

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

ANA PAULA GIACOMASSI LUCIANO

**A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL COM A PLATAFORMA
ARDUINO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA**

**MARINGÁ – PR
2014**

ANA PAULA GIACOMASSI LUCIANO

**A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL COM A PLATAFORMA
ARDUINO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: L1 – Recursos Didáticos e Midiáticos para o Ensino Continuado de Ciências e de Matemática.

Orientadora: Prof^a Dr^a Polônia Altoé Fusinato

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes

**MARINGÁ – PR
2014**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

L937u Luciano, Ana Paula Giacomassi
A utilização da robótica educacional com a
plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino
de Física/ . -- Maringá, 2014.
150 f. : il. , figs. , tabs. , color.

Orientadora: Prof.a. Dr.a. Polônia Altoé
Fusinato.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-
Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática,
2014.

1. Robótica educacional. 2. Plataforma Arduino.
3. Ensino de Física. 4. Construcionismo. 5. Torque.
I. Fusinato, Polônia Altoé, orient. II. Gomes,
Luciano Carvalhais, coorient. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas.
Programa de pós-graduação em Educação para a Ciência
e a matemática. IV. Título.

CDD 22. ED.530.07

JLM-001628

ANA PAULA GIACOMASSI LUCIANO

**A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL COM A PLATAFORMA
ARDUINO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

BANCA EXAMINADORA:

Profª Drª Polônia Altoé Fusinato
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Profª Drª Anair Altoé
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Profª Drª Dulcinéia Ester Pagani Gianotto
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Profª Drª Marisa Almeida Cavalcante
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP

Maringá, 05 de fevereiro de 2014.

Para aqueles que são minhas preciosidades,

Alzira, Arquimedes e Maria Cecília.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me dado força nos momentos de maiores turbulências.

Agradeço à minha querida e amada filha, Maria Cecília, por ter compreendido minha ausência em tantos momentos e, mesmo tão pequena, ter palavras belas e de apoio.

Agradeço à minha querida mãe, Alzira Giacomassi, por todo o carinho e apoio incondicional e em todos os momentos.

Meu agradecimento ao meu amado esposo, Arquimedes Luciano, que compreendeu todos os meus momentos de angústias e me ajudou com apoio e com sua sabedoria e profissionalismo.

A todos os meus familiares, mas, em especial, a minha querida irmã, Fátima Giacomassi, e meu querido cunhado, José Carlos Xavier, que sempre estiveram junto de mim, apoiando-me.

Agradeço aos meus companheiros de trabalho, que, na verdade, são grandes amigos de coração: a Professora Alice Iramina, a Professora Hatsumi Mukai, o Professor Paulo Ricardo Garcia que sempre estiveram me apoiando e me incentivando em todos os momentos. Meus agradecimentos ao Professor Nilson Benedito Lopes, pela colaboração nas aulas.

Àqueles presentes que me foram dados, meus amigos, Bárbara Cândido, Verônica Klepka, Bruno Umbezeiro e Rosana Franzen Leite, que sempre, em qualquer momento, estavam dispostos a partilhar de todas as emoções que se passam neste momento.

Agradeço à Sandra Grzegorzcyk e à Isabela, pelo atendimento prestativo em questões burocráticas, referentes à pesquisa, e pelo respeito com o qual nos tratam.

Meus sinceros agradecimentos a minha orientadora, Polônia Altoé Fusinato, pela oportunidade de me orientar e por acreditar no meu trabalho. Mesmo sendo ela participante da pesquisa, suas orientações foram muito além da dissertação, muitas vezes aconselhando com carinho que é pertencente apenas às mães.

Agradeço também ao meu coorientador, Luciano Carvalhais Gomes, que esteve presente e contribuindo em todo o momento, sempre com palavras amigas para o crescimento desta pesquisa.

Meu carinho e agradecimento aos membros de minha banca: Professora Anair Altoé, por sua humildade e dedicação em suas contribuições para esta pesquisa. Professora Dulcinéia Ester Pagani Gianoto, pelas sábias palavras e sempre muito carinhosas e cuidadosas,

Professora Marisa Cavalcante que, mesmo sem me conhecer, aceitou de imediato participar deste trabalho e contribuiu significativamente com muita dedicação e carinho.

Agradeço aos professores do PCM, que de forma tão prestativa compartilham conosco suas experiências e sabedorias.

Meus agradecimentos também ao colégio que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa. Aqui não mencionamos o nome por questões éticas, mas as contribuições foram de muita valia.

*Então, não se lembra de
como o mundo era sem os robôs.*

*Houve uma época em que a
humanidade encarava o universo
sozinha, sem um amigo. Agora, o
homem possui criaturas para
ajudá-lo; criaturas mais fortes do
que ele – mais fiéis, mais úteis e
absolutamente devotadas a ele. A
espécie humana já não está
sozinha. Já encarou o assunto sob
este prisma?*

Isaac Asimov

RESUMO

Um dos problemas verificados nas pesquisas sobre ensino de Física no país é o distanciamento afetivo dos estudantes com relação à componente curricular de Física, o que influencia diretamente no aprendizado dessa componente. Nesse contexto, a robótica educacional apresenta-se como uma opção de recurso didático-pedagógico para amenizar esse problema, pois possui forte impacto motivacional. A robótica educacional permite, aos aprendizes, desenvolver habilidades como o raciocínio lógico e a criatividade, partindo da utilização de meios tecnológicos para ilustrar aplicações atuais dos conteúdos físicos. Desse modo, a nossa pesquisa teve como objetivos investigar, a partir da análise do ensino do conceito físico de torque, em que a robótica educacional pode contribuir para uma aproximação afetiva dos estudantes com a disciplina de Física e identificar até que ponto essa aproximação favorece a aprendizagem dos conceitos físicos. Para atingir esse objetivo, seguindo as orientações e as propostas construcionistas de Papert, desenvolvemos uma sequência didática com o intuito de organizar oficinas que pudessem preparar os estudantes para a construção de um robô que percebesse variações na luminosidade ambiente. Optamos nesta pesquisa em desenvolver um dispositivo robótico que fizesse uso de materiais de baixo custo, pois dessa forma não limitaríamos sua dimensão de aplicação. Assim, utilizamos a Plataforma Arduino para o desenvolvimento desse dispositivo, pois, além de se tratar de um software livre, o que torna seu custo baixo, ainda proporciona grande liberdade em estruturas de hardware, permitindo comandos e ações que proporcionam uma vasta gama de diversidade de temas a se abordar. Em conjunto com os pressupostos do construcionismo, o Arduino pode favorecer significativamente a aprendizagem de conceitos físicos. Os sujeitos envolvidos nesta pesquisa foram seis alunos do segundo ano do Ensino Médio de colégio da rede pública de ensino, pertencente ao Núcleo Regional de Maringá. A coleta de dados foi realizada em duas etapas, uma entrevista semiestruturada que antecedeu ao conjunto de oficinas do projeto e outra após a realização dessas oficinas propostas. A análise de dados segue a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin. Durante o desenvolvimento das atividades, aproveitamos para discutir e abordar diversos conceitos que permeiam a Física, como circuitos elétricos, fenômenos relacionados à mecânica e ao tema abordado neste estudo, o conceito de torque. Com a utilização da robótica educacional como um recurso didático, conseguimos verificar que a mesma possibilitou uma aproximação afetiva dos estudantes com a componente curricular Física. As falas coletadas nas entrevistas apontam para a dificuldade dos estudantes em correlacionar o saber de conceitos físicos com aplicações cotidianas devido à sobrecarga da ênfase matemática utilizada na exposição dos conteúdos. Conseguimos verificar, por meio das narrativas dos alunos envolvidos com a pesquisa, que a utilização da robótica educacional, fazendo uso da plataforma Arduino, favoreceu uma aproximação afetiva com a componente curricular Física, surtindo efeitos positivos com relação à aprendizagem de conceitos envolvidos com a mesma, no caso, o conceito estudado, o torque.

Palavras-chave: Robótica Educacional; Arduino; Ensino de Física; Construcionismo; Torque.

ABSTRACT

One of the problems encountered in research about teaching of physics in the country is the emotional distancing of students concerning curricular component of physics, which directly influences on learning this component. In this context, educational robotics presents as an option for educational-learning resource to alleviate this problem, as it has a strong motivational impact. Educational robotics allows learners to develop skills such as logical reasoning and creativity, based on the use of technology to illustrate current applications of physical content. Thus, our research aimed to investigate, from the analysis of teaching physical concept of torque in that educational robotics can contribute to an affective approximation of students with the discipline of physics, and identify the extent to which this approach favors learning of physics concepts. To achieve this goal, the following guidelines and proposals constructionist Papert, developed an instructional sequence in order to organize workshops that could prepare students to build a robot that perceives changes in ambient light. We chose this research to develop a robotic device that make use of low cost materials, because this way is not limited to their impact on application. So we used the Arduino platform for the development of this device, as well as it is a free software making its low cost , yet allows great freedom in hardware structures allowing commands and actions that provide a wide range of diversity issues to address. Together with the assumptions of constructionism, the Arduino can greatly facilitate the learning of physics concepts. The subjects involved in this study were six students of the second year of high school of college public schools belonging to the regional center of Maringá. The data collection performed in two stages, one semi-structured interview that preceded the series of workshops and other project after conducting these workshops proposals. The data analysis follows the technique of content analysis proposed by Bardin. During the development of activities took advantage to discuss and address various concepts underlying physics, such as electrical circuits, and mechanical phenomena related issue addressed in this study, the concept of torque. With the use of educational robotics as a teaching resource, it could verify that it enabled an affective approximation of students with physics curriculum component. The speeches collected in the interviews point to the difficulty in correlating student knowledge of physical concepts to everyday applications due to the overhead of emphasis used mathematical description of contents. We can notice through the narratives of the students involved in the research that the use of educational robotics, using the Arduino platform, favored to an affective approximation to the physics curriculum component, producing positive effects in relation to the learning of concepts involved with even if the concept studied torque.

Keywords: Educational Robotics, Arduino, Physics Teaching; Constructionism; Torque.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Processo de ensino e aprendizagem com a utilização do computador	22
Figura 1.2: À esquerda, William Grey e sua criação; à direita, o robô Elsie	24
Figura 1.3: Kit Lego mindstorms RCX	27
Figura 1.4: Material da Fischertechnik	27
Figura 1.5: Robô desenvolvido com material da Vex Robotics Design System	28
Figura 1.6: Robô desenvolvido com material da Edutec	28
Figura 1.7: <i>Kit</i> de Robótica Robokit	29
Figura 1.8: Robô móvel, desenvolvido pela Curumim	29
Figura 1.9: <i>Kit</i> Alfa Educ	30
Figura 1.10: O Pato Digestor de Vaucanson	31
Figura 1.11: Imagem da tela da interface de desenvolvimento (IDE) da plataforma Arduino versão 0021	33
Figura 1.12: Descrição das conexões elétricas do Arduino Duemilanove	33
Figura 1.13: Fotografia de um fotorresistor (LDR)	38
Figura 1.14: Ilustração de Servomotor, com seu sistema de controle	39
Figura 2.1: Alunos na construção da placa de prototipagem	44
Figura 2.2: Alunos na construção mecânica do robô	44
Figura 2.3: Arquitetura da física	45
Figura 2.4: Alunos finalizando a parte mecânica do robô	46
Figura 2.5: Robô construído pelos estudantes	46
Figura 3.1: Desenho produzido pela dupla de alunos A3 e A4, referente ao automatismo do ar-condicionado	56
Figura 3.2: Desenho produzido pela dupla de alunos A5 e A6, referente ao automatismo do elevador	57
Figura 3.3: Desenho produzido pela dupla de alunos A1 e A2, referente ao automatismo da escada rolante	57
Figura 3.4: Sensores apresentados aos alunos	59
Figura 3.5: Sensores apresentados aos alunos	59
Figura 3.6: Imagens dos alunos confeccionando o circuito	63
Figura 3.7: Imagem do circuito elétrico confeccionado pelos alunos	63
Figura 3.8: Motores apresentados aos alunos	65

