontas, pois ele passará por um processo de maturação no decorrer de cada estágio e, dessa forma, a construção do conhecimento se dá por intermédio da interação sujeito e objeto, como afirma Pinto (2011): *“Para Piaget, o conhecimento não é inato ao sujeito nem externo a ele, sendo fundamentalmente construído das interações entre sujeito e objeto”*.

A grande contribuição pedagógica do construtivismo afirma que a aprendizagem não acontece de forma passiva pelo educando, mas que o professor é responsável por criar situações e fornecer possibilidades, fazendo o papel de sujeito mediador da aprendizagem, criando problemas que conflitem e possibilitem o desenvolvimento do pensamento cognitivo, seja na forma de raciocínio lógico, julgamento ou argumentação, para que, dessa forma, o aluno seja um sujeito ativo no processo de ensino e aprendizado.

3.5 Construcionismo

Seymour Papert, psicólogo que trabalhava no laboratório de inteligência artificial localizado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), desenvolveu a teoria do Construcionismo, baseada na teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, com quem trabalhou no Instituto de Genebra durante dez anos (SOUZA, 2017). Em 1967, Papert desenvolveu o Logo, uma linguagem de programação que era completamente voltada para o ensino e era considerada uma aplicação psicológica cognitiva em informática usada na educação. Sua teoria defendia a ideia de se trabalhar com máquinas dentro dos ambientes de ensino e, desta forma, possibilitar a construção do conhecimento por meio do uso de

tecnologias. O uso do computador, por exemplo, serviria apenas como um complemento para o papel tradicional de professores e alunos.

Diferentemente de outros *softwares* educacionais que são baseados em teorias instrucionistas, a linguagem Logo se constitui em um programa computacional aberto, voltado para a programação de objetos, baseado na teoria construcionista de Papert.

Por meio dessa metodologia, pretende-se propiciar um ambiente em que o conhecimento não é passado para as crianças, mas sim, ao interagir com esse ambiente, “*as crianças podem aprender construindo*” (PAPERT, 1997, p. 104). Desta forma a criança é quem diz ao computador o que deve ser feito por meio de uma linguagem programada, e não o contrário, como é o caso dos *softwares* existentes no mercado, onde através da teoria instrucionista o programa é que diz o que a criança deve fazer.

Apesar de o construcionismo ter como base o construtivismo de Piaget, essas metodologias se diferenciam por dois aspectos, segundo Valente (2017): o primeiro é o fato de que o aluno é o sujeito construtor do próprio conhecimento, ou seja, o aluno é aquele que executa, dessa forma o aprendizado se dá pelo fazer, participando de forma ativa no processo de ensino; o segundo aspecto é o envolvimento propriamente dito do aluno que traz à tona um sentimento afetivo por aquilo que está fazendo, o que possibilita tornar a aprendizagem mais significativa.

Valente (2017) também afirma que uma diferença substancial entre as duas teorias está relacionada com o objeto utilizado para explorar o aprendizado, que, neste caso, trata-se do computador. Ao manipular o computador, o aluno cria sentimentos afetivos de acordo com as ações trabalhadas com a máquina, e isso também contribui de forma significativa no aprendizado cognitivo.

Pode-se tratar o computador como uma ferramenta motivante, que pode ser um aliado para os docentes, a fim de melhorar o rendimento dos alunos em sala de aula, de forma a interligar aluno, objeto de estudo e professor. Como citam Nunes e Santos (2013),

O computador desperta, na maioria dos alunos, a motivação, que pode ser o primeiro “triunfo” do educador para resgatar a criança que não vai bem na sala de aula. Ele funciona como um instrumento que permite uma interação aluno-objeto, aluno-aluno e aluno-professor, baseada nos desafios e trocas de experiências (NUNES e SANTOS, 2013).

A teoria construcionista é basicamente um paradigma que surge para tornar real a aprendizagem e não apenas o ensino, colocando o controle desse processo de aprendizagem nas mãos do aluno e, conseqüentemente, auxiliando o professor a entender que a educação

não se trata de transferir conhecimentos, mas de construí-los, por meio da inclusão intelectual do aluno.

3.6 Construtivismo x Construcionismo

A teoria piagetiana trata do desenvolvimento cognitivo por meio da maturação e avanço intelectual do indivíduo, atribuindo diferentes estágios desde seu nascimento até a fase adulta. Não existem estruturas cognitivas inerentes ao sujeito, pois essas serão construídas apenas no decorrer de sua vida, de suas experiências e interação com o meio. Dá-se ênfase a entender como o sujeito aprende.

Já a teoria construcionista, como citado anteriormente, está preocupada em oferecer ao aluno autonomia, de forma que ele possa construir seu próprio conhecimento com o suporte do computador. Essa ferramenta possibilita uma interligação entre aluno e professor. Outro fato interessante dessa teoria é que a interação aluno-objeto pode ser mediada por uma linguagem de programação conhecida como Logo. Por meio dessa linguagem, o aluno é capaz de descrever suas ideias, pois o computador executa a descrição das ideias seja na forma de estratégias ou na forma de conceitos.

Outro quesito diferencial é que a linguagem Logo pode ser mediada por um professor para estabelecer uma interação entre aluno e computador. Já para Piaget, a criança, ao interagir com um objeto, é apenas observada por um experimentador que utilizava o método clínico para entender seu comportamento e suas ações cognitivas. (VALENTE, 2017).

No caso de Piaget, o experimentador citado não precisa ser um professor, pois o interesse dessa teoria não é propor um objeto de estudo que facilite e seja um mediador entre o ensino e a aprendizagem, mas apenas entender suas estruturas mentais. Percebe-se, diante de tudo o que foi apresentado, que Piaget focou muito nos estágios de desenvolvimento cognitivo, embora não apresente a utilização dos aspectos citados nessa teoria como forma de aperfeiçoá-los.

Já Papert procurou fazer com que o mediador entre o ambiente Logo e aluno pudesse entender as ideias dos alunos, intervindo de forma apropriada na situação com o objetivo de contribuir para que o aluno possa compreender o problema dado.

Diante dos aspectos relatados das duas teorias, é possível entender que Papert demonstrou preocupação com o aprendizado, sugerindo o uso do computador como

ferramenta de apoio para que o aluno possa construir seu conhecimento, enquanto Piaget dedicou-se a estudar como se dá o desenvolvimento e o processo de aprendizagem no decorrer da vida do indivíduo.

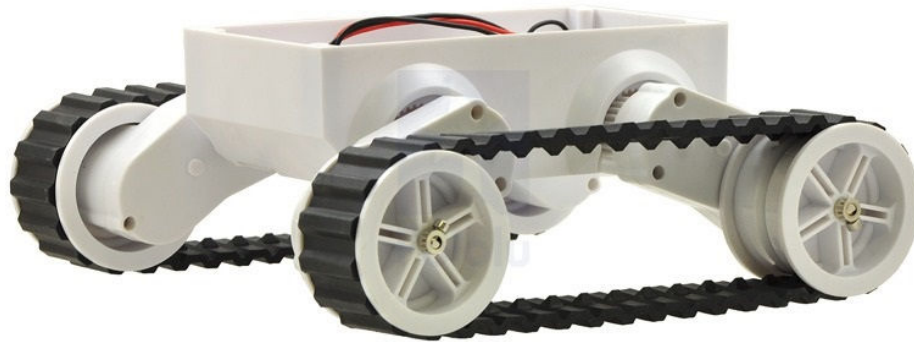
É possível perceber que existe uma relação entre as duas teorias e que uma pode ser classificada como complemento da outra. É importante salientar que também existem outras teorias que exemplificam os níveis de interação e atividades que acontecem no ambiente de aprendizagem.

CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da plataforma robótica desenvolvida

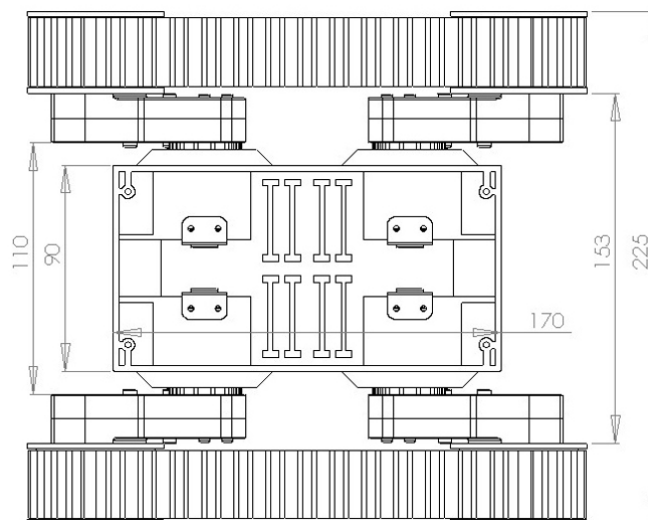
Foi utilizada, na construção da plataforma robótica, um chassi *Rover 5* (Figura 7), que é um veículo movido a esteiras, as quais têm 3 cm de largura. Suas dimensões são 24 x 22 cm (figura 8). A escolha desse chassi ocorreu pelos seguintes motivos: robustez; solidez do material que compõe a peça; e tamanho do chassi, já visando a posterior continuação da pesquisa. O chassi tem versões com dois e quatro motores DC de 7,2 Volts, em que o torque de cada motor é de 10 kg/cm se obedecidas as especificações do fabricante. Há um compartimento no interior do chassi para um suporte para seis pilhas AA, totalizando 9 Volts para a alimentação dos motores.

Figura 7 - Chassi Rover 5.



Fonte: robocore.com.

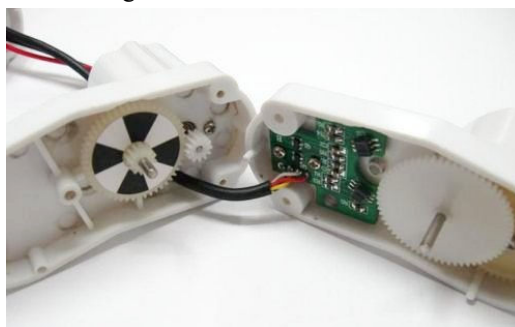
Figura 8 - Dimensões da plataforma robótica em mm.



Fonte: robocore.com.

Os eixos do chassi são independentes entre si e podem ser regulados em relação a sua altura, resultando em uma maior tração nas esteiras, fazendo com que o movimento da plataforma seja mais preciso, tanto no início do movimento, como no final. Para tal controle, é utilizado um *encoder* rotativo (figura 9) para que os motores iniciem seu movimento ao mesmo tempo.

Figura 9 - Detalhe do *encoder*.

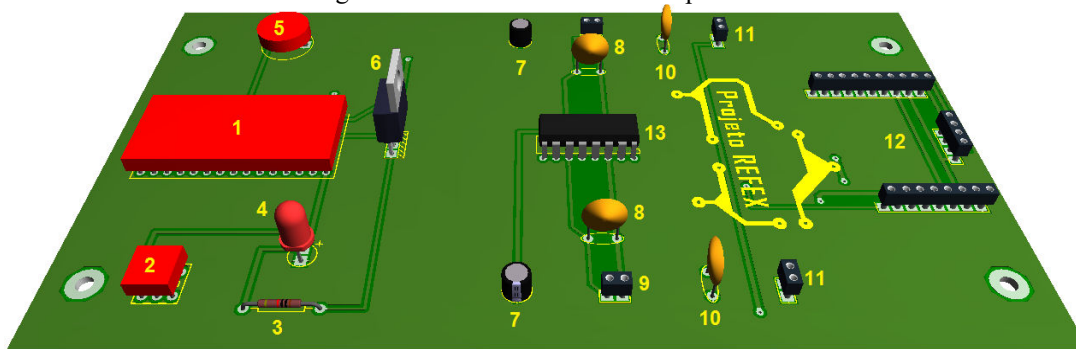


Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 A placa base

A plataforma robótica utilizada na pesquisa possui uma placa de circuito impresso aparente onde estão localizados o microcontrolador, os componentes periféricos e os conectores onde serão encaixados os módulos que permitirão o estudo da ondulatória. A placa base tem dimensões de 9 x 17 cm e foi construída de fibra de vidro dupla face, ou seja, há trilhas na parte de baixo e na parte de cima da placa, e as duas faces são interligadas por meio de furos metalizados. Na placa foram soldadas barras de pinos do tipo “fêmea” para serem encaixados os módulos, os quais obedecem a uma pinagem similar para que não haja inversão no encaixe (Figura 10).

Figura 10 - Placa base com os componentes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A disposição dos componentes na placa obedeceu aos seguintes critérios: O microcontrolador, que neste caso é o Arduino nano, na parte traseira da placa e,

consequentemente, na parte traseira da plataforma robótica, para que o conector USB tivesse livre acesso no momento da inserção do cabo que será ligado no computador; no interior da plataforma, os conectores dos motores e da alimentação para que fossem aproveitados os espaços vazios; e, na parte dianteira, os módulos, para que houvesse a indicação da frente da plataforma.

Tabela 1 - Lista de componentes da placa.