Figura 3.9: Motores apresentados aos alunos	65
Figura 3.10: Automatismo de Aparelho de DVD apresentado aos alunos	65
Figura 3.11: Diagrama de conexões do circuito elétrico do robô	69
Figura 3.12: Circuito de Aplicação do Regulador 7806	70
Figura 3.13: Circuito Regulador construído pelos alunos	70
Figura 3.14: Imagem da IDE Arduino 1.0.3.	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Caracterização dos alunos participantes da pesquisa	41
Quadro 2.2: Aplicação da Sequência Didática Elaborada	43
Quadro 2.3: Organização das aulas ministradas nas oficinas	47
Quadro 4.1: Síntese das categorias, subcategorias e unidades de análise, obtidas por meio dos depoimentos dos estudantes entrevistados	76
Quadro 4.2: Subcategorias e unidades de análise, obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação aos aspectos afetivos com a Física	77
Quadro 4.3: Subcategorias e unidades de análise, obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação aos conteúdos de Física presentes no cotidiano	83
Quadro 4.4: Subcategorias e unidades de análise, obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação às concepções do conteúdo de torque	91
Quadro 4.5: Subcategorias e unidades de análise, obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação ao envolvimento com a robótica educacional	98

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
 CAPÍTULO I	
1. 1 A construção do conhecimento	20
1. 2 Construcionismo	21
1.2.1 O Papel do Professor no Construcionismo	23
1.3 Robótica Educacional	24
1.3.1 Kits de robótica	26
1.4 Autômatos	30
1.5 A plataforma Arduino	31
1.5.1 A Plataforma Arduino e suas Aplicações no Ensino	34
1.6 Sensores e Atuadores	35
 CAPÍTULO II	
METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	40
2.1 Questões Norteadoras e Objetivos da Pesquisa	40
2.2 Atores Sociais Pesquisados	41
2.3 Descrições das Atividades	42
2.4 Coleta e Análise dos Dados	47
 CAPÍTULO III	
PRÁTICAS REALIZADAS PARA A CONSTRUÇÃO DO ROBÔ: REFLEXÕES ACERCA DE CADA ATIVIDADE	50
3.1 Primeira atividade: Concepções prévias	50
3.2 Segunda atividade: História da Robótica	53
3.3 Terceira atividade: Autômatos	55
3.4 Quarta atividade: Sensores	58
3.5 Quinta atividade: Circuitos elétricos	60
3.6 Sexta atividade: Motores	64
3.7 Sétima atividade: Construção da mecânica do robô inseto	66

3.8 Oitava atividade: Construção eletrônica do robô inseto	68
3.9 Nona atividade: Programação do robô inseto	71
3.10 Décima atividade: Teste do robô inseto	73

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
4.1 CATEGORIA 1: A RELAÇÃO AFETIVA COM A FÍSICA	77
4.1.1 Subcategoria: Distanciamento afetivo da disciplina de Física	77
4.1.2 Subcategoria: Aproximação afetiva da disciplina de Física	79
4.2 CATEGORIA 2: A PRESENÇA DE ASSUNTOS RELACIONADOS AOS CONTEÚDOS DE FÍSICA NO COTIDIANO DOS ESTUDANTES	83
4.2.1 Subcategoria: O interesse por assuntos pertinentes à Física	84
4.2.2 Subcategoria: Os meios de comunicação utilizados para buscar esses assuntos.....	85
4.2.3 Subcategoria: O interesse por assuntos pertinentes à Física após o Projeto de Robótica	87
4.2.4 Subcategoria: Mudanças de comportamento frente aos conteúdos de Física após o Projeto de Robótica	89
4.3 CATEGORIA 3: CONCEPÇÕES LEVANTADAS SOBRE O CONTEÚDO DE TORQUE	90
4.3.1 Subcategoria: Concepções prévias ao projeto de robótica	91
4.3.2 Subcategoria: Concepções posteriores ao projeto de robótica	95
4.4 CATEGORIA 4: O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES COM RELAÇÃO À ROBÓTICA EDUCACIONAL	98
4.4.1 Subcategoria: Fatores motivacionais para a participação do projeto de robótica	98
4.4.2 Subcategoria: Expectativas com relação ao projeto de robótica	100
4.4.3 Subcategoria: Percepções motivacionais, posteriores à realização do projeto de robótica	102
4.4.4 – Subcategoria: Fatores influentes na formação dos estudantes	104

CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
APÊNDICES	117
Apêndice 1 – Sequência Didática	118
Apêndice 2 – Roteiro da Entrevista Inicial	128
Apêndice 3 – Roteiro da Entrevista Final	130
ANEXOS	132
Anexo 1 – Material dos Autômatos	133
Anexo 2 – Material do Circuito Elétrico Simples	136
Anexo 3 – Folha de dados (Datasheet) do circuito integrado 7806	138
Anexo 4 – Folha de dados (Datasheet) do transistor TIP 122	145
Anexo 5 – Código-fonte do Programa Elaborado para controle do Robô	147
Anexo 6 – Código-fonte do programa de calibração dos servos	150

INTRODUÇÃO

Ao observar a literatura, percebemos que grande parte dos trabalhos que envolvem a Física e a Matemática prioriza tratar apenas os aspectos cognitivos (VILLANI; CABRAL, 1997). No entanto, a componente curricular de Física produz nos estudantes reações carregadas de emoções positivas e, muitas vezes, negativas (CUSTÓDIO; PIETROCOLA e CRUZ, 2013).

Para Villani (1984), nos moldes atuais de ensino, ao preparar uma aula, o docente considera que seus alunos estejam completamente despreparados frente ao conteúdo ensinado ou que, no máximo, os aprendizes possuam informações distorcidas sobre o assunto. Ainda o mesmo autor nos aponta que “[...] existe um abismo entre o conteúdo ensinado e o que foi aprendido” (VILLANI, 1984 p.77).

A Física influencia a atual interpretação do mundo, condicionando formas de pensar e agir. Os Parâmetros Curriculares Nacionais indicam a necessidade de firmar competências durante os estudos físicos no Ensino Médio para permitir, ao educando, desenvolver tais habilidades (BRASIL, 2002).

Tratando-se da caracterização da sociedade atual, Straubhaar (1995, p. 26) diz que a sociedade da informação representa “[...] aquela na qual produção, processamento e distribuição de informação são as atividades econômica e social primárias”. Ainda, segundo Straubhaar (1995), podemos interpretar a Sociedade da Informação como uma mudança das bases iniciais de produções agrária e industrial da sociedade para um processo de gestão do conhecimento. Portanto, a gestão do conhecimento é a fonte primária para o funcionamento da atual sociedade (SQUIRRA, 2005, p.261). Contudo, o ensino de Ciências Físicas não consegue acompanhar o dinamismo apresentado pelas instituições sociais, conforme percebemos na fala a seguir:

Os sistemas educacionais têm sido profundamente questionados por não buscarem fundamentos que possibilitem a efetivação da formação necessária às novas competências para o cidadão planetário. O desafio da universalização do ensino e da formação continuada impõe um raciocínio que, a meu ver, não aborda a questão por uma via aceitável (PRETTO, 2002, p.23).

Uma pesquisa realizada em 1987 pela OCDE (Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico) já indicava que as instituições de ensino deveriam primar por oferecer formação aos jovens por meio de experiências pedagógicas que os submetessem a adquirir flexibilidade para o desenvolvimento e motivação individual frente às mudanças da sociedade (SANTOS, 1997). De outro modo, podemos perceber a necessidade de que o

sistema educacional proporcione a valorização e a busca de competências que o aluno deseja, pois o desejar depende muito dessa flexibilização (PRETTO, 2002).

Alguns autores, como Werthein (2000), que analisam os impactos das TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) na sociedade, descrevem que os efeitos das novas tecnologias apresentam alta penetrabilidade nas atividades sociais devido ao fato de a informação ser parte integrante de todas as atividades humanas. Tanto de maneira individual quanto de modo coletivo, essas atividades são afetadas diretamente pela utilização dessas novas tecnologias.

Por conseguinte, verificamos a expansão da utilização de novas tecnologias, também no ensino, como ferramenta facilitadora à aprendizagem, conforme apontam Leal *et. al.*(2010, p. 3) no excerto abaixo:

A preparação dos alunos para a nossa sociedade da informação e comunicação preconiza a utilização de computadores, de redes e da internet nas escolas e em casa, particularmente nos processos de ensino/aprendizagem, envolvendo, de forma direta e profunda, os professores na promoção e desenvolvimento desses processos.

Entretanto, ainda há muito a se estudar quanto à metodologia de utilização de tais ferramentas como elementos de apoio ao docente, pois a utilização de uma nova ferramenta não implica novas oportunidades de ensino e de aprendizagem. Werthein (2000, p. 77) expressa seu pensamento sobre tal situação:

Será essencial identificar o papel que essas novas tecnologias podem desempenhar no processo de desenvolvimento educacional e, isso posto, resolver como utilizá-las de forma a facilitar uma efetiva aceleração do processo em direção a educação para todos, ao longo da vida, com qualidade e garantia de diversidade.

A componente curricular de Física do Ensino Médio tem a potencialidade de fomentar no educando a busca pela compreensão do funcionamento das tecnologias que o cercam. Segundo Roberts (2004), essa disciplina deve promover no educando a aptidão para não apenas conseguir interpretar e resolver problemas sobre aspectos matemáticos associados a situações conceituais físicas ideais, todavia necessita desenvolver habilidades e competências que integrem o educando na sociedade atual.

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o aprendiz da disciplina Física precisa aprender não somente os saberes teóricos concernentes à disciplina como também reconhecer os fenômenos naturais e avanços tecnológicos e interagir com e por meio

deles. Assim, o educando deve obter a percepção com relação à aplicação dos conhecimentos físicos no mundo real que os cerca (SILVA, 2012).

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante (BRASIL, 2002, p.2).

Dentre as ferramentas pedagógicas que podem ser aplicadas ao ensino das Ciências, a que motiva este projeto é a Robótica Educacional. Conforme alguns autores apontam, a Robótica Educacional busca principalmente promover o estudo de conceitos multidisciplinares. Por meio de atividades propostas que estimulam a criatividade e a inteligência, incentivando a participação e a interação dos alunos, é possível explorar alguns aspectos de pesquisa, construção e automação. Esperamos também, por meio da inclusão dessa ferramenta de ensino, motivar o aluno a interagir e desfrutar desse diferencial em seu aprendizado, por meio de respostas empíricas sobre as ações desenvolvidas, de forma prática (DELFINO et al, 2013).

A robótica, como ferramenta educacional, tende a motivar os alunos, expandindo seus horizontes imaginativos, permitindo que seus limites de compreensão e associações possam ser elevados a níveis superiores. Atualmente, são diversas as ferramentas computacionais e de montagens mecânicas que permitem a construção e desenvolvimento de sistemas robotizados. Com essa estrutura teórica reconhecida, há como questão problema: *A robótica utilizada como um recurso didático pode favorecer a afetividade e a aprendizagem de alunos do segundo ano do Ensino Médio frente ao conteúdo de torque na componente curricular de Física?* Assim, buscamos compreender, a partir da análise do ensino do conceito físico de torque, em que a robótica educacional pode contribuir para a uma aproximação afetiva dos estudantes com a disciplina de Física e até que ponto essa aproximação afetiva favorece a aprendizagem dos conceitos físicos.

A opção em desenvolver este estudo com alunos do segundo ano do Ensino Médio deu-se pelo fato de serem estudantes que já tiveram contato com a componente curricular de Física, portanto, já possuíam opiniões a respeito da mesma, e também para colaborar na formação desses, pois ainda esses discentes terão certo caminhar com a Física. A abordagem do conteúdo de torque acreditamos ser muito importante, pois na maioria das vezes os professores encontram muitas dificuldades em trabalhar esse conteúdo e o mesmo faz parte dos trabalhos relativos à robótica, principalmente, ao se tratar de motores.

No primeiro capítulo, realizamos um recorte na teoria construcionista, a qual ampara estes estudos, pois fornece subsídios para elaborar situações que propiciem o processo de aprendizagem, bem como as contribuições de Seymour Papert. Em seguida, tratamos de informações pertinentes às realizações deste trabalho, como a plataforma de desenvolvimento livre Arduino, sensores para percepção de estímulos do ambiente, motores e aplicações em robótica educacional.