Nº	COMPONENTE
1	Arduino nano V 3.0
2	Interruptor <i>push button</i> com trava
3	Resistor limitador de corrente para o LED – 330 k Ω
4	LED indicador
5	Buzzer ativo de 5 Volts
6	Circuito integrado regulador de tensão - LM 7805
7	Capacitores eletrolíticos - 220 μ F 16 Volts
8	Capacitores cerâmicos de desacoplamento para os motores - 100 nF
9	Conectores para os motores
10	Capacitores cerâmicos de desacoplamento para a alimentação - 100 nF
11	Terminais da alimentação
12	Soquetes para os módulos
13	Ponte H para controle dos motores - L293D

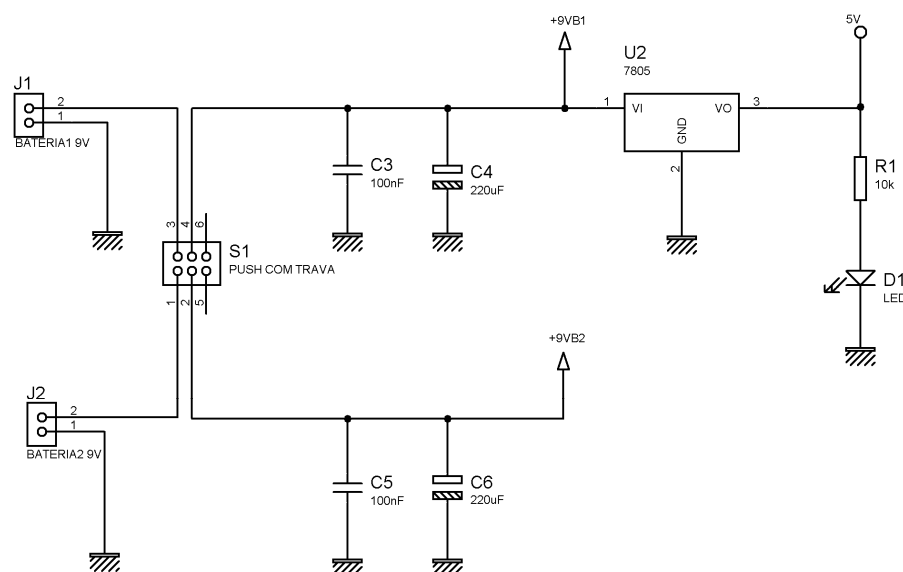
4.3 O circuito esquemático da placa base

4.3.1 O circuito da fonte de alimentação

Para a alimentação da plataforma robótica, foram utilizados um suporte para seis pilhas AA de 1,5 Volts para os motores, totalizando 9 Volts, e uma bateria de 9 Volts para a alimentação da placa Arduino nano. Foram usados dois capacitores para cada alimentação, um capacitor de desacoplamento e um capacitor de filtro para eliminação de eventuais ruídos gerados. Foi utilizado, ainda, um interruptor tipo *push button* com trava, de seis terminais, para desconectar, simultaneamente, as duas alimentações (figura 11). Ressalta-se a importância da alimentação dos motores ser separada do microcontrolador, pois a corrente fornecida pelos pinos do Arduino nano não é suficiente para acionar os motores.

Foi inserido ao projeto um circuito integrado LM 7805, que se trata de um regulador de tensão, o qual rebaixa a tensão oriunda da bateria de 9 para 5 Volts e alimenta a placa Arduino nano através do pino 30 (Vin) e, ao mesmo tempo, alimenta os pinos de encaixe dos módulos.

Figura 11 - Circuito esquemático da alimentação da placa base.



Fonte: Elaborada pelo autor.

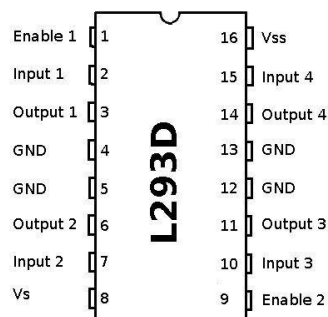
Todos os conectores usados no projeto seguem o padrão de 2,54 mm, que é a distância padrão dos componentes eletrônicos, ou múltiplos desta. Os motores e as duas alimentações são interligados à placa utilizando-se conectores “macho-fêmea” que seguem esse padrão.

4.3.2 A ponte H – CI L293D

Para que os motores se movam, é necessária uma interface eletrônica para controlá-los, e a escolhida para este projeto foi a L293D (figura 12), que é um circuito integrado (um circuito inteiro encapsulado em um *chip*), que comanda o acionamento dos motores por sinais que são enviados aos seus terminais. Este controlador é acionado pelo Arduino por meio de uma programação apropriada. Todavia, apenas o CI não é suficiente, fazendo-se necessário um circuito ao redor dele que garanta a proteção e funcionamento do sistema. O controle do motor é feito por meio de um circuito conhecido na eletrônica como ponte H (figura 13).

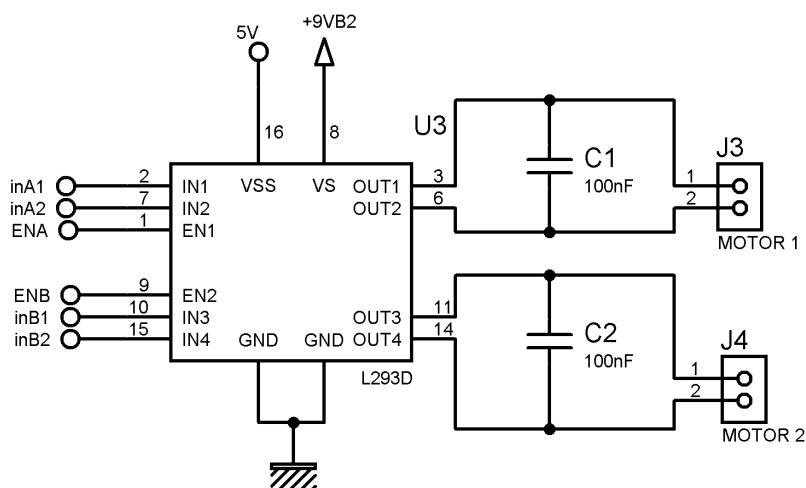
Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador. Devido à disposição de seus componentes, torna-se extremamente fácil selecionar o sentido da rotação de um motor, apenas invertendo a polaridade dos seus terminais.

Figura 12 - Pinagem do CI L293D.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 - Circuito da ponte H usada na plataforma robótica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A ponte H também é importante para a utilização com circuitos digitais, pois, como os sinais de saída dos microcontroladores não suportam a corrente necessária e nem possuem a tensão adequada para acionar um motor, é necessária uma unidade de potência que possa alimentá-lo convenientemente. Ao ligar um motor DC com uma bateria, é possível observar que ele gira a uma velocidade constante e em um único sentido. Para se alternar o sentido da rotação do motor, basta apenas ligar seus terminais de forma invertida. Para que não seja necessário realizar essa operação manualmente, pode-se utilizar uma ponte H.

Foram ligados capacitores de 100 nF em paralelo aos motores para diminuição dos ruídos gerados pela bobina dos motores. O uso do capacitor vai prevenir flutuações na alimentação do motor quando este começar a drenar demais, e, muito rapidamente, é provável que o circuito não consiga prover o necessário nesse espaço de tempo e, assim, o capacitor entre em ação corrigindo essa flutuação, com a energia que ele já tem armazenada.

pinos digitais. Foram separados também pinos de alimentação que estão presentes na placa Arduino nano, como uma saída de 5 Volts e outra de 3,3 Volts. Essas tensões são usadas para alimentar os módulos. A maioria desses módulos funcionam com uma tensão de 5 Volts, porém pretendem-se utilizar outros módulos futuramente, e alguns destes funcionam com 3,3 Volts.

4.4 Os módulos

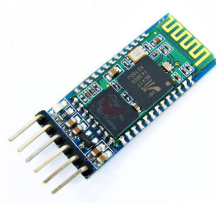
Uma das grandes vantagens do Arduino é a padronização que se conseguiu no seu uso nesses mais de 10 anos, de modo que existem vários módulos que são componentes extras à placa e que desempenham várias funções. Os módulos são constituídos, geralmente, por sensores que são acoplados à placa através de fios (*jumpers*) e que servem para diversas medidas, como, por exemplo, temperatura, movimento, distância, tensão elétrica, corrente elétrica, umidade, luminosidade etc. Nesse trabalho serão utilizados três módulos, conforme as figuras 16 a 18:

Figura 76 - Módulo RF.



Fonte: https://www.marinostore.com/1500-home_default/modulo-rf-transmissor-receptor-433mhz.jpg

Figura 17 - Módulo Bluetooth.



Fonte: https://www.marinostore.com/228-thickbox_default/modulo-bluetooth-hc-05-.jpg

Figura 18 - Módulo Ultrassônico.



Fonte: https://www.marinostore.com/1273-large_default/sensor-ultrassonico-hc-sr04.jpg

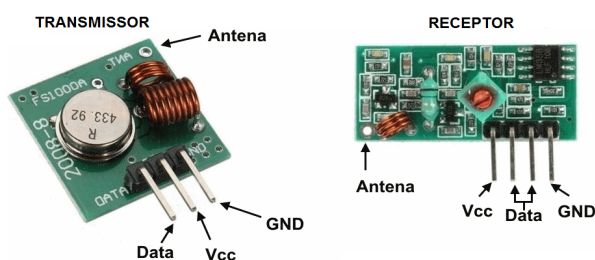
Os módulos usados na pesquisa foram o RF 433 MHz, o sensor ultrassônico HC SR-04 e o *bluetooth* HC 05. Como esses módulos possuem uma pinagem completamente diferente um do outro, estes foram inseridos em placas de circuito impresso dupla face que variam de 3,75 x 3,75 cm a 3,75 x 5,75 cm.

4.4.1 O módulo RF

As ondas de radiofrequência são eletromagnéticas e possuem frequências menores que a da luz visível, estando compreendidas no intervalo de 3 kHz a 300 GHz. Segundo Silva Júnior (2017), as ondas AM (amplitude modulada) possuem amplitude (altura da onda)

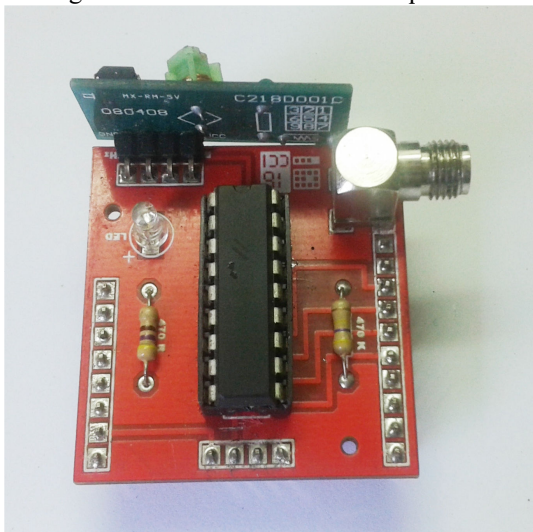
variável enquanto se propagam. Já as ondas FM (frequência modulada) propagam-se pelo espaço alterando seu valor de frequência. Para estabelecer uma comunicação entre a plataforma robótica e um controle remoto foi utilizado um módulo RF que opera em uma frequência de 433,92 MHz e tem sua pinagem mostrada na figura 19 e sua aparência na figura 20.

Figura 19 - Pinagem do módulo RF.



Fonte: https://www.filipeflop.com/wp-content/uploads/2013/10/Pinagem_modulos_RF_Transmissor_e_Receptor1.jpg

Figura 208 - Módulo de Radiofrequência.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 - Controle Remoto RF.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O controle remoto (figura 21) foi construído utilizando uma caixa plástica de 11 x 7 cm, quatro botões do tipo *push-button* (sem trava e normalmente fechados), um interruptor tipo alavanca de duas posições e um LED indicador, além do circuito do transmissor acondicionado no interior da caixa.

Os comandos que o controle remoto envia para a plataforma robótica (frente, ré, esquerda e direita) são codificados pelo Arduino nano e enviados à ponte H, fazendo com que a plataforma se movimente de acordo. Ressalta-se que o alcance obtido pela plataforma sendo comandada por este controle remoto é totalmente suficiente para o estudo em questão, pelo

fato de o experimento ter sido conduzido em um ambiente reduzido. O alcance obtido não foi um dos objetos da discussão, e sim a quantidade de funções que a plataforma realizou.

4.4.2 O módulo *Bluetooth*

Segundo Alecrim (2017), a história do *Bluetooth* começa em meados de 1994, onde a companhia Ericsson estudava a possibilidade de desenvolver uma tecnologia de comunicação para telefones celulares para evitar o uso dos tradicionais cabos. O estudo foi feito com base em um projeto que investigava o uso de mecanismos de comunicação em redes de telefones celulares, que resultou em um sistema de rádio de curto alcance que recebeu o nome *MC-Link*. Com a evolução do projeto, a Ericsson percebeu que esse sistema poderia ser bem sucedido: seu principal atrativo era a implementação relativamente fácil e barata.