No capítulo 2 é tratado o percurso metodológico da pesquisa, de cunho qualitativo. Neste capítulo, descrevemos o contexto em que a pesquisa foi realizada, caracterizando os sujeitos envolvidos na investigação e apresentando os instrumentos utilizados para coleta de dados e a ferramenta utilizada no processo de análise destes.

Apresentamos no capítulo 3 o formato de como ocorreram as aplicações das atividades realizadas durante a pesquisa bem como o envolvimento dos alunos nessas atividades, descrito por meio da transcrição de algumas falas durante o desenvolvimento do projeto de robótica.

No quarto capítulo, fundamentando-nos nos aspectos teóricos apresentados no capítulo 2, realizamos análises das entrevistas efetuadas junto aos estudantes, orientando nas características de análise de conteúdo de Bardin, referencial este escolhido para estas análises.

Por fim, discorreremos nossas considerações finais, admitindo o potencial das pesquisas acerca da robótica educacional de baixo custo para se desenvolver atividades didáticas favoráveis à aprendizagem de Física e dessa forma contribuir com o Ensino de Ciências.

CAPÍTULO I

É conhecido que a utilização de recursos didáticos em sala de aula pode produzir avanços no processo de ensino e aprendizagem. Quando se faz um apanhado na literatura, encontramos muitos trabalhos que defendem a utilização de recursos tecnológicos para o ensino, principalmente no ensino de Ciências (GIANOTTO e DINIZ, 2010; CAVALCANTE et. al.,2011). Neste capítulo, realizaremos um estudo da teoria que orienta metodologicamente este trabalho, o construcionismo. Bem como faremos um estudo a respeito do recurso proposto neste estudo, a robótica educacional, e os dispositivos que fazem parte desse processo. Principalmente como diferencial deste trabalho, propomos o uso da plataforma de hardware livre Arduino, que permite liberdade quanto às ações a serem desenvolvidas.

1. 1 A construção do conhecimento

A prática docente, em muitas situações, se limita em apresentar resultados de pesquisas científicas ou metodológicas e replicá-los no ambiente escolar, como apresentado por Becker (2012), deixando de lado o fator mais importante desses resultados, a metodologia que conduziu a esse fim. Dessa forma, para entendermos esse outro lado, é preciso “aprender a aprender”, entender como o aluno aprende os conceitos e conteúdos discutidos em sala de aula (BECKER, 2012).

Compreender como acontece a construção do conhecimento é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem. Conhecendo esse processo de construção, percebe-se que a aprendizagem humana não acontece somente por influências hereditárias ou sociais, mas principalmente pela ação do sujeito.

Piaget (1977, p.88) argumenta que “[...] para apresentar uma noção adequada de aprendizagem, é necessário explicar primeiro como o sujeito consegue construir e inventar, e não apenas como ele repete e copia”. Portanto, a construção do conhecimento se faz não no objeto e não no sujeito, mas na interação que acontece entre os dois. Para Piaget, nessa construção não se pode separar o fator cognitivo do fator afetivo:

[...] um esquema de assimilação comporta uma estrutura (aspecto cognitivo) e uma dinâmica (aspecto afetivo), mas sob formas inseparáveis e indissociáveis. Não nos é, pois, necessário, para explicar a aprendizagem, recorrer a fatores separados de motivação, não porque eles não intervenham [...], mas porque estão incluídos desde o começo na concepção global da assimilação. (Piaget apud Becker, 2012, p. 39)

Dessa forma, para que haja essa interação, é necessário um fator motivacional. Becker (2012) expõe que o que impulsiona a ação é a afetividade.

1.2 Construcionismo

O termo construcionismo, segundo Penati e Altoé (2005), tem sua definição como a construção do conhecimento dos estudantes por meio do uso de computadores. Seymour Papert foi o pioneiro na proposta da inclusão de computadores na educação, ele baseou sua teoria nos pressupostos do construtivismo de Jean Piaget (PENATI; ALTOÉ, 2005).

Papert apresenta o conceito construcionista como uma abordagem diferente das tradicionais existentes. Segundo o autor,

Um tema central da minha mensagem é que a tendência dominante a supervalorizar o abstrato é um sério obstáculo ao progresso na educação. Uma das várias formas pelas quais minha concepção de que aprender pode tornar-se muito diferente é que isso poderá acontecer por uma inversão epistemológica para formas mais concretas de conhecer – **uma inversão da ideia tradicional de que o progresso intelectual consiste em passar do concreto para o abstrato.** (2005, p. 133) grifo nosso.

Essa inversão, dita pelo autor, se refere não somente aos conteúdos ministrados em sala de aula, mas também aos métodos e abordagens metodológicas utilizados pelos educadores. Segundo Penati e Altoé (2005, p. 59), “[...] o construcionismo busca meios de aprendizagem que valorizem a construção das estruturas cognitivas do sujeito a partir de suas ações, apoiada em suas próprias construções de mundo”.

Na educação tradicional, apresentam-se conceitos que se consideram importantes para o estudante saber; já a teoria construcionista parte da premissa de que o aluno constrói o conhecimento de que precisa, a partir de estímulos. Portanto, se prezam a importância da didática utilizada em sala de aula e os instrumentos didáticos a serem também utilizados.

Podemos fazer um contraponto ao instrucionismo, em que o computador é tido como uma máquina de ensinar, reproduzindo a forma escolar tradicional de ensino, substituindo apenas o professor pelo computador. Nessa situação, o estudante é um espectador e o computador apenas responde a questionamentos do conteúdo tratado. Dentro dessa abordagem, enquadram-se os softwares de tutoriais, exercício e prática, jogos educacionais e simuladores (Valente 1993).

A Figura 1.1 representa as duas formas de abordagem da utilização de computadores na educação, a instrucionista e a construcionista.



Fonte: LIMA, 2009, p. 35.

Segundo Valente (1993, p. 12), a diferença entre o instrucionismo e o construcionismo se deve ao fato de que nessa segunda modalidade “[...] o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, a aprendizagem ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por meio do computador”.

O ambiente de aprendizagem na teoria construcionista é composto por aprendizes, computadores e o professor, sendo o computador um mediador capaz de permitir a interação entre a informação e o desenvolvimento da autonomia do aluno. O professor, por sua vez, nesse ambiente, é um ator que facilita e orienta essa interação. Tal teoria é condizente com a estrutura complexa da sociedade atual, na qual os aprendizes não devem apenas assimilar um conteúdo, porém devem se apropriar de técnicas de aprendizado constante que é o que se espera com o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

O construcionismo, portanto, possui, como sua principal característica, a construção do conhecimento apoiada na construção do “mundo”. De acordo com Papert (2008, p. 137), esse “mundo” pode ser “[...] um castelo de areia ou uma torta, uma casa *Lego* ou uma empresa, um programa de computador, um poema ou uma teoria do universo”. Dessa maneira, o paradigma construtivista visa estabelecer uma nova abordagem no processo de aprendizagem, isto é, o foco deixa de ser a preocupação com o ensino e passa a se centralizar em como o aluno aprende.

Sendo assim, o computador é uma ferramenta para a aprendizagem (PENATI; ALTOÉ, 2005). A teoria proposta por Papert visa possibilitar que o aprendiz construa seu conhecimento em um ambiente que possa favorecer sua autonomia, refletindo em cada situação vivenciada que será necessário ultrapassar.

Valente (1998, p.6) aponta que “[...] o envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa”. O mesmo autor levanta duas questões importantes presentes no construcionismo. A primeira é que o aprendiz realmente constrói seu objeto, isto é, ele “coloca a mão na massa”, e a segunda é que a construção se dá por meio de um elemento motivador e de seu interesse, portanto, o estudante se envolve com maior profundidade na situação vivenciada. Essa imersão na atividade de construção permite maior envolvimento com o tema, estreitando a relação afetiva com os conteúdos.

1.2.1 O Papel do Professor no Construcionismo

Nas atividades que envolvem o uso de meios tecnológicos para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, entender o papel do professor é de suma importância. Para Lima (2009), os profissionais que fazem parte desse contexto não devem estar somente preparados tecnicamente, mas principalmente desenvolver habilidades pedagógicas. Assim, o uso de ferramentas como o computador se tornará realmente de valia para o ensino.

Seguindo os pressupostos construcionistas, o papel do professor é claro: “a meta é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo ensino” (PAPERT, 2008, p.134). Ao se referir a essa abordagem do “mínimo ensino”, Papert expressa a necessidade de o professor fornecer orientações aos alunos de forma que os mesmos possam construir o conhecimento e estes não o adquiram como se fosse algo que já estivesse pronto e acabado.

Almeida assegura que

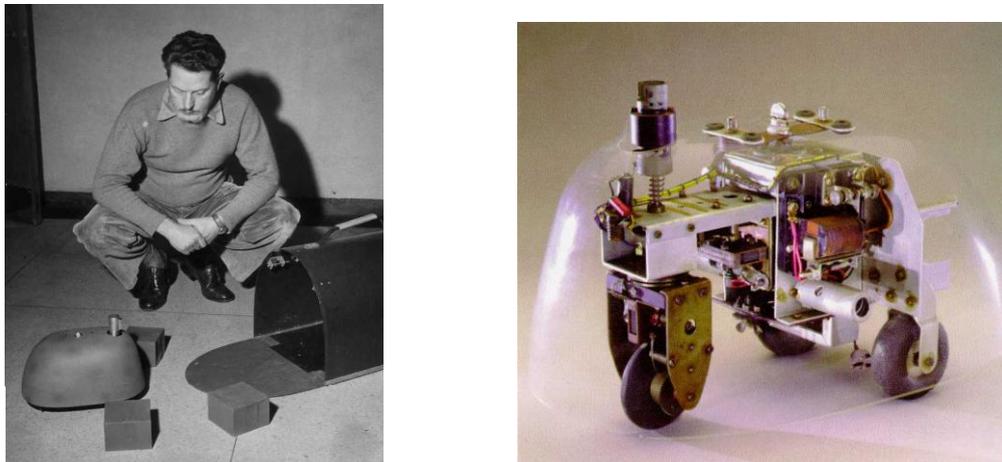
“Na abordagem construcionista cabe ao professor promover a aprendizagem do aluno, para que ele possa construir o seu conhecimento num ambiente que o desafia e o motiva para a exploração, a reflexão, a depuração de ideias e a descoberta de conceitos envolvidos nos problemas que permeiam seu contexto.” (ALMEIDA, 1996, p.49)

Dessa forma, as atitudes do professor devem estar pautadas em promover situações que possam motivar os alunos a se identificarem com o saber e perceber a necessidade deste nas ações decorridas em sala de aula, favorecendo, assim, a construção desse saber.

1.3 Robótica Educacional

Essa área de estudos surge com os trabalhos de William Grey Walter (1910-1977), neurofisiologista e roboticista, que desenvolveu, em meados de 1948, robôs com capacidade neurológica equivalente a dois neurônios. Esses robôs eram denominados de *Machina Spetaculatrix* e possuíam a capacidade de se mover pelo ambiente ao qual estavam imersos, reconhecendo fontes de luz visível. A partir das observações realizadas por Walter, foi possível verificar que comportamentos complexos poderiam emergir de estruturas fisicamente simples.

Figura 1.2: À esquerda, William Grey e sua criação; à direita, o robô Elsie.



Fonte: www.extremenxt.com/walter.htm

Dentre as ferramentas pedagógicas que podem ser aplicadas ao ensino das Ciências, a que motiva este projeto é a Robótica Educacional. O grande idealizador da ideia de que os computadores podem auxiliar os estudantes na aprendizagem é o sul-africano Seymour Papert. Papert iniciou seus trabalhos na área de robótica educacional ainda na década de 1960, envolvendo-se com os projetos LOGO¹ e LEGO², originando o construcionismo, conforme o texto supracitado, sendo essa ideia influenciada por sua relação com Jean Piaget entre 1958 a 1963 na Universidade de Genebra (PINTO, 2011).

¹ LOGO é uma linguagem de programação voltada para o ambiente educacional. A linguagem LOGO foi desenvolvida na década de 60 no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos - pelo matemático **Seymour Papert**. Informação disponível em: <http://algol.dcc.ufla.br/~bruno/wxlogo/docs/oquee.html> na data: 20/06/2013.

² Lego é uma empresa dinamarquesa que produz blocos de montar utilizados em diversos projetos de robótica educacional. Informação disponível em: <http://aboutus.lego.com/es-ar/default.aspx> data: 20/06/2013.

Papert apresenta muitas justificativas com relação à inclusão de tecnologias na educação. Segundo o autor,

A mesma revolução tecnológica responsável pela forte necessidade de aprender melhor também oferece os meios para adotar ações efetivas. As tecnologias da informação, da televisão aos computadores e suas combinações, abrem oportunidades sem precedentes para ação, a fim de melhorar a qualidade do ambiente de aprendizagem, entendido como todo o conjunto de condições que contribuem para moldar a aprendizagem no trabalho, na escola e no lazer. (PAPERT, 2005, p.14).

É visível que esta geração atual possui contato íntimo com os meios tecnológicos. Até mesmo a linguagem cotidiana está sendo alterada devido ao uso de ferramentas como o videogame, eletrodomésticos inteligentes, jogos em geral e principalmente redes sociais.

A nomenclatura robô tem sua origem com Karel Capek, um novelista e escritor teatral tcheco. Em 1920, Capek utilizou a palavra “robot” (serviço compulsório, atividade forçada) que em inglês originou a palavra “robot” e, com a tradução para o português, se tem o termo “robô” (GROOVER, 1988). A ficção científica foi o maior divulgador da robótica, principalmente interagindo com o imaginário das pessoas e apresentando robôs humanoides, que são máquinas com aspectos humanos. No entanto, a indústria se preocupava em construir robôs que pudessem executar tarefas para as quais os humanos enfrentavam dificuldades ou até mesmo que eram impossíveis de um humano executar. Contudo, esses dispositivos robóticos se limitavam em executar apenas o que lhes fora programado.

Encontramos na literatura muitas fontes que apresentam definição para o termo robô. Destacamos a definição de Ulrich (1987, p.5, grifo nosso), que explica que robô é “ [...] um equipamento **multifuncional** e **reprogramável**, projetado para movimentar materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados por meio de movimentos variáveis e programados, para a execução de uma infinidade de tarefas.” Destacamos, quando o autor se refere a multifuncional, pois o robô pode executar diferentes tipos de tarefas, dependendo de sua programação.

Entre as aplicações da robótica, uma que tem se destacado é a produção de autômatos para a utilização doméstica. Principalmente o desenvolvimento na área de entretenimento, que consegue envolver, sobretudo, as crianças, adolescentes e jovens, por meio de sistemas de alta interatividade que promove a imersão desses na realidade do robô, seja uma estrutura virtual ou uma estrutura fisicamente palpável, como o caso do brinquedo Furby³, da Hasbro.

³ **Furby** é um brinquedo eletrônico comercializado pela Tiger Electronics, com sucesso de vendas no período de seu lançamento, no final da década de 1980 e voltou ao mercado em 2012. Informação disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Furby> data: 01/10/2012.

Zilli (2004, p.40) apresenta alguns objetivos da robótica educacional e algumas habilidades que podem ser desenvolvidas com esse tipo de projeto. Dentre elas, destacamos: “[...] raciocínio lógico [...] relações interpessoais e intrapessoais [...] utilização da criatividade em diferentes situações; capacidade crítica”. Todas essas habilidades podem ser alcançadas desde que haja um planejamento e uma utilização metodológica adequada.

As condições de contorno apresentadas em cada projeto tendem a selecionar quais os conteúdos ou tópicos disciplinares que deverão ser apreendidos a partir da intervenção de cada projeto (GODOFREDO, ROMANO E ZILLI, 2001).

A escolha de equipamentos adequados que favoreçam a aplicação de projetos de robótica é de fundamental importância. É necessário que esses equipamentos favoreçam “[...] o contato dos alunos com planejamento, construção e controle dos robôs” (SILVA, 2009, p.34). Atualmente existe grande variedade de produtos de robótica com o intuito de aplicação pedagógica. Esses produtos são denominados *kits* de robótica educacional. A maioria dos *kits* disponíveis no mercado apresenta qualidade estética e se propõe a inovar o processo de ensino e aprendizagem. Contudo, incipiente é o acompanhamento metodológico proposto pelos *kits* comerciais, tornando o investimento nesses, que geralmente é de alta monta, um grande risco para as instituições educacionais que os adotam. Haja vista que em diversos casos o desconhecimento do professorado acerca da metodologia e da intenção inerente a cada *kit* não conduz à utilização do mesmo a uma certeza de boa qualidade de ensino, o que muitas vezes produz reversão na utilização da robótica educacional pelas escolas. A seguir, listam-se alguns dos *kits* disponíveis no mercado no momento desta pesquisa.

1.3.1 Kits de robótica

Lego Mindstorms

A linha Mindstorms combina um computador no qual está instalado um programa de controle com ambiente de programação e uma interface física, dependendo da versão, com motores elétricos, sensores e peças como engrenagens, eixos, vigas de encaixe, polias, rosca sem fim, cremalheiras, dentre outros. O *kit* padrão tem cerca de 1.000 peças LEGO, incluindo a interface física, um transmissor infravermelho para o envio de programas para os robôs, um CD-ROM do *software* Mindstorms, um guia do construtor, motores, sensores e várias outras peças, tais como conectores, rodas, pneus e outras. O Lego Mindstorms é um dos *kits* de robótica mais conhecidos (SILVA, 2009).

Figura 1.3 : Kit Lego mindstorms RCX.



Fonte: <http://mindstorms.lego.com/en-us/default.aspx>

Kits da Fischertechnik

A Fischertechnik (<http://www.fischertechnik.de/en/index.aspx>) é uma empresa alemã. Os *kits* de montagem incluem sistemas eletromecânicos que podem ser motorizados, automatizados e controlados pelo computador, podendo ser utilizados a partir da fase inicial de escolaridade. No Brasil, a empresa que a representa é a Nektechnik - Tecnologia Educacional (<http://www.nektechnik.com.br/>) (SILVA, 2009).

Figura 1.4 : Material da Fischertechnik.

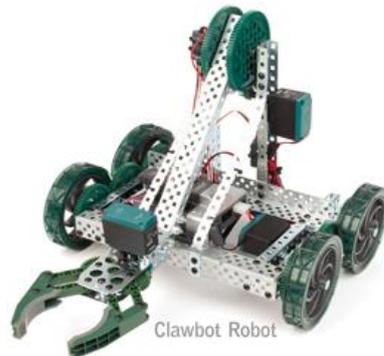


Fonte: <http://www.fischertechnik.de/en/Home/products.aspx>

Vex Robotics Design System

O Vex Robotics Design System é desenvolvido pela empresa americana *Innovation First Inc.* O *kit* é destinado a introduzir estudantes no mundo da robótica e vem com o microcontrolador, diversos sensores, três motores elétricos e um servo-motor, rodas, artes e peças estruturais (SILVA, 2009).

Figura 1.5 : Robô desenvolvido com material da Vex Robotics Design System.



Fonte: <http://content.vexrobotics.com/docs/VEXCC-E-0908LR.pdf>

Kit da Edutec

A *Edutec - Tecnologia na Educação* é uma empresa de Informática Educacional. A Edutec conta com um *kit* de robótica e um software (GDR) que permite programação e o controle de movimentos de protótipos por meio do computador. O *kit* é composto por uma placa de robótica, fonte de alimentação, motor de passo, motor de giro, luzes (*leds*) e sirene (SILVA, 2009).

Figura 1.6 : Robô desenvolvido com material da Edutec.



Fonte: http://www.edutec.net.br/?secao=77442&categoria=91550&id_noticia=267508&hide_id=1

Robokit

O Robokit é desenvolvido pela IMPLY⁴ em parceria com o curso de Licenciatura em Computação, da Universidade de Santa Cruz do Sul (Unisc). Segundo a empresa, o *kit* permite o desenvolvimento de diversos projetos e atividades, como a montagem de maquetes,

⁴ <http://www.imply.com.br/>

elaboração de inventos, jogos que envolvem o conteúdo curricular ou criação de obras artísticas e criativas. É possível criar sons, repetir comandos e elaborar procedimentos. Uma programação simples no teclado controla os motores e os *leds*.

Figura 1.7 : Kit de Robótica Robokit.



Fonte: <http://www.imply.com.br/pgs-inform/prtedu-robokit.htm>

Curumim

O Curumim é um robô móvel, desenvolvido pela Xbot. O *kit* Curumim é constituído de uma plataforma robótica e um ambiente para programação de robôs que foram criados com o objetivo de promover o desenvolvimento educacional e o aprendizado de conceitos técnicos nas áreas de lógica digital, controle, programação e robótica para alunos do Ensino Médio e cursos técnicos. O sistema Curumim inclui, além de um robô móvel, uma estrutura interna com um circuito de recepção e emissão de sinais de rádio, um carregador de baterias, duas baterias de 15 Volts, um transmissor e receptor de vídeo e o software para a programação das ações a serem realizadas por esse robô (SILVA, 2009).

Figura 1.8 : Robô móvel desenvolvido pela Curumim.

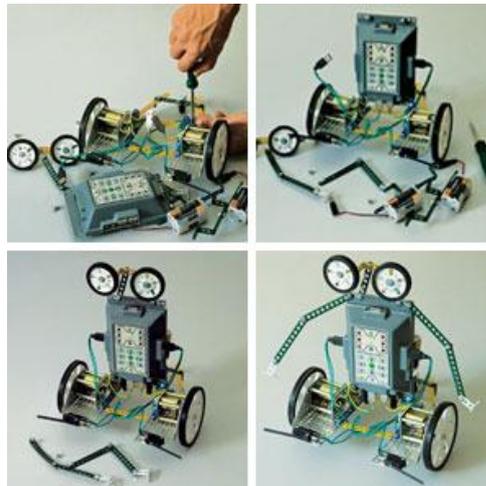


Fonte: <http://www.xbot.com.br/educacional/curumim/>

Kit Alfa EDUC

É desenvolvido pela empresa brasileira PNCA Robótica e Eletrônica. Segundo informações obtidas no sítio da empresa⁵, é ideal para iniciar o trabalho na robótica e na mecatrônica. Com ele, pode-se projetar, construir e programar robôs e dispositivos mecatrônicos. É constituído de um módulo de controle MC 2.5, um programa, dois sensores de luz, dois sensores de contato, dois sensores de faixa, um sensor de temperatura, um sensor de cor, um sensor de infravermelho, um cabo USB, dois motores com redução, duas bases para os motores, rodas de diferentes tamanhos, uma roda livre, um servo-motor, peças estruturais metálicas para montagem com furos com espaçamento padrão e que podem ser conectadas com parafusos e porcas fornecidos com o *kit* (SILVA, 2009).

Figura 1.9: Kit Alfa Educ.



Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2008/02/01/alfabetizacao-tecnologica/>

1.4 Autômatos

Existe um pequeno conflito quando nos referimos aos termos robótica e autômatos. Isso se deve pelo fato de a evolução tecnológica ter tomado conta do cotidiano e muitas vezes acabamos não percebendo que se está cercado por autômatos. A presença desses dispositivos facilita tarefas diárias, desde caixas eletrônicas nos bancos bem como uma cafeteira elétrica em residências.

Os autômatos, que também são conhecidos por “máquinas”, são equipamentos eletrônicos programáveis com um funcionamento cíclico. Mesmo antes de aparecerem os

⁵ <http://www.pnca.com.br/>

primeiros computadores, já se conheciam aplicações de autômatos. Durante os anos 1860 a 1910 muitos construtores de autômatos os apresentavam em performances teatrais. Dentre os autômatos de tempos remotos mais discutidos, podemos citar o pato digestor, construído por Jacques de Vaucanson. Esse autômato tinha a capacidade de imitar as ações de uma ave, incluindo se alimentar e digerir a comida antes de defecá-la. A Figura 1.10 ilustra esse autômato.