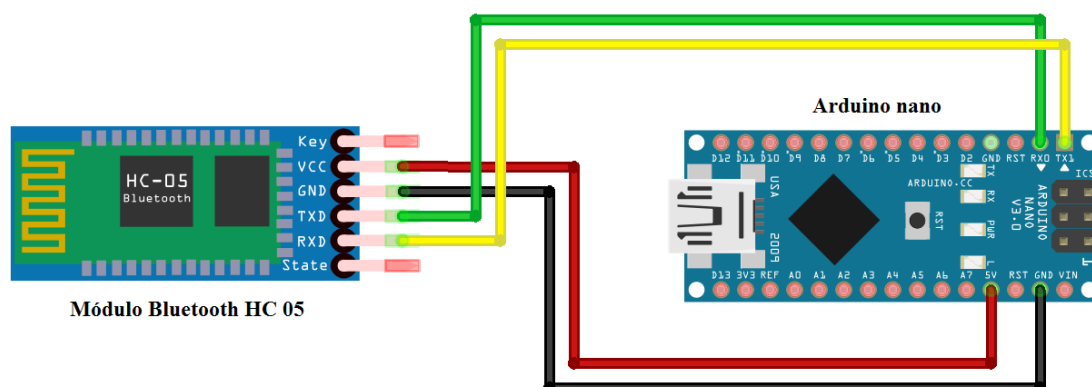
Em 1997, o projeto começou a despertar o interesse de outras empresas, que, logo, passaram a fornecer apoio. Por conta disso, em 1998, foi criado o consórcio ***Bluetooth SIG*** (*Bluetooth Special Interest Group*), formado pelas companhias Ericsson, Intel, IBM, Toshiba e Nokia.

Repare que o grupo envolvia, inicialmente, duas "gigantes" das telecomunicações (Ericsson e Nokia), dois nomes de peso na fabricação de PCs (IBM e Toshiba) e a líder no desenvolvimento de chips e processadores (Intel). Tamanha diversidade foi importante para permitir o desenvolvimento de padrões que garantissem o uso e a interoperabilidade da tecnologia nos mais variados dispositivos.

A partir daí, o *Bluetooth* começou a virar realidade, inclusive pela adoção desse nome. A denominação *Bluetooth* é uma homenagem a um rei dinamarquês chamado *Harald Blåtand*, mais conhecido como *Harald Bluetooth* (Haroldo Dente-Azul). Um de seus grandes feitos foi a unificação da Dinamarca e da Noruega, e é em alusão a esse fato que o nome *Bluetooth* foi escolhido, no intuito de dizer que a tecnologia proporciona a unificação de variados dispositivos. Não por acaso, o logotipo da tecnologia *Bluetooth* consiste na junção de dois símbolos nórdicos que correspondem às iniciais do monarca.

Nesta etapa da pesquisa, o módulo *Bluetooth* foi utilizado para controlar a plataforma remotamente utilizando um *smartphone* com sistema operacional *android*. Um aplicativo chamado *Bluetooth RC Car* foi usado para estabelecer a comunicação entre o módulo *Bluetooth* e o Arduino nano. A figura 22 mostra a pinagem e a maneira como foi conectado o módulo *Bluetooth*.

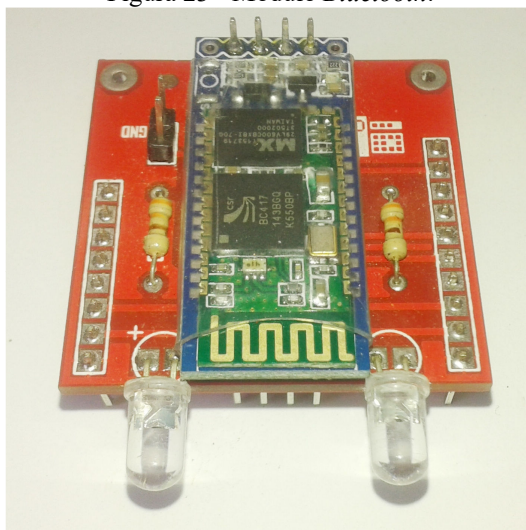
Figura 22 - Módulo *Bluetooth* conectado ao Arduino nano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

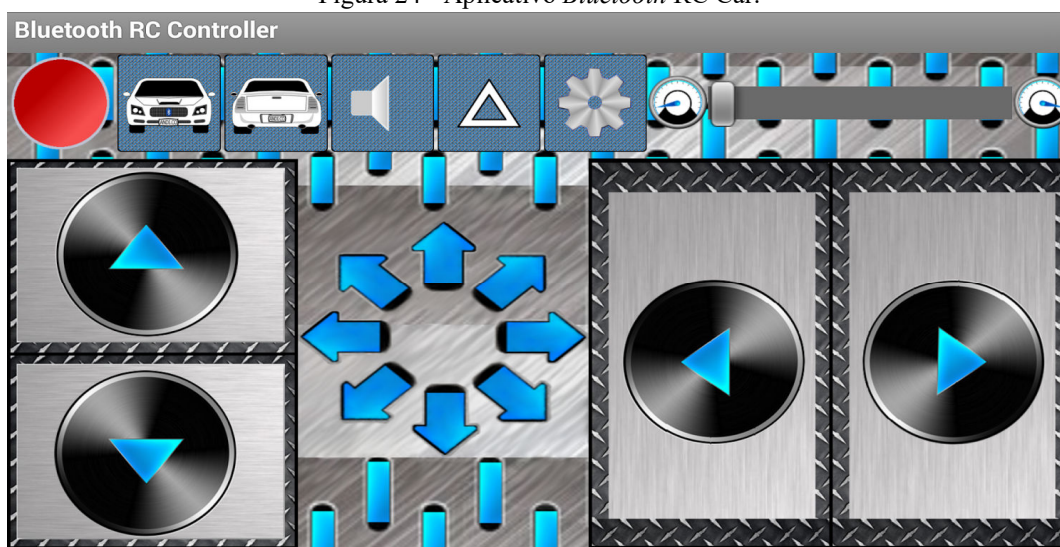
É importante ressaltar que os pinos de comunicação serial do Arduino nano (Rx e Tx) são ligados invertidos no módulo *Bluetooth*, uma vez que um dispositivo precisa enviar a informação, e o outro precisa recebê-la. A figura 23 mostra o módulo *Bluetooth* utilizado nas experimentações desta pesquisa.

Figura 23 - Módulo *Bluetooth*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O módulo *Bluetooth* em questão tem a capacidade de enviar informações, se configurado no modo *master*, e de receber informações, se configurado no modo *slave*. No experimento realizado para esta pesquisa, foi utilizado apenas o modo *slave*, visando apenas receber as informações do *smartphone* para controlar a plataforma robótica. A figura a seguir mostra o aplicativo utilizado no controle da plataforma robótica.

Figura 24 - Aplicativo *Bluetooth RC Car*.

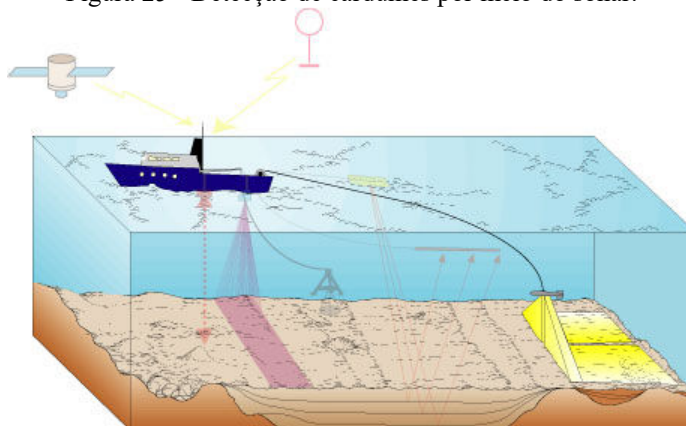
Fonte: Elaborada pelo autor.

A escolha por este aplicativo (figura 24) se deu pela sua interface amigável (que lembra um *joystick*), a facilidade do manuseio dos comandos, e pela disponibilidade de vários botões que podem ser programados para que a plataforma robótica tenha mais funções. A seguir é mostrada a programação que tornou possível o controle da plataforma robótica pelo módulo *Bluetooth*.

4.4.3 O módulo Ultrassônico

O Sonar (sigla para *Sound Navigation and Ranging*) é uma técnica que usa a propagação sonora com o intuito de navegação, comunicação ou detecção de objetos na ou sob a superfície da água, como outras embarcações ou grandes animais (figura 25). Dois tipos de tecnologias dividem o nome "sonar": o sonar passivo trata de "ouvir" os sons feitos por embarcações, enquanto o sonar ativo emite pulsos de sons, sendo capaz de receber o eco desses sons. (PORTO, 2017).

Figura 25 - Detecção de cardumes por meio do sonar.



Fonte: <https://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/images/sonar2.jpg>

O sonar pode ser empregado como um meio de localização acústica e também como uma forma de medição das características dos alvos, analisando-se seus ecos, assim como os morcegos o fazem. Antes da invenção do radar, o sonar foi utilizado para a localização acústica no ar. O sonar pode também ser usado nos sistemas de navegação de robôs. O termo "sonar" também pode ser utilizado para equipamentos usados para gerar e receber os sons. A frequência utilizada nos sistemas de sonar variam de muito baixa (infrassônica) até extremamente alta (ultrassônica).

O sensor utilizado nesta etapa da pesquisa utiliza sinais ultrassônicos (40 KHz, acima da capacidade de audição do ouvido humano, que é de 20 KHz), para determinar a distância entre o sensor e o obstáculo. Ele pode medir distâncias entre 2 centímetros e 4 metros, com precisão de 3 milímetros. Seu ângulo de detecção é de aproximadamente 15 graus. O módulo possui 4 pinos: Vcc (alimentação 5 Volts), *trigger*, *echo* e GND, sendo ideal para utilização em projetos compactos, já que consome apenas 15 mA.

Seu funcionamento consiste basicamente em enviar um sinal que, ao atingir um objeto, volta para o sensor e, com base nesse tempo entre o envio e recebimento, é calculada a distância entre o sensor e o objeto. É enviado um sinal com duração de 10 us (microssegundos) ao pino *trigger*, indicando que a medição terá início, e então, automaticamente, o módulo envia 8 pulsos de 40 KHz e aguarda o retorno do sinal pelo receptor. Caso haja um retorno de sinal (em nível *HIGH*), é possível determinar a distância entre o sensor e o obstáculo utilizando a seguinte equação:

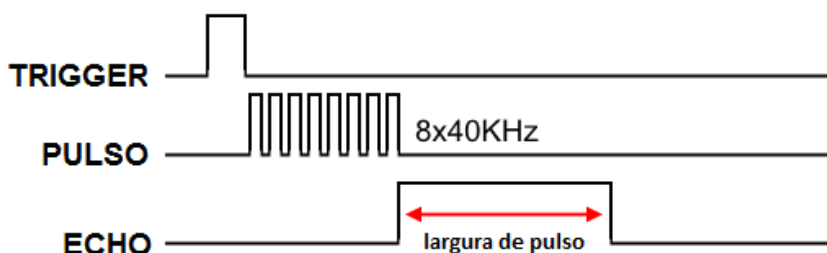
$$\text{Distância} = \frac{t_H \times V_s}{2}$$

t_H = tempo em nível lógico alto;

V_s = velocidade do som;

A divisão por dois é necessária, visto que está sendo contado o tempo de ida e volta do sinal elétrico. A figura 26 mostra, graficamente, esse processo:

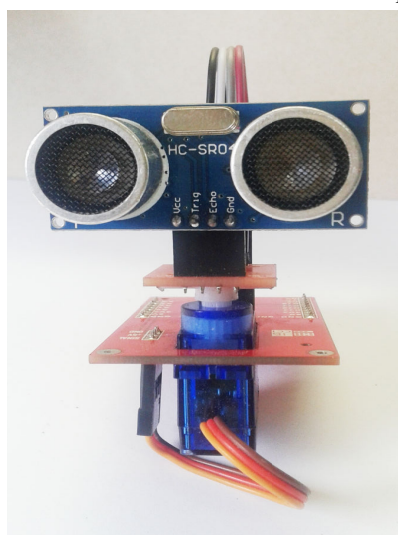
Figura 26 - Diagrama de tempo do sensor ultrassônico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Utilizando-se este módulo, a plataforma robótica assume um caráter autônomo, pois, uma vez acionado o módulo, a plataforma robótica segue em frente até encontrar um obstáculo. Se a distância for menor que 20 centímetros, ele gira para a esquerda e segue em frente. Caso a distância da esquerda seja menor que 20 centímetros, ele olha para a direita e executa o mesmo processo. Caso nem a direita, nem a esquerda forneçam espaço para a manobra, a plataforma gira 180 graus, para e faz o ciclo novamente. O sensor ultrassônico foi acoplado em um servo motor de posição (figura 27) que tem como função girar o sensor 90 graus para a direita ou para a esquerda.

Figura 27 - Módulo ultrassônico com servo motor de posição acoplado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

CAPÍTULO 5 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 Caracterização do grupo amostral

A pesquisa de caráter qualitativo foi realizada em duas turmas do ensino médio integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Cedro. As turmas escolhidas foram a do sexto semestre do curso Integrado em Informática e a do sexto semestre do curso integrado em mecânica do semestre letivo 2016.2. A turma de informática foi definida como turma de controle, a qual era composta por 9 alunos, sendo 4 do sexo feminino e 5 do sexo masculino, com média de idade de 15 anos. A turma de mecânica foi definida como turma experimental e era composta de 9 alunos, sendo 4 do sexo feminino e cinco do sexo masculino, também com média de idade de 15 anos.

As turmas em questão possuem, em sua carga horária, duas aulas de Física de 60 minutos cada por semana. Inicialmente, as turmas assistiram a quatro horas de aula em um formato tradicional, com explanações sobre os conceitos básicos de ondulatória (comprimento de onda, frequência, período, amplitude, reflexão e ressonância) por meio de uma apresentação de slides. O assunto abordado possui certo nível de abstração, o que justifica o uso da apresentação de slides, onde é possível mostrar aos alunos animações que representam o formato de diferentes ondas. Mesmo com essa facilidade, existe a possibilidade de os alunos terem concepções alternativas, que dificultam o entendimento de questões futuras.

Posteriormente, a turma de controle teve duas horas-aula de exercícios, que tinham por objetivo prepará-los para uma avaliação escrita que seria realizada na semana seguinte. Na turma experimental, os exercícios foram substituídos pela experimentação com a plataforma robótica, que durou as mesmas duas horas-aula que a turma de controle. A tabela 2 mostra a divisão do tempo destinado a esta pesquisa.

Tabela 2 - Detalhamento do tempo dispensado a pesquisa

SEMANA	TURMA CONTROLE		TURMA EXPERIMENTAL	
	ATIVIDADE	CARGA HORÁRIA	ATIVIDADE	CARGA HORÁRIA
Semana 1	Aula expositiva	2 h/a	Aula expositiva	2 h/a
Semana 2	Aula expositiva	2 h/a	Aula expositiva	2 h/a
Semana 3	Exercícios propostos	2 h/a	Experimentação	2 h/a
Semana 4	Avaliação teórica	2 h/a	Avaliação teórica	2 h/a

Optou-se por explorar questões onde a parte matemática ficasse em segundo plano, ou seja, as questões que se tratavam de simples substituições de valores em equações foram substituídas por questões onde o aluno precisava aplicar os conceitos básicos vistos durante a aula expositiva.

5.2 Ações investigativas

Os alunos foram divididos em duas equipes: uma de cinco integrantes e outra de quatro integrantes, pois foram montadas duas plataformas robóticas iguais com seus respectivos módulos. Cada equipe recebeu também um roteiro (elaborado pelo autor) a ser seguido, com informações de como manipular inicialmente a plataforma. O experimento consistia em testar os três módulos e observar quantas funções a plataforma realizaria. Por meio das observações, esperava-se que os alunos pudessem distinguir a frequência de operação de cada módulo por meio das funções que a plataforma realizava. Quanto maior o número de funções que a plataforma realizava, maior a frequência de operação. A figura 28 mostra as alunas realizando a experiência com a plataforma robótica.

Figura 28 - Alunas realizando o experimento com o sensor ultrassônico.

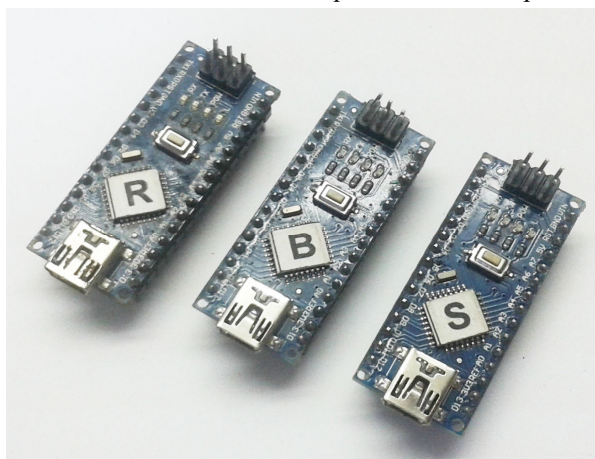


Fonte: Elaborada pelo autor.

O foco desta pesquisa não era fazer com que os alunos estudassem programação de microcontroladores, e sim utilizar essa ferramenta para compreender melhor um determinado conceito de Física. Dessa forma, quando os módulos eram trocados, também era necessário trocar o Arduino nano com a respectiva programação do módulo em questão. Foram coladas etiquetas para a indicação de cada módulo: “R” para rádio frequência, “B” para *Bluetooth* e “S” para sensor ultrassônico.

Como o aluno precisava manipular a plataforma, encaixar os módulos e retirar a placa Arduino nano, observou-se que cada um participou ativamente da experimentação, seja fazendo o procedimento sozinho ou pedindo ajuda aos colegas. Esse é um dos principais motivos para que a experimentação seja realizada em grupos. Nesse momento, o aluno transpõe as dificuldades, observa a atividade com mais proximidade e aumenta sua confiança no que diz respeito a seu próprio entendimento. A figura 29 mostra as placas do Arduino nano marcadas para tal fim.

Figura 29 - Placas Arduino nano com etiquetas indicativas para cada módulo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante os testes com o robô, os alunos receberam tarefas para que, posteriormente, pudessem formular suas respostas a um questionário que seria sugerido ao final da experimentação. As tarefas foram:

1. Conectar o módulo ultrassônico a sua respectiva placa Arduino nano e observar quantas funções a plataforma desempenharia.
2. Conectar o módulo RF a sua respectiva placa Arduino nano e observar quantas funções a plataforma desempenharia.
3. Conectar o módulo *Bluetooth* a sua respectiva placa Arduino nano, selecionar o aplicativo *Bluetooth RC Car* e observar quantas funções a plataforma desempenharia.
4. Usando as duas plataformas robóticas, verificar se é possível utilizá-las (com módulos diferentes) ao mesmo tempo.
5. Usando um controle remoto de um aparelho de televisão comum (que funciona por meio de ondas na faixa do infravermelho), tentar acionar os módulos ultrassônico, radiofrequência e *Bluetooth*.

CAPÍTULO 6 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

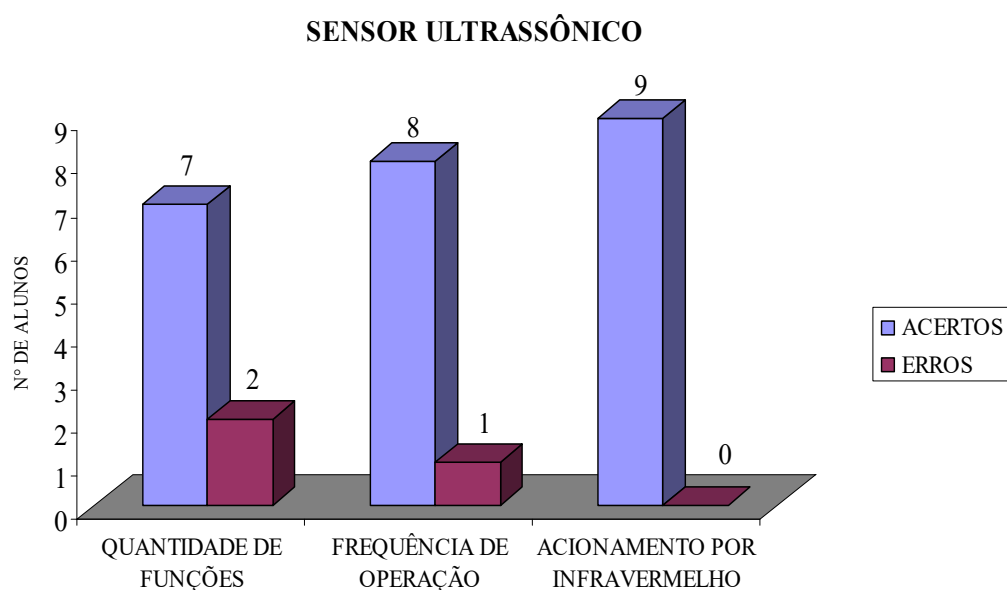
Após os testes iniciais, os alunos preencheram a tabela 3 com as primeiras impressões acerca da quantidade de funções, frequências de operação e se a plataforma era acionada por meio de um controle remoto infravermelho.

Tabela 3 - Informações sobre os módulos utilizados no experimento

MÓDULO	QUANTIDADE DE FUNÇÕES	FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO	ACIONAMENTO COM O CONTROLE IR
ULTRASSÔNICO			
RADIOFREQUÊNCIA			
<i>BLUETOOTH</i>			

Nessa fase do experimento, eventuais dúvidas surgem para os alunos, e o professor atua como um mediador, instigando os alunos para que atentem para pontos ainda não vistos e que muitas vezes têm uma importância primordial para que o entendimento seja completo. Ao invés de o professor simplesmente responder às indagações dos alunos, este lhes responde fazendo-lhes outra pergunta, método este conhecido como método clínico de Piaget. A figura 30 mostra os erros e acertos dos alunos no preenchimento da tabela, referente ao sensor ultrassônico.

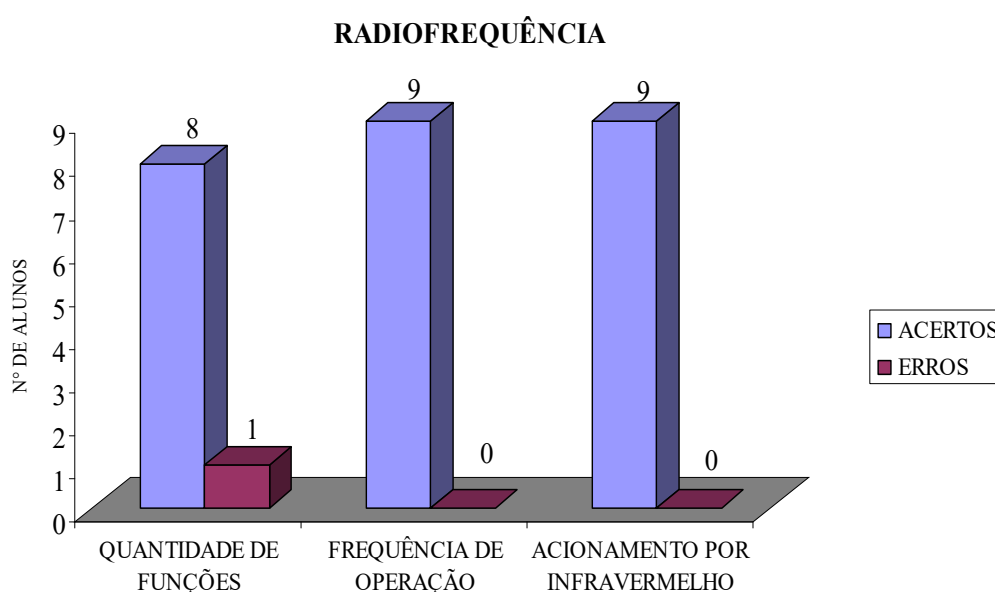
Figura 30 – Erros e acertos obtidos utilizando o módulo ultrassônico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No uso da plataforma robótica em operação com o sensor ultrassônico, uma parcela dos alunos teve dificuldades para entender as funções que a plataforma desempenhava, já que, nesse módulo, a plataforma se comporta de forma autônoma. Foi registrado o maior tempo de experimentação nesse momento. Como a plataforma faz uma escolha quando desvia dos obstáculos, os alunos entenderam de forma errônea qual a real função desse módulo, logo foi preciso voltar, por alguns instantes, aos apontamentos vistos em sala de aula. A figura 31 mostra os erros e acertos dos alunos no preenchimento da tabela, referente ao módulo de radiofrequência.