Figura 1.10: O Pato Digestor de Vaucanson.



Fonte: http://www.tourisme-animation.fr/VisuAnnonce.php?ID_annonce_visu=130320

É importante levar esse tipo de discussão em sala de aula, para induzir os estudantes à reflexão desses dispositivos presentes em nosso cotidiano bem como de seu funcionamento que nos conduz a entender a ação dos robôs. Nem todo robô é um autômato, porém, todo autômato é um robô, isso justifica a necessidade de se discutir autômatos neste trabalho, pois se pretende construir robôs com reações pré-estabelecidas a partir de sua programação.

1.5 A plataforma Arduino

A inserção da robótica no ensino toma maior amplitude quando a utilização passa a acontecer com tecnologias livres, software ou hardware. Um dos fatores que leva à escolha pelas tecnologias livres em projetos de robótica educacional é o custo extremamente baixo, comparado ao das plataformas comerciais. A plataforma de hardware e software adotada neste projeto é Arduino. Plataforma esta desenvolvida por Massimo Banzi em 2005, completamente

livre. A documentação para construção e operação encontra-se disponível em sítios de comunidades de programadores na internet⁶.

A ideia fundamental dos idealizadores dessa plataforma era propiciar que pessoas com o mínimo de conhecimento em eletrônica e programação conseguissem desenvolver projetos automatizados e que respondessem a diferentes sensores. Desta forma, se possibilita o fato de não existir um caminho único para a solução de um problema, mas que a conversão de materiais em outros materiais, por meio da ação de construção e reconstrução, deve permitir o desenvolvimento de uma estrutura de conhecimentos únicos, por parte do aprendiz, que nesse momento, deve se portar como um “pesquisador” que busca a melhor forma de obter o resultado esperado a partir da sua criatividade e imaginação.

A plataforma de desenvolvimento Arduino é constituída por duas partes: uma placa de interface com um microcontrolador programável em linguagem Arduino que é baseada em programação Wiring⁷; e um ambiente de programação baseado nas linguagens Processing⁸ e C, o que torna os programas desenvolvidos nessa linguagem livres de patentes e restrições comerciais. Além da interface de programação, a plataforma utiliza uma placa de circuito, ou placa de controle, também projetada seguindo a filosofia de criação coletiva, de modo a impedir restrições comerciais. A única restrição é que cada novo modelo de placa deve possuir uma denominação diferente da original, permitindo, assim, creditar, aos inovadores, as modificações realizadas, garantindo, aos fundadores, a originalidade do hardware - esse é o preceito de hardware livre.

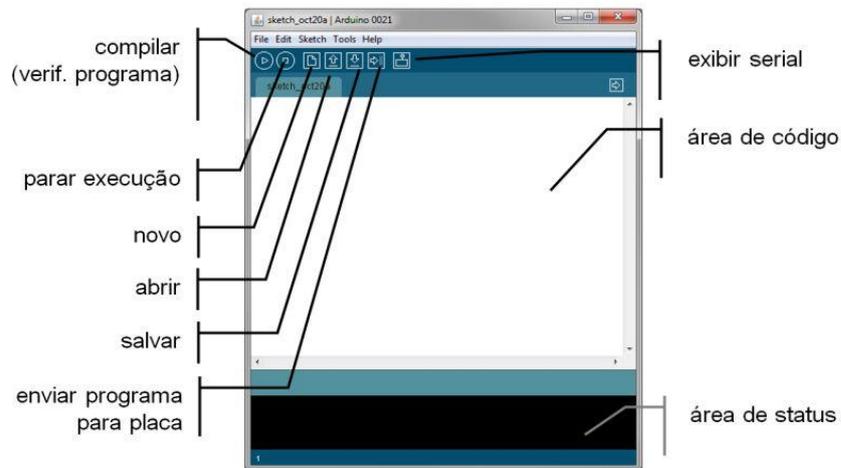
A placa de circuito dessa plataforma é um computador físico, ou seja, permite que sinais elétricos, advindos de interações com o mundo real, sejam convertidos em informações digitais e, assim, processados por uma unidade lógica programável, a partir desse processamento, emitir sinais elétricos com a intenção de controlar dispositivos atuadores.

⁶ <http://arduino.cc/>

⁷ O projeto Wiring foi desenvolvido por Hernando Barragán no Interaction Design Institute Ivrea na Itália, ele permite escrever programas para controlar aparelhos conectados a ele.

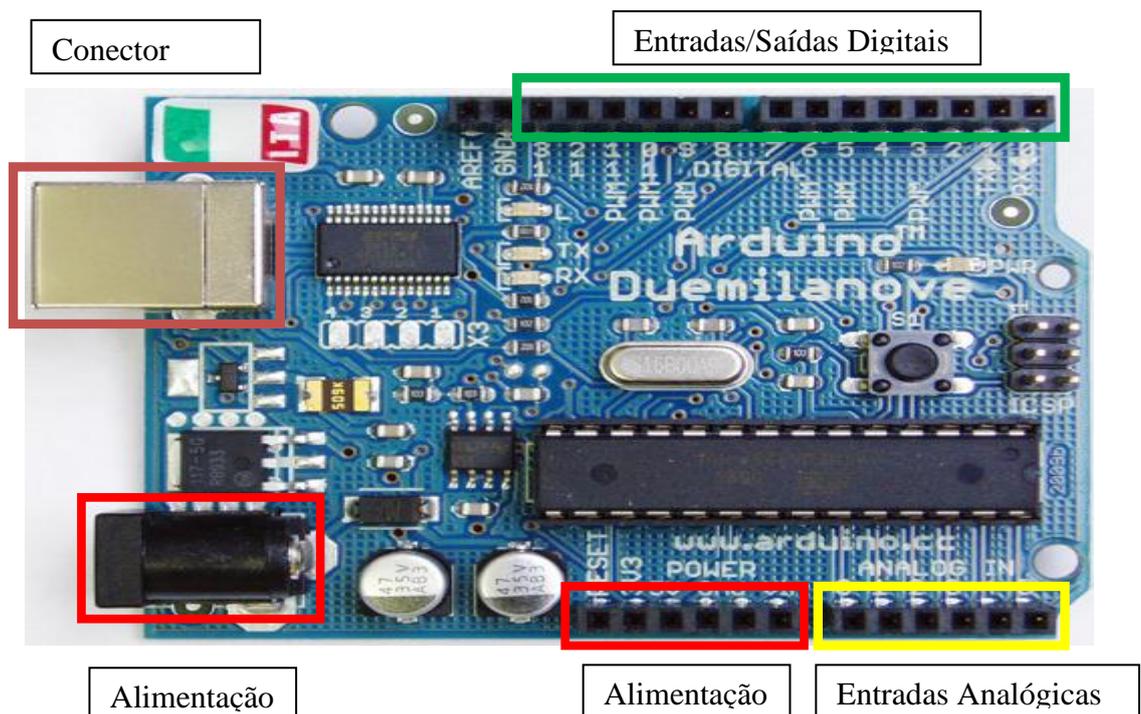
⁸ É uma linguagem de programação de código aberto desenvolvido por Casey Reas e Ben Fry. Um dos objetivos do Processing é atuar como uma ferramenta para não programadores através da satisfação imediata com um retorno visual.

Figura 1.11: Imagem da tela da interface de desenvolvimento (IDE) da plataforma Arduino versão 0021.



O principal componente dessa estrutura é o microcontrolador ATMEGA 328, produzido pela empresa ATMEL. Um microcontrolador é um dispositivo eletrônico, constituído por uma única pastilha de silício que contém todos os elementos necessários para a realização de processamento como um computador convencional. Estão presentes, portanto, nesse microcontrolador, uma unidade lógica aritmética, unidade de memória de longo prazo e unidade de memória de acesso aleatório. Ainda na estrutura de um microcontrolador se inclui um sistema de controle de periféricos com a finalidade de permitir o controle de sinais elétricos de entrada e saída para comunicação com o mundo físico.

Figura 1.12: Descrição das conexões elétricas do Arduino Duemilanove.



Neste trabalho, utilizou-se a plataforma Arduino com a interface de programação versão 1.0.3. Como computador físico, foi empregada uma placa Arduino Duemillanove com processador ATMEGA 328. Esta placa permite a conexão de até 14 sinais digitais, como entrada ou saída, e ainda é capaz de ler seis sinais analógicos de entrada. A imagem acima apresenta a descrição dos pinos de conexão com a placa Arduino Duemillanove.

1.5.1 A Plataforma Arduino e suas Aplicações no Ensino

Os avanços tecnológicos, percebidos pela sociedade, também têm impactado o ambiente escolar. Essas modificações nos processos de interações sociais contribuíram para reflexões sobre a inclusão de dispositivos tecnologicamente avançados em ambientes escolares (GIRAFFA, 2013). Considerando esse processo de evolução, o professor italiano, Massimo Banzi, procurou um modo de permitir que alunos sem conhecimento profundo de eletrônica e programação fossem capazes de construir instalações interativas. Assim, surgia a plataforma de prototipagem Arduino, fundamentada nas regras de hardware livre e software livre, uma ferramenta produzida para permitir o desenvolvimento de atividades diversas, associadas à programação e montagens de hardware de fácil adaptação (MARGOLIS, 2012).

As origens da plataforma Arduino foram próximas do ensino, e atualmente há uma movimentação em praticamente todos os continentes para se aplicar tal plataforma como elemento facilitador para atividades de ensino. Um exemplo é o patrocínio da empresa americana Google que, por meio da fundação inglesa *Teach First*, apoiou a aquisição de equipamentos e treinamento de professores para utilizar o Arduino como material didático para promover a inclusão de novas tecnologias no ensino de ciências no Reino Unido (BBC, 2012). Outra iniciativa de empresa do setor tecnológico, com a intenção de aumentar a proximidade de escolas e a plataforma Arduino, é o interesse da empresa americana Intel que desenvolveu uma família de microprocessadores (Quark) principalmente para a aplicação na plataforma Arduino. Dando origem à placa de prototipagem Galileo, segundo dados da empresa, serão doadas 50.000 unidades dessa placa para universidades por todo o mundo, desde que essas instituições de ensino estejam dispostas a produzirem projetos educacionais que envolvam tais dispositivos.

Pesquisadores brasileiros têm despontado nessa área de inclusão de atividades experimentais com o Arduino para facilitar o ensino de programação, matemática, engenharia

e principalmente Física. Segundo Souza *et. al.* (2011, p. 2), “Essa malha internacional, muito cooperativa, de usuários é um fato muito auspicioso para os iniciantes que de outra forma encontrariam dificuldades naturais de uso dessa tecnologia”. O autor (SOUZA *et. al.* 2011) ainda indica no mesmo trabalho outras vantagens de se utilizar a plataforma Arduino no ensino, incluindo o baixo custo para a construção dos dispositivos experimentais.

Cavalcante *et. al.* (2011) apontam para a necessidade de se inserir procedimentos experimentais auxiliados por computador como metodologia mais eficaz no ensino de conceitos físicos.

A introdução da metodologia experimental de aquisição de dados por computador representa a possibilidade real de uso das técnicas de análise estatística de dados experimentais estudadas no curso de física [...]. Além da melhoria da precisão dos resultados, a redução no tempo de coleta de dados e a rápida representação dos mesmos em forma de gráficos, permitem criar no laboratório de física um ambiente de construção do conhecimento físico. (CAVALCANTE *et. al.*, 2011, p. 4503)

Os autores citados apontam em seus trabalhos a possibilidade de se utilizar a plataforma Arduino em diversos temas no ensino de Física, permitindo ensiná-la, utilizando-se novas tecnologias, desde a mecânica até a Física contemporânea.