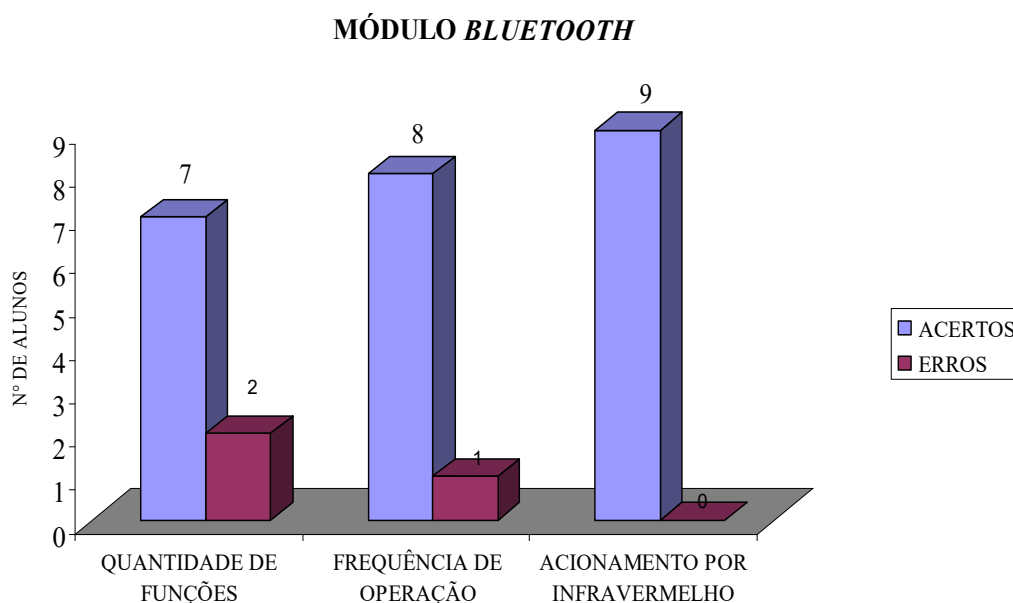
Figura 31 - Erros e acertos obtidos utilizando o módulo de radiofrequência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o módulo de radiofrequência acoplado na plataforma robótica e com o controle remoto em mãos, as dificuldades de compreensão diminuíram, pois, a plataforma seria controlada a distância. A quantidade de botões era um forte indício das funções que a plataforma iria desempenhar. Nesse momento da experimentação, surge uma dúvida comum às duas equipes: A plataforma em repouso pode ser considerada uma função? A ideia de função que a plataforma desempenha está ligada diretamente à conversão de energia que está presente na plataforma, seja o movimento dela, ou a ausência desse movimento. Outros tipos de energia são possíveis de observação na plataforma, já que, por definição, as ondas transportam energia sem transporte de matéria. (VIVAS 2017).

A figura 32 mostra os erros e acertos dos alunos no preenchimento da tabela, referente ao módulo *Bluetooth*.

Figura 32 - Erros e acertos obtidos utilizando o módulo *Bluetooth*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

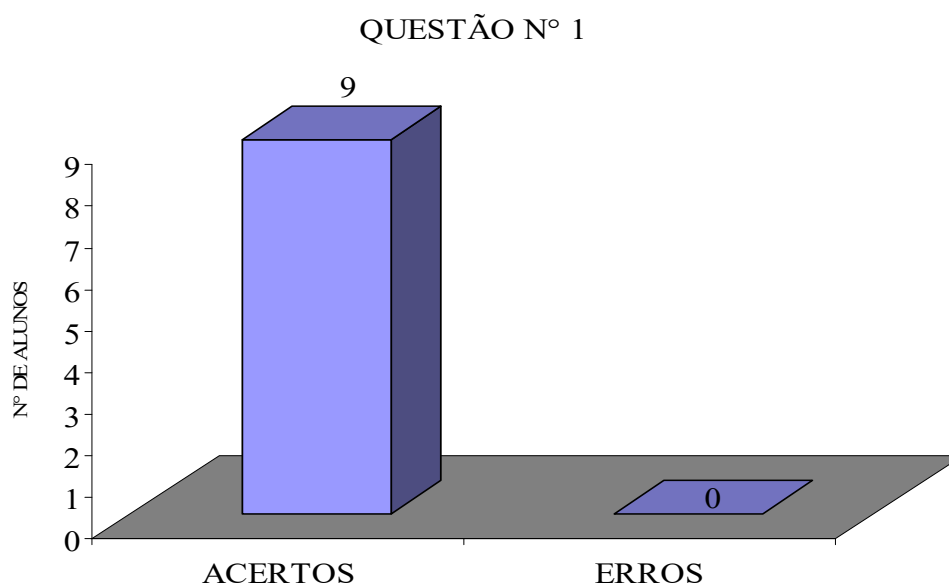
Analisando os dados, o módulo onde houve a maior interação entre plataforma e aluno foi o *Bluetooth*, pelo fato de a resposta da plataforma em relação ao aplicativo ser praticamente imediata, pela quantidade de controles presentes nesse módulo ser superior aos outros e pela possibilidade do uso de parte do experimento ser de posse do próprio aluno, onde um *smartphone* qualquer poderia ser usado para controle da plataforma. A quantidade de botões, mais uma vez, fez com que os alunos indagassem se a quantidade destes seria o único fator que determinaria a frequência de operação de cada módulo.

Ao final desse primeiro momento, que foi a manipulação da plataforma, os alunos foram convidados a registrar suas percepções, individualmente, em um documento que trazia seis perguntas sobre o experimento. Essa etapa é importante para que o aluno exponha sua compreensão acerca do que foi feito e observado. Para o professor, esse documento é útil na avaliação de possíveis concepções alternativas e das dificuldades conceituais que os alunos enfrentam. A seguir, serão mostrados o número de acertos e erros dos alunos (figuras 33 a 36), referentes às questões propostas, além de tabelas que exemplificam algumas respostas que os alunos forneceram a essas questões.

Questão N° 1:

Qual módulo permitiu um maior número de funções para a manipulação da plataforma robótica? Justifique sua resposta.

Figura 33 - Acertos e erros referentes à Questão 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4 - Resposta dos alunos com relação à Questão 1.

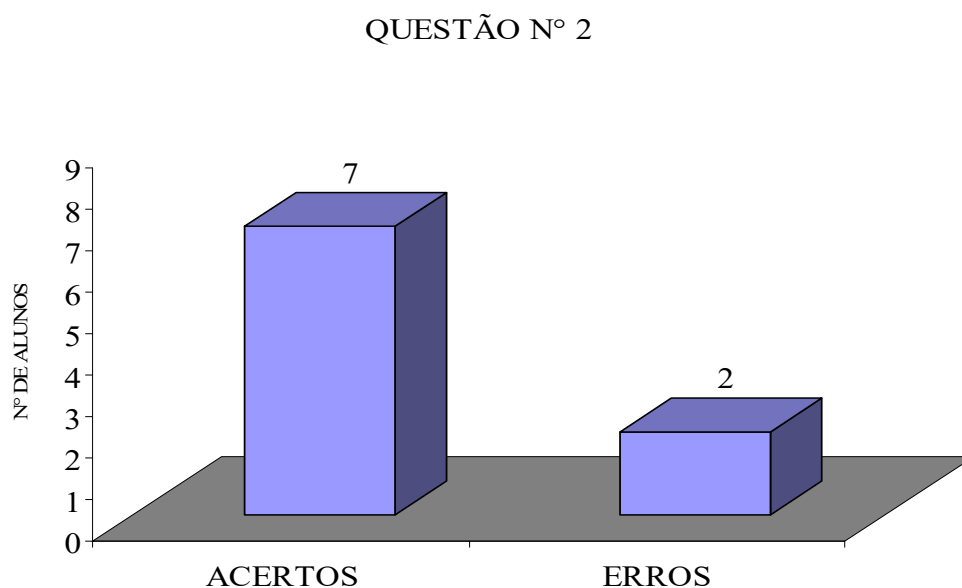
Aluno 1	<i>Bluetooth, por ter uma maior frequência de operação, já que apresentou mais funções na plataforma.</i>
Aluno 3	<i>O módulo Bluetooth, pois consegui fazer “mais coisas” com a plataforma, como ligar os faróis e a buzina.</i>
Aluno 5	<i>Bluetooth, pois se podem fazer mais funções com a plataforma.</i>

Uma pergunta recorrente dos alunos no uso desse módulo foi sobre qual seria o limite possível de funções para a plataforma, o que evidencia que o aluno notou a relação entre funções e frequência de operação. Dos três módulos aplicados na pesquisa, o *Bluetooth* opera em uma maior frequência em relação aos outros dois. O limite de funções se relaciona com o tipo de informação que se quer enviar. Para a troca de arquivos, por exemplo, esse número de funções tende a diminuir.

Questão N° 2:

Qual a relação entre a quantidade de funções que a plataforma robótica pode desempenhar e sua frequência de operação? Justifique sua resposta.

Figura 34 - Acertos e erros referentes à Questão 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Resposta dos alunos com relação à Questão 2.

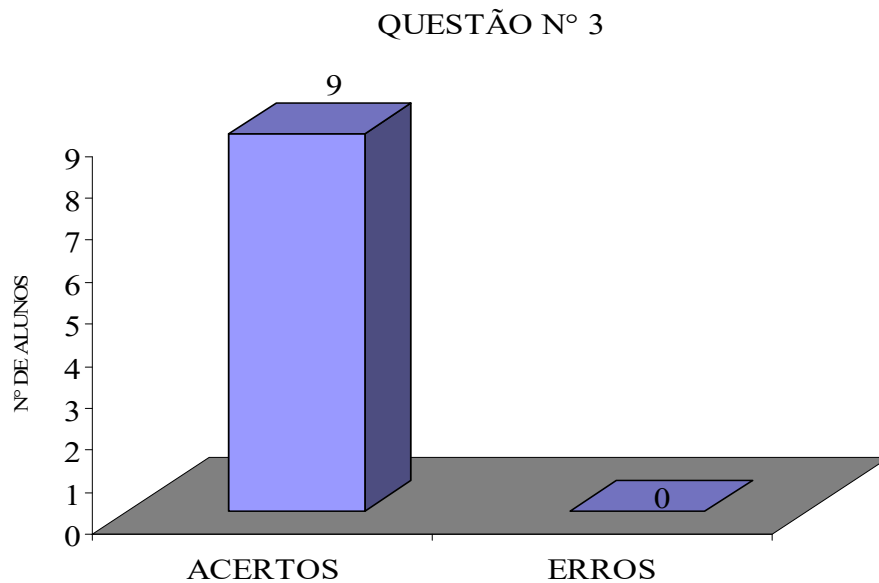
Aluno 2	<i>Quanto o maior a frequência de operação, maior a quantidade de comandos que a plataforma obedece.</i>
Aluno 4	<i>Quanto maior o número de botões, mais funções a plataforma realiza.</i>
Aluno 6	<i>A frequência está associada com a quantidade de funções.</i>

Embora uma minoria de alunos não tenha acertado essa questão, a figura 34 mostra que 78% deles conseguiram compreender que a quantidade de botões não era o principal indício da quantidade de funções que a plataforma realizaria. Os alunos foram encorajados a manipular a plataforma, um por vez, para que pudessem observar todos os detalhes de sua estrutura e de seus componentes. Apenas depois de um momento de reflexão, onde o aluno se depara com indagações baseadas na experimentação que acabara de realizar, é que surge um entendimento real, onde suas observações serão analisadas e ponderadas. A atividade experimental faz com que o aluno confronte sua capacidade de concentração e rebata a ideia de que esse momento é apenas divertido, onde uma aula diferente atrairia os alunos apenas pela novidade.

Questão N° 3:

Houve alguma interferência dos módulos entre si, no uso concomitante da plataforma robótica? Justifique sua resposta.

Figura 35 - Acertos e erros referentes à Questão 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 - Resposta dos alunos com relação à Questão 3.

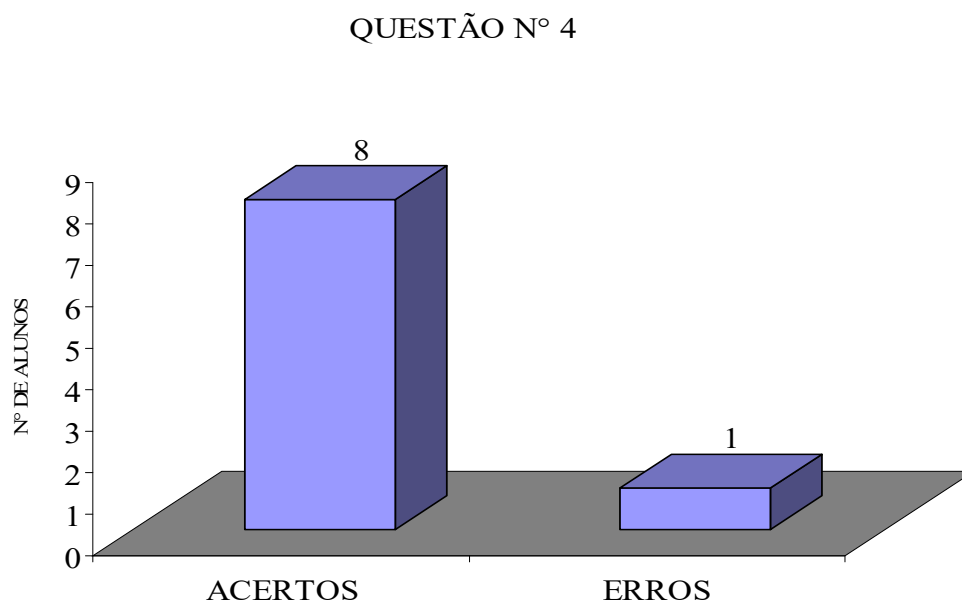
Aluno 7	<i>Não, pois os módulos trabalham em frequências diferentes.</i>
Aluno 8	<i>Não, pois os módulos têm frequências diferentes entre si.</i>
Aluno 9	<i>Não, pois eles possuem frequências bem diferentes, um na faixa de MHz e outro em GHz.</i>

Por meio da figura 35, nota-se que os alunos entenderam que a comunicação entre os módulos não é possível, pois a frequência de operação destes são diferentes. Nesse momento, surgiram várias constatações, como, por exemplo, a de um determinado aluno que enfatizou: “Por isso não é possível ouvir rádio FM em um simples aparelho de televisão, pois as frequência são diferentes”.

Questão N° 4:

É possível acionar a plataforma robótica usando um controle remoto de um aparelho de televisão comum? Justifique sua resposta.

Figura 36 - Acertos e erros referentes à Questão 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 - Resposta dos alunos com relação à Questão 4.

Aluno 1	<i>Não, pois o controle remoto da TV opera em uma frequência diferente.</i>
Aluno 5	<i>Sim. É só conseguir um controle remoto que tenha a mesma frequência dos três módulos.</i>
Aluno 9	<i>Não, porque no controle é usado o infravermelho, e na plataforma, não.</i>

Mesmo que a resposta fornecida pelo aluno não esteja completamente errada, os controles remotos são concebidos com um propósito pré-estabelecido, o que resulta em um aparelho que opera em frequências completamente diferentes uma da outra, para que não haja interferência entre os dispositivos.

Questão N° 5:

No momento da experimentação, o uso da plataforma robótica, ou de qualquer outro objeto físico, ajuda no entendimento do assunto estudado? Justifique sua resposta.

Tabela 8 - Resposta dos alunos com relação à Questão 5.

Aluno 2	<i>Sim, pois podemos observar, na prática, os conceitos teóricos acerca de ondas, ampliando dessa maneira a nossa visão da aplicabilidade do conteúdo estudado.</i>
Aluno 3	<i>Sim, porque nos ajuda a aprofundar os assuntos vistos na sala de aula.</i>
Aluno 8	<i>Sim, pois o aprendizado é facilitado quando se tem alguma coisa em mãos para entender melhor.</i>

Questão N° 6:

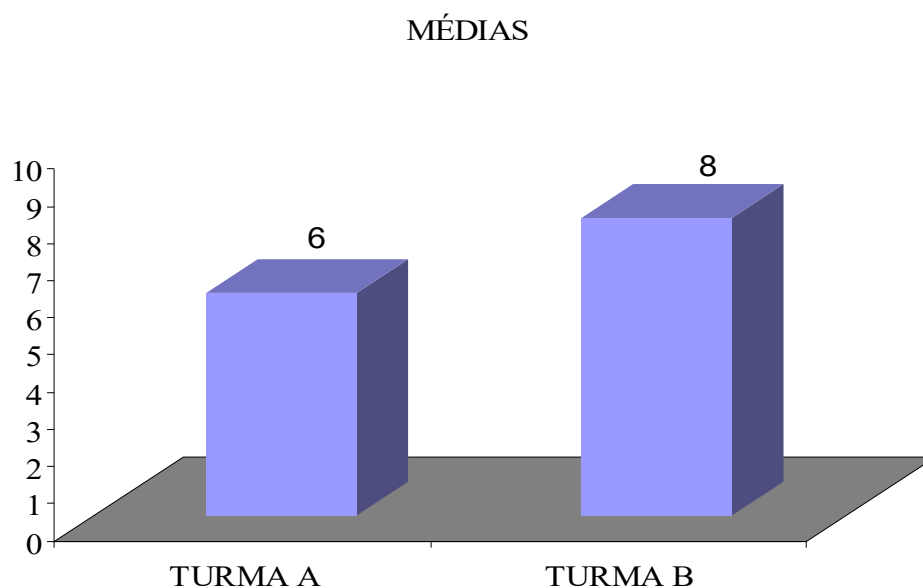
Quais fenômenos ondulatórios podem ser observados no funcionamento dos módulos que controlam a plataforma robótica?

Tabela 9 - Resposta dos alunos com relação à Questão 6.

Aluno 4	<i>Reflexão de ondas, ressonância.</i>
Aluno 5	<i>Reflexão de ondas, ressonância.</i>
Aluno 7	<i>Reflexão de ondas, ressonância.</i>

Na semana seguinte à experimentação realizada pela turma experimental e pelos exercícios realizados pela turma de controle, os alunos foram submetidos a uma avaliação escrita e individual, onde os assuntos cobrados foram os mesmos vistos em sala e com a ajuda da plataforma robótica. A figura 37 mostra as médias das duas turmas depois da avaliação escrita.

Figura 37 - Média das turmas na avaliação escrita.

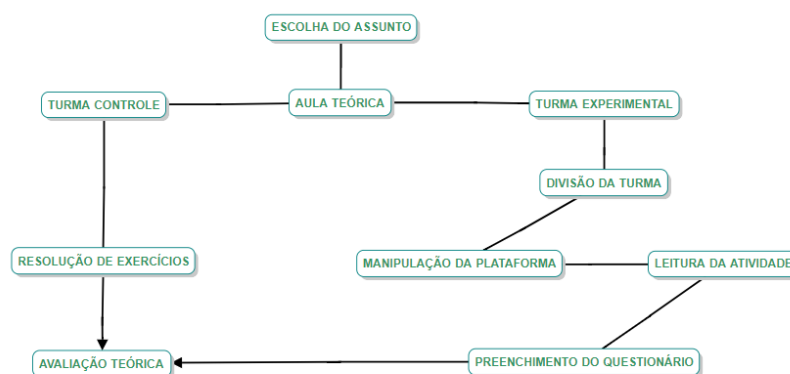


Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 37 mostra a diferença das notas entre a turma de controle e a turma experimental. Em uma avaliação escrita, o aluno precisa estar ciente dos conceitos que foram repassados em sala de aula, logo o não entendimento desses conceitos gera respostas incompletas ou erradas. Dessa forma, a capacidade do aluno de associar os fenômenos vistos em uma questão, seja de exercício ou de uma avaliação, está diretamente associada à vivência que ele teve em seu cotidiano.

A figura 38 mostra um mapa conceitual que indica os procedimentos adotados para a realização da pesquisa, expondo as diferentes ações tomadas com a turma experimental e a turma controle.

Figura 38 - Mapa conceitual – Procedimentos realizados na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela observação dos aspectos analisados, concluímos que a plataforma robótica se mostrou uma importante ferramenta nas atividades práticas, pela facilidade em seu manuseio e por aproximar o aluno de seu entendimento por meio da atividade experimental. De acordo com o que foi apresentado, a plataforma conseguiu satisfazer a necessidade de comparação entre as frequências de operação de cada módulo, já que, dos três módulos, dois controlavam a plataforma remotamente.

Foi observado que os alunos tiveram dificuldades oriundas de uma má formação inicial dos conceitos básicos, como por exemplo, a concepção errônea de como se transmitem os sinais que controlavam a plataforma, porém com a experimentação foi possível compreender que a comunicação entre os aparatos se dava através do mesmo valor de frequência.

Porém, como qualquer ferramenta pedagógica, a plataforma necessita de uma preparação mínima para seu uso, logo é necessário que o professor tenha um conhecimento básico de eletrônica e robótica para que a ferramenta consiga realizar seu papel, que é o de facilitar as atividades práticas. Como em qualquer tecnologia educacional, o professor precisa ter um planejamento não somente para utilizar a plataforma com os alunos, mas para ter alguma familiaridade. O tempo dispensado para tal planejamento depende muito das intenções do professor, da periodicidade que se pretende para o uso da plataforma e de sua motivação.

Um aspecto que foi pouco exposto neste trabalho é o fator motivacional que a robótica promove em atividades como as citadas nesse texto. É imprescindível que os envolvidos nesse tipo de abordagem encarem a experimentação científica como um processo necessário e valioso para a aprendizagem dos alunos, e não seja vista apenas como algo divertido do ponto de vista de uma fuga da sala de aula.

É preciso que haja incentivo, por parte dos professores, para que as aulas sejam mais dinâmicas, de modo que os alunos possam utilizar equipamentos próprios, quando possível, e de modo que haja uma preocupação quanto à participação do aluno e que este não seja apenas um espectador do experimento.

Como professor atuante em sala de aula, utilizei uma ferramenta que me era familiar para que o experimento tivesse um fator motivacional também para mim e não só para os alunos, essa atitude gerou uma mudança positiva na minha forma de ministrar as aulas por me aproximar da ferramenta em si, do conteúdo e principalmente, dos alunos.

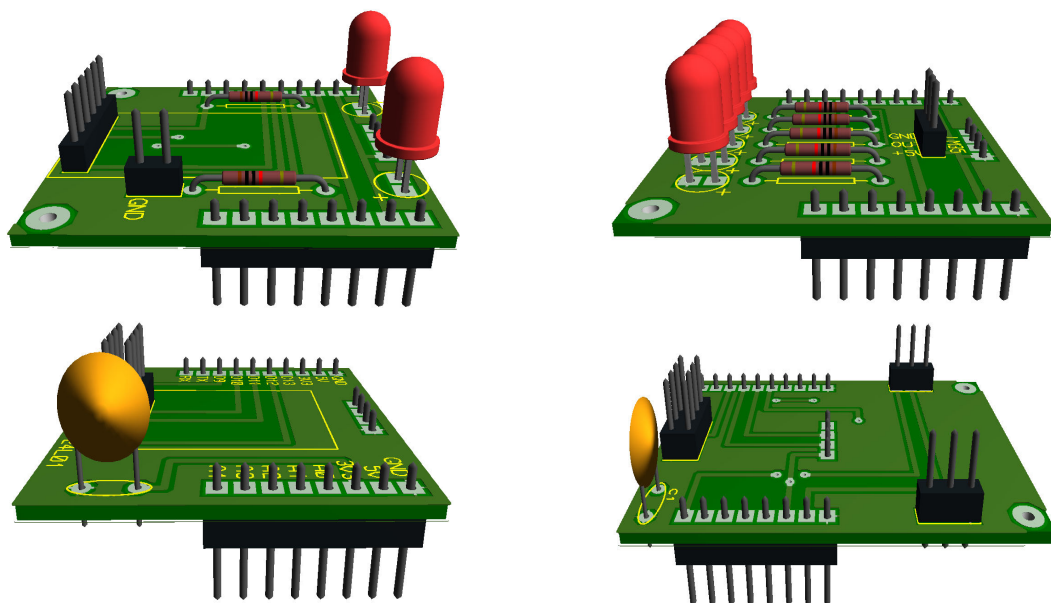
7.1 Trabalhos futuros

Como sugestão para a continuidade da pesquisa, é possível programar novos módulos que abrangeriam novos tópicos da Física, tais como:

- Módulo RFID, que poderá ser utilizado no estudo da cinemática;
- Módulo LM 35, que pode ser usado para o monitoramento de temperatura;
- Módulo sensor de corrente elétrica, para o estudo da eletrodinâmica;
- Módulo sensor de nível, para estudo de planos inclinados;
- Módulo sensor de luminosidade, para estudo da luz;
- Módulo sensor de som, para estudo de ondas sonoras;
- Módulo infravermelho, para estudo de reflexão luminosa;
- Módulo sensor de reconhecimento de cor, para estudo da óptica;
- Módulo acelerômetro e giroscópio, para estudo da estática dos corpos;
- Módulo sensor de efeito Hall, para estudo de magnetismo;
- Módulo sensor de inclinação, para estudo de planos inclinados.

Seguem abaixo sugestões de *layouts* de placas de circuito impresso (figura 39) de módulos nos mesmos moldes daquelas utilizadas nessa pesquisa.

Figura 39 - Sugestão de novos módulos para a plataforma.



Fonte: Elaborado pelo autor.

REFERÊNCIAS

- ALECRIM, E. Tecnologia *Bluetooth*: o que é e como funciona? Disponível em: <<https://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 09 abr. 2017.
- ANDREOLLA, N. Interações Discursivas e Elaboração de Conhecimentos. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2005.
- ARAGUAIA, Mariana. "A metodologia científica"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/a-metodologia-cientifica.htm>>. Acesso em: 16 mar. 2017.
- ATAIDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. C. As Metodologias de Ensino de Ciências: Contribuições da Experimentação e da História e Filosofia da Ciência, 2011.
- AUSUBEL, David Paul. **Educational Psychology**: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968
- BANZI, M. CUARTIELLES, D. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Credits>>. Acesso em: 24 fev. 2017.
- BRASIL, Ministério da Educação. Programa mais Educação. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/programa-mais-educacao/apresentacao?id=16689>>. Acesso em: 08 abr. 2017.
- BRASIL, 2016. Ministério da Educação. Resultado do Pisa de 2015 é tragédia para o futuro dos jovens brasileiros, afirma ministro. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=42741>>. Acesso em: 27 fev. 2017.
- BRASIL. As Ondas sonoras. Projeto ACESSA Física. Ministério da Educação. Ministério da Ciência e Tecnologia. Atualizado em 2010. Disponível em: <http://177.71.183.29/acesa_fisica/subsites/260/src/index.html> Acesso em: 24 fev. 2017.
- BECKER, Fernando. Origem do conhecimento e aprendizagem escolar. ArtMed. São Paulo, 2001.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Cad. Brás. Ens. Fís. v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

BROOKS, J. G.; BROOKS, M. G. Construtivismo em sala de aula. Artes Médicas: Porto Alegre, 1997.