O Arduino também contempla o pressuposto teórico do construcionismo, pois, segundo D’Abreu *et. al.*,

O Construcionismo vem justamente para dar uma direção no uso da tecnologia na educação, de modo a aproveitar o melhor que ela tem a oferecer. [...] o Arduino, juntamente com o Construcionismo, são ferramentas que podem ser usadas para auxiliar o aluno no processo de aprendizagem, tornando a tecnologia um instrumento do seu desenvolvimento pessoal. (2010, p.10)

O autor aponta que a fundamentação teórica construcionista, vinculada à estrutura prática do Arduino, pode permitir avanço no processo de ensino. Ainda D’Abreu *et. al.* (2010, p. 4) indicam que no ideal do construcionismo “a robótica é bastante usada como ferramenta para a construção do conhecimento. [...] através do uso de sensores e atuadores, muitos conceitos podem ser abordados. Além disso, ela desenvolve o universo lúdico do aluno”.

1.6 Sensores e Atuadores

A Robótica Educacional, como ferramenta construcionista, depende da necessidade de se associar o mundo físico palpável com o mundo digital, existente em processadores digitais. Assim, a percepção de estímulos do mundo acerca dos robôs se dá exclusivamente por dispositivos capazes de produzir a transdução de estímulos variados de ordem natural em

impulsos elétricos. Esses dispositivos transdutores, quando convertem informação do mundo físico ao mundo elétrico, são denominados sensores.

Existe uma variedade incontável de sensores disponível na atualidade, e a maioria dos alunos tem acesso a dispositivos tecnológicos que utilizam esses sensores. Entre os mais utilizados estão os sensores de campo magnético, empregados em discos rígidos ou em bússolas eletrônicas. Também podemos citar os sensores de intensidade luminosa, como os utilizados para o controle da iluminação pública, ou os acelerômetros, que permitem selecionar o modo de visualização da informação na tela de um aparelho telefônico.

Segundo Braga (2006, p. 46), “Equipamentos mais simples podem usar apenas um sensor, mas um robô [...] pode empregar muitos sensores e de tipos diferentes”. Dessa forma, fica evidente que a robótica educacional também poderá empregar diferentes tipos de sensores. Listaremos, a seguir, alguns dos principais tipos de sensores:

Sensores Mecânicos: são aqueles que permitem o sensoriamento de movimento, posição ou presença, usando-se recursos mecânicos. São normalmente interruptores que, quando acionados, atuam sobre um circuito elétrico no modo liga/desliga ou variam a resistência elétrica de um potenciômetro. A partir do monitoramento da corrente elétrica nesse componente, se conhece a posição do sensor, como exemplo, podemos citar uma boia de um tanque de combustível veicular que deve informar, ao motorista, a quantidade de combustível no tanque.

Sensores Reed-Switch: são compostos por duas lâminas de material ferromagnético. E na presença de campo externo se movimentam e fecham contato. Portanto, são capazes de detectar a posição de uma peça ou de uma parte de um mecanismo pela posição de um pequeno ímã que é preso a ela. Atuam também como interruptores no modo liga/desliga. Contudo, por sua ação, ainda podem ser utilizados para contar pulsos tacométricos e, assim, medir a velocidade de peças girantes, também podem ser usados em alarmes e trancas elétricas.

Fotosensores: partindo da detecção da luz, esses sensores permitem operar sem contato, apresentando leituras mais rápidas do que as leituras de sensores mecânicos. Dentro dessa categoria estão os fotorresistores Light – Dependent Resistor (LDR)⁹, que são resistores cuja

⁹ <http://www.myroboshop.com/products/SENSORS/37.jpg>

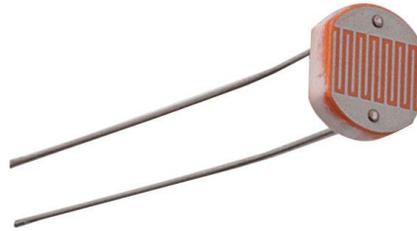
resistência elétrica é alterada em função da intensidade da luz incidente sobre uma superfície de Sulfeto de Cádmio. Ainda nessa categoria estão as fotocélulas, ou células fotoelétricas, que são dispositivos que geram uma pequena tensão elétrica quando são iluminados. Podem ser usadas para gerar energia elétrica, a partir da luz solar, ou também como sensores em diversos tipos de aplicações. Os fotodiodos são dispositivos semicondutores, que têm uma janela que permite que a junção semicondutora seja iluminada; assim, os fótons que incidem na junção semicondutora liberam portadores de cargas. Esses portadores tanto podem fazer com que apareça uma tensão entre os terminais do diodo quanto afetar a resistência à passagem da corrente. Os fototransistores são sensores óticos que operam segundo o mesmo princípio dos fotodiodos, a diferença está no fato de que eles podem amplificar as correntes que são geradas nesse processo.

Encoders Óticos: os encoders, ou codificadores óticos, são sensores de posição e podem ser enquadrados na categoria dos sensores fotoelétricos, contudo aqui são apresentados em outra categoria, pois o encoder é um sensor que exclusivamente percebe posição ou mudança de posição com relação a uma máscara, partindo de um referencial.

Sensores Térmicos: existem diversos tipos de sensores que podem atuar sobre um circuito em função da variação da temperatura do meio em que se encontram. Os mais conhecidos são os sensores bimetalicos, os Pares Termoelétricos, os termistores cuja resistência elétrica é controlada em função da temperatura. Existem dois grupos: os resistores com coeficiente positivo de temperatura (PTC) e os resistores com coeficiente negativo de temperatura (NTC), Sensores semicondutores e Sensores Piroelétricos, que são os sensores utilizados em detecção de movimento em sistemas de alarme ou controle de portas automáticas.

Conforme se percebe, muitas são as grandezas físicas que podem ser monitoradas por meio de sensores. Neste projeto se utilizou prioritariamente um tipo de sensor, os fotorresistores, ou simplesmente LDR, estes permitiam que o robô construído percebesse diferenças de intensidade luminosa e, partindo dessa informação, tomasse uma decisão que estava pré-determinada segundo sua programação.

Figura 1.13: Fotografia de um fotorresistor (LDR).



Fonte: <http://tutorial.cytron.com.my/wp-content/uploads/2011/08/LDR1.jpg>

Da mesma forma que os sensores realizam a transdução da informação de uma grandeza física para um sinal digital, existem os atuadores que têm função inversa, isto é, são dispositivos capazes de converter um sinal elétrico em uma ação no mundo físico. Entre os principais atuadores, destacam-se os motores e alto-falantes.

Um motor elétrico é um dispositivo que converte outras formas de energia em energia mecânica, de forma a impelir movimento a uma máquina ou veículo. Dentre os tipos de motores elétricos disponíveis, alguns são mais indicados para atuarem em sistemas de precisão, como os sistemas robóticos. Para atuação em sistemas que necessitam produzir rotações completas com alta precisão, se indicam normalmente os motores de passo, enquanto que para atuações nas quais apenas variações angulares são necessárias, se aplicam normalmente os servomotores.

O funcionamento de um servomotor é pautado em um sistema eletrônico de controle e um potenciômetro que está ligado ao eixo de saída. Este potenciômetro possibilita, ao circuito de controle, monitorar o ângulo do eixo do servomotor.

O robô construído neste trabalho utilizou dois servomotores devido ao fato de que as pernas do robô deveriam mudar de posição angular sem a necessidade de produzir uma rotação completa. De outro modo, havia a necessidade de aplicação de grande intensidade de força, partindo-se de um dispositivo de pequeno volume, o que é facilmente obtido, utilizando-se servomotores.

Figura 1.14: Ilustração de Servomotor, com seu sistema de controle.



Fonte: <http://www.pyroelectro.com/tutorials/servo_motor/servomotor.html>

Os servomotores utilizados no trabalho foram conectados a uma pequena fonte de alimentação e regulação que permitia estabilizar os níveis de tensão para os servomotores de modo a não produzir movimentos erráticos no robô, caso a tensão de alimentação sofresse variação, e proteger eletricamente as saídas da placa Arduino. Esse circuito de controle (Apêndice 1) foi construído pelos alunos participantes do projeto.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Nesta seção, apresentamos a pesquisa realizada, o método e os pressupostos teóricos utilizados para a coleta e análise dos dados. Optamos por uma pesquisa de cunho qualitativo, preocupando-se com os aspectos da realidade difíceis de serem quantificados, dando-se prioridade à compreensão e à explicação da dinâmica das relações sociais no âmbito da sala de aula (GOLDENBERG, 1997; MINAYO, 2001).

2.1 Questões Norteadoras e Objetivos da Pesquisa

No Ensino Médio, a Física provoca nos estudantes reações variadas, repletas de cargas emocionais, em alguns momentos de simpatia e, por diversas vezes, de aversão ao que está sendo explicado (CUSTÓDIO; PIETROCOLA e CRUZ, 2013). Desse modo, muitos alunos acabam se distanciando afetivamente da disciplina, o que dificulta o aprendizado dos conceitos que contemplam essa componente curricular. Logo, é necessário promover melhorias nessa relação afetiva, principalmente na metodologia utilizada pelo professor (GOYA; BZUNECK; GUIMARÃES, 2008). Nesse contexto, a robótica educacional pode vir a se apresentar como uma opção de recurso didático-pedagógico para amenizar esse problema, pois possui forte impacto motivacional (PAPERT, 2008).

A motivação causada nos alunos expande os horizontes imaginativos destes, permitindo que seus limites de compreensão e associações possam ser elevados a níveis superiores. Além disso, a robótica educacional favorece o desenvolvimento de melhor habilidade de raciocínio lógico, relações interpessoais e intrapessoais, investigação e compreensão e habilidades manuais (ZILLI, 2002).

Atualmente são diversas as ferramentas computacionais e de montagens mecânicas que permitem a construção e desenvolvimento de sistemas robotizados. Há muitos trabalhos que apresentam resultados positivos na utilização da robótica como um instrumento didático (KOSKI, KURHILA e PASANEN, 2008; KLOC, 2011; ZILLI, 2004; SILVA, 2009), porém são poucos que fazem uma reflexão sobre o seu uso no ensino de Física.

Assim, acredita-se que esta pesquisa contribui com os trabalhos nessa área por ter como objetivo central compreender, a partir da análise do ensino do conceito físico de torque, em que a robótica educacional pode contribuir para a uma aproximação afetiva dos estudantes

com a disciplina de Física e como essa aproximação favorece a aprendizagem dos conceitos físicos. Como objetivos específicos temos:

- caracterizar, por meio do ensino do conceito de torque, como a robótica educacional pode colaborar para aproximação afetiva dos alunos do 2º do Ensino Médio com a componente curricular Física;
- identificar até que ponto essa aproximação afetiva beneficia a aprendizagem de conceitos relacionados à Física.

Esses objetivos nos permitiram discutir sobre as possibilidades ofertadas pelo construcionismo, segundo Papert, na condução de práticas pedagógicas que utilizam como recurso didático a robótica educacional.

2.2 Atores Sociais Pesquisados

Foram convidados a participar do projeto alunos do segundo ano do Ensino Médio das três turmas de um colégio da rede pública de ensino, pertencente ao Núcleo Regional de Maringá. O critério para a seleção foi a disponibilidade dos estudantes para participar do projeto que transcorreu no horário do contraturno. Os encontros eram semanais, com duração de 4 horas-aula, em um período que se estendeu por, aproximadamente, dois meses e meio, durante o primeiro semestre letivo de 2013.

Inicialmente, o projeto despertou o interesse de muitos alunos, contudo, após a definição das datas de execução, oito estudantes, divididos entre as três turmas, tiveram compatibilidade de horário. Destes, seis se dispuseram a participar da pesquisa, conforme exposto no quadro abaixo.

Quadro 2.1: Caracterização dos alunos participantes da pesquisa.