CAMARGO, A. N. B. et al. A pergunta na sala de aula: concepções e ações de professores de Ciências e Matemática. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 1., 2011, Campinas. Anais...Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

CARRETERO, M. Construtivismo e Educação. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações-coleção questões da nossa época. São Paulo: Cortez, 2006.

DORNELES, P.F.T. ARAUJO, I. S. VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GIORDAN. M. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia - SP. 1999.

FORESTI, H. B. Desenvolvimento de um robô bípede autônomo. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado em mecânica computacional). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2006.

KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das ciências. São Paulo, EPU/Edusp, 1987.

MAISONNETTE, R. A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina: a robótica educativa. In: Proinfo – Programa Nacional de Informática na Educação – Paraná. Disponível em: www.proinfo.gov.br. Acesso em: 08 abr. 2017.

MENEZES, E. T.; SANTOS, T. H. Verbete robótica educacional. Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Educabrazil. São Paulo: Midiamix, 2015. Disponível em: <<http://www.educabrazil.com.br/robotica-educacional/>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

MORAIS, E. P.; CARVALHO, L. Aprender com as TIC – Caso de Estudo. CISTI 2012. Volume I. CISTI 2012 - 7ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

NOVAK, Joseph D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Paralelo, 1984. 210 p.

OLIVEIRA, B. J.; DE PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.

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

PAPERT, S. A família em rede: ultrapassando a barreira digital entre gerações. Título original: The Connected Family: bridging the digital generation gap. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1997.

PICELLI, Z. L. S. D. Um Olhar Sobre a Questão da Formação do Professor de Ciências – Condição para a Prática Docente Eficiente. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Londrina, Londrina-Paraná, 2008.

PINTO, M. C. Aplicação de arquitetura pedagógica em curso de robótica educacional com hardware livre. PPGI - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.

PORTO, G. Sonar. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/tecnologia/sonar/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

PRAIA, P.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A Hipótese E A Experiência Científica Em Educação Em Ciência: Contributos Para Uma Reorientação Epistemológica. Ciência & Educação, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. Relatório de Desenvolvimento Humano 2009. Ultrapassar Barreiras: Mobilidade e desenvolvimento humanos. Disponível em:

<<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-20009.html>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R.S. O Ensino de Ciências: Fatores Intrínsecos e Extrínsecos que Limitam a Realização de Atividades Experimentais pelo Professor dos nos Iniciais do Ensino Fundamental. *Investigação em Ensino de Ciências*, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

REGINALDO, C. C.; SCHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. O ensino de ciências e a experimentação. *Anais do IX ANPEDSUL (Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul)*. Caxias, RS: 2012.

RIBEIRO, J. W.; VALENTE, J. A.; FREITAS, D. B.; MARTINS, D. G.; SANTOS, M. J. C. Integração de Atividades de Educação em Ciências Utilizando TIC: Uma Experiência na Formação Continuada de Educadores do Ensino Médio. In *Seminário Web Currículo*, 1, 2008, São Paulo. *Anais*, São Paulo: PUC-SP, 2008.

ROBINSON, M. Robotics-Driven Activities: Can They Improve Middle School Science Learning? *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25(1), 73–84. 2005.

SANTOS, D. M. S.; OLIVEIRA, K. D.; MARQUES, V. C.; SILVA, J. F. M. C. RODRIGUES, T. O. MENEZES, J. W. M. Controle De Sistemas Embarcados Por Sistema Operacional Móvel Android Via *Bluetooth*. VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas – Tocantins. 2012.

SERAFIM, M. C. A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática *Rev. Espaço Acadêmico*, 7. Disponível em: <www.espacoacademico.com.br, 2001>. Acesso em: 24 fev 2017.

SILVA, F. R. O. MAIA, L. S. P. ROMEU, M. C. Confeccionando *kits* robóticos não programáveis de baixo custo como ferramenta de aprendizagem científico – tecnológica. PEREIRA, A. C. C. ALVES, F. R. V. VASCONCELOS, F. H. L. Ensino de Ciências e Matemática: enfoques de práticas docentes. Fortaleza: Instituto UFC virtual, 2016. P. 67- 81.

SILVA JÚNIOR, J. S. S. "O que é onda de radiofrequência?"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-onda-radiofrequencia.htm>>. Acesso em 05 de abr. de 2017.

SKINNER, B. F. Ciência e comportamento humano. São Paulo: Martins Fontes, 2003, 489p. ISBN: 8533619359. 11. ed.

SOUZA, A. F. A maior vantagem competitiva é a habilidade de aprender. Disponível em: <<http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/artigos/seymour.html>>. Acesso em: 13 Abr. 2017.

SOUZA FILHO, M. L. S. Relações entre aprendizagem e desenvolvimento em Piaget e em Vygotsky: dicotomia ou compatibilidade. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 8, n. 23, p. 265-275, jan./abr. 2008.

SOUZA, L. A. A. Trabalho docente: reflexões acerca da condição de trabalho e valorização do professor da escola pública. In: IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia. 2009, Curitiba – PR, p. 7197- 7211.

TRISTÃO, M. B. Desafio de implementação da sala de informática numa escola do município de Gravataí. Porto Alegre 2012. Universidade do Rio Grande do Sul. Trabalho de especialização em mídias na educação.

VALENTE, J. A. Por quê o computador na educação? Disponível em: <<http://www.mrherondomingues.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/1470/14/arquivos/File/PPP/TextoComputadornaEducacao.pdf>>. Acesso em: 13 Abr. 2017.

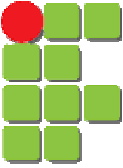
VIVAS, D. B. P. TEIXEIRA, E. S. T. CRUZ, J. A. L. Ensino de Física para surdos: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 197-215, abr. 2017.

ZANON, L. B.; SILVA, L. H. A experimentação no ensino de Ciências. In Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: Vieira Gráfica e Editora Ltda. 2000.

ZILLI, Silvana. Apostila de Robótica Educacional. Expoente Informática. Curitiba: Gráfica Expoente, 2002.

ZILLI, Silvana do Rocio. A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Prática. 2004. 89 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de São Carlos, Florianópolis, 2004.

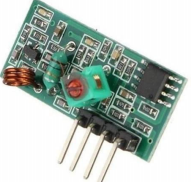
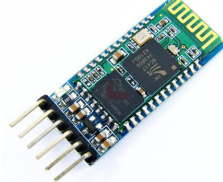
APENDICE A

	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM Orientador: Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu Orientando: Prof. Espec. Francisco Roberto Oliveira da Silva
---	---

OFICINA DE ROBÓTICA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA - ONDULATÓRIA

	INTEGRANTES DA EQUIPE / CURSO
1	
2	
3	
4	

Será usada uma plataforma robótica como ferramenta de apoio, ou seja, um objeto físico fará parte dos testes para auxiliar o estudante a compreender as diferentes formas de ondas e as diversas aplicabilidades de cada frequência. O robô é formado pelo chassi, pela placa base, pela placa controladora e pelos módulos que farão o papel dos sensores que funcionam em diferentes frequências. Serão utilizados os seguintes módulos:

		
MÓDULO ULTRASSÔNICO	MÓDULO RADIOFREQUÊNCIA	MÓDULO <i>BLUETOOTH</i>

- **Passo 1:** Encaixe o sensor ultrassônico e a placa controladora na placa base do chassi. Observe quais e quantas funções o robô desempenha quando usa esse módulo. Anote suas respostas na tabela 1.
- **Passo 2:** Encaixe o módulo de radiofrequência e a placa controladora na placa base do chassi. Observe quais e quantas funções o robô desempenha quando usa esse módulo. Anote suas respostas na tabela 1.
- **Passo 3:** Encaixe o módulo *bluetooth* e a placa controladora na placa base do chassi. Observe quais e quantas funções o robô desempenha quando usa esse módulo. Atente para o aplicativo que foi instalado anteriormente. Anote suas respostas na tabela 1.
- **Passo 4:** Usando os dois robôs, verifique se é possível usá-los (com módulos diferentes) ao mesmo tempo. Faça combinações com os módulos. Anote suas respostas na tabela 1. Nesse momento, sua equipe precisará interagir com a outra equipe.
- **Passo 5:** Usando um controle remoto de uma aparelho de televisão comum (que usa infra vermelho), tente acionar os módulos ultrassônico, radiofrequência e *Bluetooth*, respectivamente.

Tabela 1: Coleta de dados.

MÓDULO	QUANTIDADE. DE FUNÇÕES	FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO	ACIONAMENTO COM O CONTROLE IR
ULTRASSÔNICO			
RADIOFREQUÊNCIA			
<i>BLUETOOTH</i>			

QUESTIONÁRIO:

1. Qual o módulo que permitiu um maior número de funções para a manipulação da plataforma robótica? Justifique sua resposta.

2. Qual a relação entre a quantidade de funções que a plataforma robótica pode desempenhar com sua frequência de operação? Justifique sua resposta.

3. Houve alguma interferência no uso concomitante das plataformas robóticas? Justifique sua resposta.

4. É possível acionar a plataforma robótica usando um controle remoto de um aparelho de televisão comum? Justifique sua resposta.

5. Durante a experimentação, o uso da plataforma ou de qualquer outro objeto físico ajuda no entendimento do assunto estudado? Justifique sua resposta.

6. Quais fenômenos ondulatórios podem ser observados no funcionamento dos módulos que controlam a plataforma robótica? Justifique sua resposta.

APENDICE B



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
 Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM
 Atividade Avaliativa de Física – 1º Prova – N1
 Disciplina: Física VI – Prof. Roberto Silva

Aluno(a): _____ Curso: _____

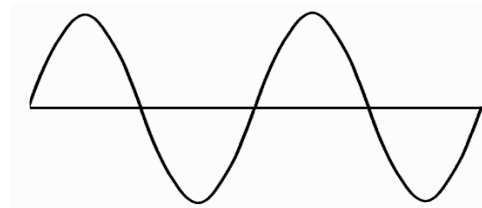
1. Nas últimas décadas, o cinema tem produzido inúmeros filmes de ficção científica com cenas de batalhas espaciais, como *Guerra nas Estrelas*. Com exceção de *2001, Uma Odisséia no Espaço*, essas cenas apresentam explosões com estrondos impressionantes, além de efeitos luminosos espetaculares, tudo isso no espaço interplanetário.

a) Comparando *Guerra nas Estrelas*, que apresenta efeitos sonoros de explosão, com *2001, uma odisséia no Espaço*, que não os apresenta, qual deles está de acordo com as leis da Física? Explique sua resposta.

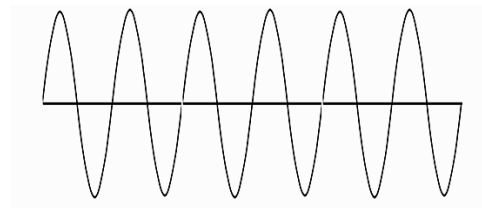
b) E quanto aos efeitos luminosos apresentados por ambos, estão de acordo com as leis da Física? Justifique.

2. Qual é a relação matemática existente entre a velocidade de uma onda, sua frequência e seu comprimento de onda? Justifique sua resposta analisando a proporcionalidade entre essas grandezas.

3. Observando a figura abaixo, marque alternativa correta em relação à frequência das ondas.



Onda A



Onda B

- a) $f_A = f_B$
- b) $f_A = 2.f_B$
- c) $f_A = 3.f_B$
- d) $2.f_A = f_B$
- e) $3.f_A = f_B$

4. Um rapaz e uma garota estão em bordas opostas de uma lagoa de águas tranquilas. O rapaz, querendo se comunicar com a garota, coloca, dentro de um frasco plástico, um bilhete e, arrolhando o frasco, coloca-o na água e lhe dá uma pequena velocidade inicial. A seguir, o rapaz pratica movimentos periódicos sobre a água, produzindo ondas que se propagam, pretendendo, com isso, aumentar a velocidade do frasco em direção à garota. Com relação a esse fato, pode-se afirmar:

- a) Se o rapaz produzir ondas de grande amplitude, a garrafa chega à outra margem mais rapidamente.
- b) O tempo que a garrafa gasta para atravessar o lago dependerá de seu peso.
- c) Quanto maior a frequência das ondas, menor será o tempo de percurso até a outra margem.
- d) A velocidade da garrafa não varia, porque o que se transporta é a perturbação e não o meio.
- e) Quanto menor o comprimento de onda, maior será o aumento na velocidade da garrafa.

5. É correto afirmar sobre as ondas mecânicas:

- a) Transportam massa e energia.
- b) Transportam massa e quantidade de movimento.
- c) Transportam matéria.
- d) Transportam energia e quantidade de movimento.
- e) Nenhuma das respostas é correta.