Aluno	Idade	Sexo	Relação afetiva inicial com a Ciência Física
A1	15	Feminino	Não é agradável estudar Física
A2	16	Feminino	Não gosta de Física
A3	16	Masculino	Sim, é uma matéria intrigante
A4	15	Masculino	Gosta das aulas práticas, da teoria não
A5	16	Masculino	Sim, gosta de Física
A6	16	Masculino	Sim, gosta e se interessa pelo assunto

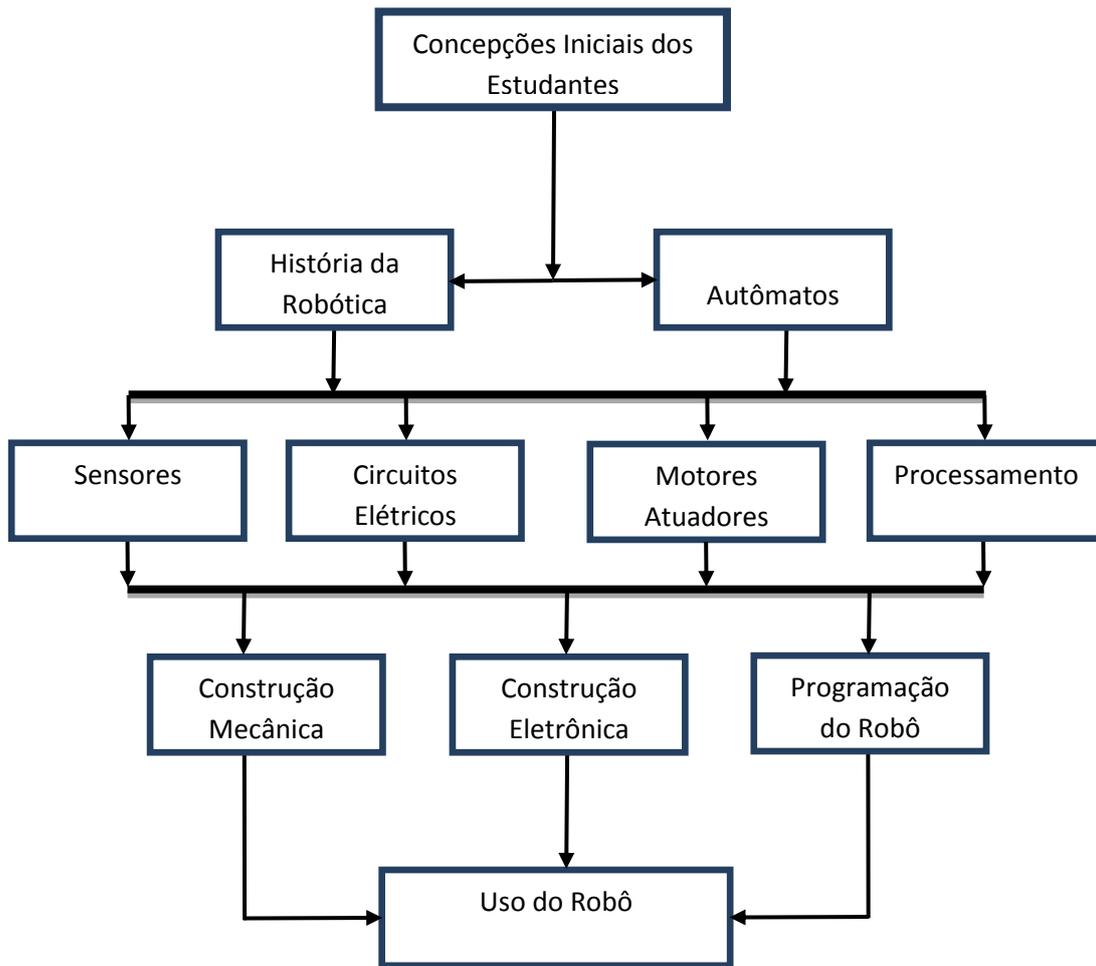
Os principais problemas que dificultaram a execução e a participação dos alunos no projeto foram: disponibilidade de espaço físico na escola, pois a escola funciona normalmente em dois turnos com praticamente todas as salas de aula ocupadas, e o projeto demandava sala com estrutura específica, como projetor multimídia, carteiras, cadeiras e tomadas em diversos pontos; deslocamento dos alunos novamente para o colégio, visto que não seria possível utilizarem o vale transporte gratuito, pois já teriam utilizado pela manhã; disposição dos alunos, pois muito deles possuíam atividades extras no período contraturno, tornando exaustiva e até mesmo impossibilitando a participação por coincidência de horários.

Destacamos que, mediante Termo de Consentimento assinado pelos responsáveis dos alunos e pelo entrevistador, em que aceitaram voluntariamente participar da pesquisa, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep) autorizou a realização desta investigação sob o protocolo de nº 18061413.9.0000.0104.

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, o objetivo da amostra é apresentar informações aprofundadas e ilustrativas, sejam elas pequenas ou grandes, o importante é que elas sejam capazes de produzir novos subsídios para a pesquisa (DESLAURIERS, 1991).

2.3 Descrições das Atividades Desenvolvidas

As atividades desenvolvidas no decorrer desta pesquisa seguiram as orientações e propostas construcionistas (PAPERT, 2008), conforme apresentado no Capítulo 1. Desenvolvemos uma sequência didática (Apêndice I), seguindo as orientações de produção de Zabala (1998) com o intuito de organizar oficinas que pudessem preparar os estudantes para a execução do robô, fornecendo conteúdos necessários para essa elaboração. A opção de preparar oficinas que antecederam a elaboração do robô foi devido aos assuntos não estarem inseridos no contexto escolar desses estudantes. Portanto, viu-se a necessidade de planejar aulas que fornecessem subsídios para a construção do robô. Toda a intervenção aconteceu mediante uma situação-problema, motivando os alunos a se aprofundarem no assunto. Buscamos sempre seguir os pressupostos do construcionismo (PAPERT, 2008), em que o estudante tem contato primeiramente com o concreto e depois passa para a abstração. No quadro a seguir, apresentamos a organização da sequência didática, aplicada com as oficinas apresentadas.

Quadro 2.2: Aplicação da Sequência Didática Elaborada.

Fonte: Própria da autora.

No primeiro momento, conversamos com os estudantes para conhecer as suas concepções prévias a respeito dos assuntos tratados no decorrer das oficinas, para, dessa forma, contextualizarmos as aulas.

A primeira e a segunda atividades tiveram como objetivo ambientar os alunos nesses novos conceitos que lhes seriam oferecidos, proporcionando reconhecimento histórico da robótica e apresentando conceitos, situações e aplicações dos autômatos na vida atualmente.

Nas terceira e quarta atividades, foram apresentados, aos estudantes, diferentes espécies de componentes eletrônicos e suas aplicabilidades, principalmente em equipamentos utilizados na casa dos aprendizes. Nessa oficina, os estudantes foram divididos em três duplas, e cada dupla, manuseando ferramentas, construiu seu circuito em uma placa de prototipagem, que tinha a finalidade de demonstrar o funcionamento de sensores de luz.

Figura 2.1: Alunos na construção do circuito na placa de prototipagem.



Na quarta etapa, foram apresentados, aos estudantes, vários modelos de motores e a aplicação específica de cada um. Os alunos também fizeram uso de um Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA), que no caso se tratava de um simulador de motores. As discussões foram conduzidas em torno dos motivos que levou a escolher a utilização de um servomotor como propulsor do robô.

Nas atividades seguintes, propusemos, aos estudantes, a construção de um robô, com comportamento de movimento como os de um inseto. Essa fase foi o momento mais empolgante para os estudantes, pois cada dupla construiu seu próprio robô. Primeiramente, questionamos cada parte da estrutura mecânica do robô e a finalidade de cada material. Feita a montagem mecânica do robô, passamos para a implantação dos conjuntos eletroeletrônicos. No decorrer do desenvolvimento dessa atividade, percebemos a interação dos estudantes com a unidade robótica e também o quanto os alunos passaram a agir mais independentemente das orientações da professora.

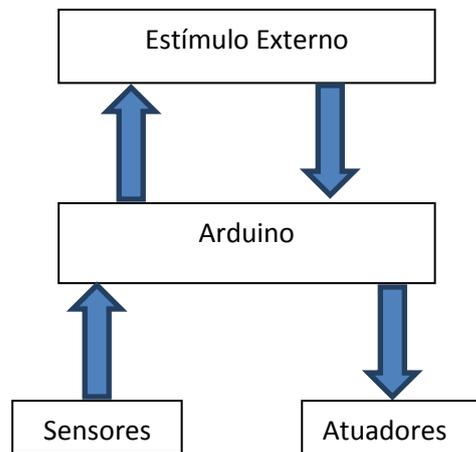
Figura 2.2: Alunos na construção mecânica do robô.



Com a unidade robótica finalizada, ou seja, com os elementos sensores, motores e a alimentação conectados e associados à estrutura mecânica, iniciou-se uma oficina sobre a utilização da interface de programação Arduino. A finalidade de utilizar essa ferramenta de programação é para produção de códigos-fonte (anexo 5) que possam controlar um robô de modo que este seja capaz de tomar decisões de modo autônomo.

A plataforma Arduino foi escolhida como unidade de controle para o robô, assim, os estímulos elétricos fornecidos pelos sensores de luminosidade eram interpretados pelo microcontrolador presente na placa Arduino, e, em função dos valores observados, atitudes eram tomadas, acionando-se os servomotores.

Figura 2.3: Arquitetura física.



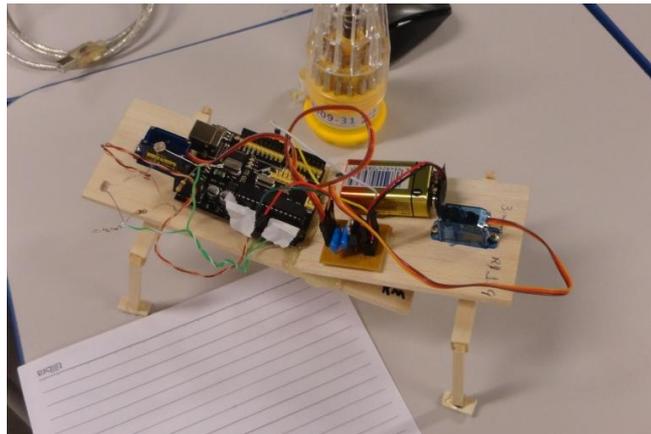
Fonte: Própria da autora.

Assim, os estudantes puderam fazer testes com seus robôs, observando, por exemplo, como a mudança do ângulo de posicionamento do servomotor na programação poderia alterar o caminhar do robô. Durante essa etapa foi desenvolvido um código-fonte que permitia associar a posição da pata do robô com um ângulo específico de modo a calibrar os passos do robô. Os alunos tiveram orientações para produzir um código-fonte que media, a partir dos sensores de luz, a intensidade luminosa nas proximidades e dessa forma procurava se posicionar na região mais iluminada da sala. Foi um momento agradável para os alunos, pois eles ficaram muito satisfeitos em verem sua criação agindo de forma autônoma.

Figura 2.4: Alunos finalizando a parte mecânica do robô.



Figura 2.5: Robô construído pelos estudantes.



Apresentamos, no Quadro 03, o cronograma das aulas ministradas semanalmente, com as respectivas datas, carga horária e atividade desenvolvida na aula.

Quadro 2.3: Organização das aulas ministradas nas oficinas.

Data da aula (ano 2013)	Carga horária (horas-aula) ¹⁰	Atividade Desenvolvida
10/05	1	Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes
10/05	3	Histórico da Robótica
17/05	3	Autômatos
24/05	3	Sensores
07/06	4	Circuitos elétricos
14/06	3	Motores
21/06	4	Construção Mecânica do robô
28/06 e 05/07	5	Construção elétrica e programação do robô
05/07	2	Teste e coleta de dados do robô

Fonte: Própria da autora.

É importante destacar que os seis alunos participantes não faltaram em nenhuma das aulas previstas do projeto.

2.4 Coleta e Análise dos Dados

Antes de iniciarmos as atividades do projeto, o primeiro momento com os estudantes se deu por meio de uma entrevista semiestruturada, individual, com uma amostragem de seis alunos, com o auxílio de um questionário que continha dez questões (Apêndice II). Essa entrevista ocorreu em uma sala de aula, cedida pelo colégio, e foi gravada, fazendo-se uso de uma câmera filmadora que armazenava os vídeos em modo digital. O dia era uma sexta-feira, mesmo dia da semana em que foram desenvolvidas o restante das atividades propostas, e no horário do contraturno para que desse modo não interferíssemos nas aulas dos alunos. Contemplamos assuntos relacionados às relações afetivas dos estudantes com a Física, suas percepções com relação às ações de seus professores em sala de aula, seus conhecimentos prévios sobre o conceito físico de torque e suas perspectivas quanto ao projeto de robótica que iniciariam.