APENDICE C

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, CPF _____, aluno(a) do curso técnico em mecânica industrial do Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Cedro, declaro, por meio deste termo, concordar em participar na coleta de dados, a partir de observações e experimentações referentes ao projeto de mestrado intitulado APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS DE ONDULATÓRIA COM O AUXÍLIO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA realizado pelo mestrando **Francisco Roberto Oliveira da Silva**, do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação do professor **Dr. Mairton Cavalcante Romeu**, do Instituto Federal do Ceará (IFCE), localizado na Avenida 13 de maio 2081, Campus Fortaleza, CEP 60040-531, Fortaleza, CE. Telefone (85) 3307.3681.

Declaro que fui informado que o objetivo dessa pesquisa é:

Analisar a viabilidade do uso de uma plataforma robótica como ferramenta de aprendizagem na compreensão de conceitos de ondulatória. Objetivos específicos: Investigar quais contribuições o uso de uma plataforma robótica pode oferecer ao aprendizado de conceitos abstratos de ondulatória; verificar a eficiência do uso deste objeto de aprendizagem em determinados tópicos de ondulatória; testar as possibilidades e limitações deste recurso em aulas práticas de ondulatória.

Declaro que fui igualmente informado(a) de que as informações obtidas durante esta pesquisa (gravações, entrevistas e documentos) serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (artigos científicos, seminários, palestras, trabalho de conclusão de curso etc.) identificadas somente por uma sigla (constituída de letras e números) e que não serão divulgados os nomes dos alunos participantes.

Estou ciente de que, em caso de dúvida, poderei contactar o pesquisador pelo telefone (85) 99659-7902, ou pelo endereço eletrônico roberto.refex@gmail.com, assim como seu orientador, pelo endereço eletrônico mairtoncavalcante@gmail.com.

Fui ainda informado(a) de que poderei me retirar da pesquisa a qualquer momento, mediante a comunicação ao pesquisador responsável, caso seja de meu interesse.

Fortaleza, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do orientador

Assinatura do pesquisador

Assinatura do (a) participante

APÊNDICE D

Código-fonte para o funcionamento do módulo de radiofrequência.

```

/*
# Plataforma: Arduino nano
# Linguagem: Wiring / C / Processing / Arduino IDE
# Versão: V.4
# Controle de 2 motores DC usando CONTROLE REMOTO 433 MHZ
# roberto.refex@gmail.com
# Autor: Rafael Coelho e Roberto Silva
# Data: 25/09/2015
# Local: Fortaleza - Ce
*/

#define motor1Pin1 2 // pino 2 do L293D
#define motor1Pin2 4 // pino 7 do L293D
#define motor2Pin1 7 // pino 10 do L293D
#define motor2Pin2 8 // pino 15 do L293D

#define enable1Pin 3 // pino 1 do L293D
#define enable2Pin 5 // pino 9 do L293D

#define botao1 9 // Frente
#define botao2 11 // Reverso
#define botao3 10 // Esquerda
#define botao4 12 // Direita

#define buzzer 6

boolean flag = 0;

void beep(unsigned int duracao, unsigned char numero_beeps)
{
    unsigned int i;

    for(i = numero_beeps; i > 0; i--)

```

```

    {
        digitalWrite(buzzer, HIGH);
        delay(duracao);
        digitalWrite(buzzer, LOW);
        delay(duracao);
    }

}

void setup() {

    // configurando os pinos como saída
    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
    pinMode(enable1Pin, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
    pinMode(enable2Pin, OUTPUT);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);

    // pinos que receberão a informação do receptor RF
    pinMode(botao1, INPUT);
    pinMode(botao2, INPUT);
    pinMode(botao3, INPUT);
    pinMode(botao4, INPUT);

    // configurando os pinos enable1 e enable2 como high:
    digitalWrite(enable1Pin, HIGH);
    digitalWrite(enable2Pin, HIGH);

    beep(200, 2);
}

void loop() {

    // se o estado for "1", o motor DC irá para a frente

```

```

if (digitalRead(botao1)) {

    if(!flag)
    {
        beep(50, 1);
        flag = 1;
    }

    digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
}

// Se o estado for '2', o motor gira para a direita
else if (digitalRead(botao3)) {

    if(!flag)
    {
        beep(50, 1);
        flag = 1;
    }

    digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

// Se o estado for '4', o motor gira para a esquerda
else if (digitalRead(botao4)) {

    if(!flag)
    {
        beep(50, 1);
        flag = 1;
    }

```

```

    }

    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
}

// Se o estado for '5', os motores giram ao contrário um do
// outro, fazendo a plataforma girar no seu próprio eixo.
else if (digitalRead(botao2)) {

    if(!flag)
    {
        beep(50, 1);
        flag = 1;
    }

    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);

}
else
{
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);

    flag = 0;
}
}

```

APÊNDICE E

Código-fonte para o funcionamento do módulo *Bluetooth*

```

/*
# Plataforma: Arduino nano
# Linguagem: Wiring / C / Processing / Arduino IDE
# Versão: V.4
# Controle de 2 motores DC usando SMARTPHONE VIA BLUETOOTH
# roberto.refex@gmail.com
# Autor: Rafael Coelho e Roberto Silva
# Data: 25/09/2015
# Local: Fortaleza - Ce
*/

#include <TimerOne.h>

int motor1Pin1 = 2; // pino 2 do L293D
int motor1Pin2 = 4; // pino 7 do L293D
int enable1Pin = 3; // pino 1 do L293D
int motor2Pin1 = 7; // pino 10 do L293D
int motor2Pin2 = 8; // pino 15 do L293D
int enable2Pin = 5; // pino 9 do L293D
int buzzer = 6;
int led1 = 9;
int state;
int flag=0;
int stateStop=0;

    boolean status_led = false;
    boolean led_ON = false;

    void beep(unsigned int duracao, unsigned char
numero_beeps)
    {
        unsigned int i;

```

```

        for(i = numero_beeps; i > 0; i--)
        {
            digitalWrite(buzzer, HIGH);
            delay(duracao);
            digitalWrite(buzzer, LOW);
            delay(duracao);
        }

    }

void callback()
{
    if(led_ON)
    {
        if(status_led)
        {
            digitalWrite(led1, HIGH);
            status_led = false;
        }
        else
        {
            digitalWrite(led1, LOW);
            status_led = true;
        }
    }
}

void setup() {
    // configurando os pinos como saída
    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
    pinMode(enable1Pin, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
    pinMode(enable2Pin, OUTPUT);
}

```

```

pinMode(buzzer, OUTPUT);
pinMode(led1, OUTPUT);

// setando os pinos enable1 e enable2 como high:
digitalWrite(enable1Pin, HIGH);
digitalWrite(enable2Pin, HIGH);

Timer1.initialize(500000); // Inicializa o Timer1 e configura
para um período de 0,5 segundos

Timer1.attachInterrupt(callback);
Serial.begin(9600);
beep(200, 2);
    }

void loop() {
//Se algum dado é enviado, ele faz a leitura e salva no
estado.

    if(Serial.available() > 0){
        state = Serial.read();
    }

    if(state == '1')
    {
        analogWrite(enable1Pin, 24);
        analogWrite(enable2Pin, 24);
    }

    if(state == '2')
    {
        analogWrite(enable1Pin, 48);
        analogWrite(enable2Pin, 48);
    }

    if(state == '3')

```

```
{
    analogWrite(enable1Pin, 72);
    analogWrite(enable2Pin, 72);
}

if(state == '4')
{
    analogWrite(enable1Pin, 96);
    analogWrite(enable2Pin, 96);
}

if(state == '5')
{
    analogWrite(enable1Pin, 120);
    analogWrite(enable2Pin, 120);
}

if(state == '6')
{
    analogWrite(enable1Pin, 144);
    analogWrite(enable2Pin, 144);
}

if(state == '7')
{
    analogWrite(enable1Pin, 168);
    analogWrite(enable2Pin, 168);
}

if(state == '8')
{
    analogWrite(enable1Pin, 192);
    analogWrite(enable2Pin, 192);
}

if(state == '9')
{
```

```

        analogWrite(enable1Pin, 216);
        analogWrite(enable2Pin, 216);
    }
    if(state == 'q')
    {
        analogWrite(enable1Pin, 255);
        analogWrite(enable2Pin, 255);
    }

// Se o estado for 'F', o motor DC irá girar para a frente
    if (state == 'F') {
        digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
    }

// Se o estado for 'L', o motor DC irá girar para a esquerda
    else if (state == 'L') {
        digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    }

// Se o estado for 'S', o motor DC irá parar de girar
    else if (state == 'S' || stateStop == 1) {
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    }

// Se o estado for 'R', o motor DC irá girar para a direita
    else if (state == 'R') {
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);

```

```

        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
    }
    // Se o estado for 'B', o motor DC gira de forma invertida
    else if (state == 'B') {
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    }
    // Se o estado for 'W', os LED's serão acionados
    else if (state == 'W') {
        digitalWrite(led1, HIGH);}
        else if (state == 'w'){
            digitalWrite(led1, LOW);
        }

    // Se o estado for 'V', o buzzer é acionado
    else if (state == 'V') {
        digitalWrite(buzzer, HIGH);}
        else if (state == 'v'){
            digitalWrite(buzzer, LOW);}

    else if (state == 'X') {
        led_ON = true;}
        else if (state == 'x'){
            led_ON = false;}
    }

```

APÊNDICE F

Código-fonte para o funcionamento do módulo ultrassônico

```

/*
# Plataforma: Arduino nano
# Linguagem: Wiring / C / Processing / Arduino IDE
# Versão: V.4
# Controle de 2 motores DC usando Sensor Ultrassônico HC-SR04
# roberto.refex@gmail.com
# Autor: Rafael Coelho e Roberto Silva
# Data: 25/09/2015
# Local: Fortaleza - Ce
*/

// inclusão de bibliotecas

#include <Servo.h>
#include <Ultrasonic.h>

// definição de objetos
Servo myservo;

// definição de variáveis e pinos

#define motor1Pin1 2 // pino 2 do L293D
#define motor1Pin2 4 // pino 4 do L293D
#define motor2Pin1 7 // pino 7 do L293D
#define motor2Pin2 8 // pino 8 do L293D
#define enable1Pin 3 // pino 3 do L293D
#define enable2Pin 5 // pino 5 do L293D

int echopin = 11;
int triggerpin = 10;
int BUZZER = 6;
unsigned long pulsetime = 0;
unsigned long distancia = 0;
int distLimite = 20;
unsigned int vals[10];

// executado na inicialização do Arduino

void setup(){
myservo.attach(9);

pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);

```

```

pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
pinMode(enable1Pin, OUTPUT);
pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
pinMode(enable2Pin, OUTPUT);
pinMode(trigerpin, OUTPUT);
pinMode(echopin, INPUT);
pinMode(BUZZER, OUTPUT);

digitalWrite(enable1Pin, HIGH);
digitalWrite(enable2Pin, HIGH);

set_motors(0);
Alerta(BUZZER, 2000, 100);
myservo.write(90);
delay(1000);

Serial.begin(9600);

// loop principal do Arduino
void loop(){
    distancia = lerDistancia();
    if (distancia > distLimite){
        delay(500);
        set_motors(1);
    }
    else {
        set_motors(0);
        Alerta(BUZZER, 2000, 100);
        int distEsquerda = 0;
        int distDireita = 0;
        myservo.write(0);
        delay(1000);
        distDireita = lerDistancia();
        myservo.write(90);
        delay(500);

        if (distDireita > distLimite){
            set_motors(2);
            delay(1000);
            set_motors(0);
        }
        else{
            myservo.write(180);
            delay(1000);
            distEsquerda = lerDistancia();
            myservo.write(90);
            delay(500);

            if(distEsquerda > distLimite){
                set_motors(3);
            }
        }
    }
}

```

```

        delay(1000);
        set_motors(0);
    }

    if((distDireita <= distLimite) && (distEsquerda <=
distLimite)){
        set_motors(3);
        delay(2000);
        set_motors(0);
        myservo.write(90);
        delay(1000);
    }
}
delay(500);
}

// Acionamento dos motores
void set_motors(int state){

// Se o estado for '1', a plataforma irá para a frente
    if (state == 1)
    {
        digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
    }

// Se o estado for '2', a plataforma gira para a direita
    else if (state == 2)
    {
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
    }

// Se o estado for '3', a plataforma gira para a esquerda
    else if (state == 3)
    {
        digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    }

// Se o estado for '0', o motor encerra seu funcionamento
    else if (state == 0)
    {
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    }
}

```

```

        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    }
}

// função que retorna a distância em cm
int lerDistancia(){
    digitalWrite(trigpin, LOW);
    digitalWrite(trigpin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigpin, LOW);
    pulsetime = pulseIn(echopin, HIGH);
    return pulsetime/58;
}

// função de alerta sonoro
void Alerta(unsigned char BUZZER, int frequencia, long
tempoMilisegundos){
    int Contador, x=0;
    long pausa = (long)(1000000/frequencia);
    long loopTempo = (long)((tempoMilisegundos*1000)/(pausa*2));

    for(Contador=0;Contador<loopTempo;Contador++)
    {
        digitalWrite(BUZZER,HIGH);
        delayMicroseconds(pausa);
        digitalWrite(BUZZER,LOW);
        delayMicroseconds(pausa);
    }
    delay(100);
}

```