¹⁰ Cada hora-aula corresponde a 50 minutos.

Em um segundo momento, após o término das atividades previstas, realizamos novamente outra entrevista semiestruturada, individual, mantendo uma amostragem de seis alunos, utilizando como apoio um questionário que continha dez questões (Apêndice III), para averiguar as modificações ocorridas nas relações afetivas dos estudantes com a componente curricular de Física e na compreensão do conceito físico de torque além de analisar, também, as percepções finais dos alunos quanto à robótica educacional utilizada. Novamente, a entrevista ocorreu em uma sala de aula cedida pelo colégio, em uma sexta-feira, conforme ocorreram todas as atividades do projeto no horário do contraturno.

Todos os encontros realizados para o desenvolvimento do projeto, conforme apresentado no Quadro 2.3, foram gravados em vídeo, por meio de uma câmera filmadora digital, e transcritos na íntegra.

Segundo Lakatos e Marconi (1996, p.96), em uma entrevista semiestruturada, “[...] o entrevistador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada [podendo] explorar mais amplamente a questão”. Desse modo, por tratar-se de relações afetivas, acreditamos ser a melhor forma de conseguir que os estudantes expressem seus sentimentos diante das situações apresentadas.

As entrevistas ocorreram na própria escola onde se desenvolveu o projeto, em uma sala de aula cedida pela instituição de ensino. Os depoimentos foram filmados, fazendo-se uso de uma câmera filmadora digital, sendo transcritos na íntegra (THOMPSON, 2002). Após esse momento, as transcrições foram analisadas segundo os pressupostos teóricos e metodológicos da análise de conteúdo, propostos por Bardin (1977). De acordo com Bardin (1977, p.31),

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análises das comunicações. Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações.

Na organização desta análise, fizemos usos do conjunto de técnicas sugeridas por Bardin (1977):

1) **Pré-análise** – nessa fase, os objetivos são organizar e sistematizar as ideias iniciais. Dessa forma, fizemos a transcrição das seis entrevistas com os alunos do Ensino Médio e

esses textos das transcrições constituíram o *corpus*¹¹. Em seguida, fizemos uma leitura flutuante do texto, para delimitar os objetivos e hipóteses a serem tratados, com o auxílio de teorias que já eram do nosso conhecimento.

2) **Exploração do material** – nesse momento, analisamos os dados organizados na fase anterior. Assim, lemos, por inúmeras vezes, o *corpus*, compreendendo o texto e identificando algumas unidades de registro.

3) **Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação** – nessa fase, os dados são submetidos a operações estatísticas, fornecendo, ao analista, resultados significativos e fiéis, dando orientação nas inferências e interpretações. Nesse procedimento, utilizamos o *corpus* e as unidades de registro da fase anterior para definir as categorias e subcategorias. Segundo Bardin, “A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos (BARDIN, 1977, p. 117)”. As categorias encontradas neste trabalho foram: a relação afetiva com a Física, a presença de assuntos relacionados aos conteúdos de física no cotidiano dos estudantes, as concepções levantadas sobre o conteúdo de torque e o envolvimento dos estudantes com relação à robótica educacional; estas e as suas respectivas subcategorias foram organizadas na seção 4.

¹¹ Corpus é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos (BARDIN, 1977, p. 96).

CAPÍTULO III

PRÁTICAS REALIZADAS PARA A CONSTRUÇÃO DO ROBÔ: REFLEXÕES ACERCA DE CADA ATIVIDADE

Nesta seção, apresentamos um panorama de como se deram as aplicações de cada atividade proposta para a realização do projeto. Consideramos as produções escritas dos alunos, as transcrições das falas e as descrições das aulas, obtidas com base nos registros em vídeo, realizados em sala de aula durante o desenvolvimento do projeto de robótica.

3.1 Primeira atividade: Concepções prévias – duração uma aula

Nessa atividade, o objetivo era conhecer detalhadamente o perfil dos alunos e as suas concepções iniciais, com relação aos assuntos que ministrariamos no projeto de robótica. Portanto, iniciamos, fazendo uma apresentação de como seria desenvolvido todo o projeto, apresentamos as etapas de cada oficina, que podem ser vistas na sequência didática (Apêndice D), a carga horária que utilizaríamos para executar essas etapas e o objetivo, que envolvia a construção do robô. Nesse momento, fizemos uma pergunta desafiadora para os alunos: “*será possível construirmos um robô autônomo e que possua algumas características similares com as dos insetos?*” O intuito dessa pergunta era motivar os alunos a participarem do projeto e incentivá-los a imaginar como poderiam ser os movimentos, ações, decisões dessa unidade robótica. No momento em que apresentamos, aos alunos, como ocorreria o desenvolvimento de todo o projeto e a sequência de atividades a serem desenvolvidos, surgiram algumas dúvidas dos alunos, conforme transcrevemos abaixo:

A1: *Mas professora, e se a gente não souber as coisas, tipo que precisam de física e matemática?*

Prof^a: Todos os assuntos que precisarmos discutir em nosso projeto, iremos construir, discutir e vamos conhecer os conceitos.

A1: *Ah, tá. Já tava com medo.*

Percebemos que essa era também a dúvida de outros alunos, então conversamos com eles, mostrando que o projeto não necessitava de pré-requisitos. Quando propusemos a problemática da construção do robô, conseguimos observar que os alunos ficaram

entusiasmados com as possibilidades e curiosos para entender como se daria o processo de construção da unidade robótica.

Nesse momento, houve grande participação dos alunos, principalmente pelo fato de ficarem curiosos em como se processaria essa construção e quanto ao funcionamento do robô. Escolhemos um robô com características semelhantes às de um inseto, pois seria um assunto simples e conhecido pelos alunos, o que possibilitava tratar do tema a que nos propusemos, o torque. Os movimentos do robô facilitam as discussões sobre torque, e o inseto é algo que chama a atenção dos alunos, além de permitir liberdade de construção e de atitudes da unidade robótica.

Após esse questionamento, iniciamos a aula, fazendo uma divisão de três duplas, e os alunos escolheram a sua dupla por critérios de afinidade. As duplas formadas foram A1 e A2; A3 e A4; A5 e A6, conforme o quadro 2.1 apresentado no Capítulo 2. Então, com o objetivo de investigar as concepções iniciais dos alunos diante de assuntos que pretendíamos tratar nas oficinas seguintes, levantamos os seguintes questionamentos:

Prof^a: Em qual momento da história se começou a investigação da robótica?

Quando o debate foi apresentado ao grande grupo, encontramos falas muito interessantes, como as transcritas abaixo:

A6: *Após a revolução industrial.*

A5: *É, a gente acha que foi a revolução industrial que ajudou nisso, nas pessoas pensarem sobre tecnologia.*

A4: *Nós pensamos que, foi tipo depois da primeira guerra mundial.*

A3: *É sempre assim na história, quando tem guerras eles precisam pesquisar mais armas para enfrentar os inimigos e aí se constrói muita tecnologia.*

A2: *A gente concorda com eles (A5 e A6), a gente acha também que foi na revolução industrial, porque aí se viu a necessidade de investir em tecnologia.*

Percebe-se nas suas falas que os estudantes associam o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas à interferências diretas da sociedade. Continuamos os questionamentos:

Prof^a: O que você entende por um autômato? Uma cafeteira ou uma escada rolante pode ser considerada um autômato?

A1: *Ah, é um negócio sei lá, um objeto que toma decisão sozinho.*

A5: *É um dispositivo que foi programado pra tomar decisão, porque ele tipo, recebe tipo assim estímulos.*

A3: *É eu concordo com eles, você programa e aí ele consegue fazer as ações sozinho.*

Prof^a: Uma cafeteira ou uma escada rolante pode ser considerada um autômato?

A1: *Ah, não, não é um autômato. Ou é porque é automático?*

A4: *É sim, porque você programa e ela faz o que é necessário.*

A5: *A gente acha que é sim.*

Após as discussões acerca desse assunto, instigamos os alunos a ficarem mais curiosos com relação à época em que se iniciam os desejos quanto à robótica e levantamos ideias de como a sociedade, utilizando as falas da Revolução Industrial e Primeira Guerra Mundial, possui influência na Ciência e nos desenvolvimentos tecnológicos.

Levantadas essas ideias, elaboramos mais um questionamento aos alunos, dessa vez com o objetivo de compreender ideias alternativas que os mesmos possuíam com relação ao torque. Fizemos o seguinte questionamento:

Prof^a: Qual grandeza Física permite a transferência de energia de rotação do motor para a transmissão em um carro?

A1: *Ah, a chave liga o carro, manda energia, o motor gira e faz o carro funcionar.*

Prof^a: Mas qual seria a grandeza física?

A1: *Ah, tipo, sei lá, a energia, não é?*

A6: *Ah, a gente acha que é a força, ela vai fazer o motor girar e o carro andar.*

A3: *É, a gente também acha. É a força.*

Nessa situação, conseguimos visualizar que há falta do conceito de torque, pois os alunos alegaram que para o carro entrar em movimento ele deve possuir uma grandeza física, denominando-a como a força e não o torque. Passado esse momento, demos início à segunda atividade proposta, em que fizemos um pequeno apanhado da história da robótica.

3.2 Segunda atividade: História da Robótica - duração três aulas

Nessa atividade, os objetivos que nos conduziram foram tratar da contextualização histórica da robótica, utilizando as ideias apresentadas pelos alunos na atividade anterior, e discutir as inovações da robótica nos dias atuais bem como suas funcionalidades e reflexos apresentados na sociedade.

Portanto, primeiramente, apresentamos um material multimídia, presente em um blog que desenvolvemos¹². Nesse material, havia a localização histórica de alguns equipamentos, como: o primeiro celular, o primeiro automóvel, entre outros, então retomamos as considerações dos alunos na atividade anterior, na qual questionamos quanto à época em que se iniciaram as discussões acerca da robótica. Novamente conversamos com os alunos com relação à historicidade e percebemos, nas concepções prévias deles, que a sociedade e os eventos (como guerra, revoluções) possuem ligação direta com os inventos e com a Ciência. Em algumas falas, notamos tais concepções:

A2: *Quando as pessoas precisam, de alguma forma é preciso criar alguma coisa nova. Igual doença, igual tipo essa gripe A, aí eles criaram a vacina pra ela.*

A4: *É, tipo as armas também, conforme se precisa vai se tendo coisas mais modernas.*

Após, a professora fez o seguinte questionamento:

Prof^a: Então, qual das duplas chegou mais próxima das primeiras discussões da robótica?

As datas ficaram próximas a 1760 – 1830 (período da Revolução Industrial) e 1914 – 1918 (período da Primeira Guerra Mundial). Então, mostramos, para os alunos, o primeiro dispositivo robótico, a Clepsidra, um relógio criado pelos babilônios, em 1400 A.C., que media o tempo, usando o fluxo de água. Nesse momento, os alunos ficaram surpresos e

¹² <http://robotica-fisica-uem.blogspot.com.br>.

curiosos para saber mais do dispositivo e como nesse tempo eles pensaram em instrumentos inovadores. Conduzimos o diálogo de forma a não considerar um erro as datas apontadas pelos alunos, mais sim valorizar e mostrar que os dois eventos levantados pelas três duplas influenciaram no desenvolvimento tecnológico da época, um exemplo é a máquina a vapor.

Dessa forma, conduzimos a aula, utilizando material multimídia, apresentando imagens e datas importantes na construção da robótica. Pudemos notar que houve maior empolgação ainda por parte dos alunos quando tratamos de filmes de ficção científica, como a série de filmes “Star Wars”, de 1977. Percebemos este interesse nos comentários:

A6: *Nossa, professora, eu gosto muito de ficção científica, assim sabe?*

A5: *É muito legal, eu assisti todos.*

Após esse momento, apresentamos, aos alunos, alguns vídeos que tratavam do comportamento de diferentes robôs, em diferentes ambientes. Foi um momento importante, pois os alunos expressaram as vantagens na utilização de robôs, como presente nas falas:

A1: *É importante os robôs, porque eles fazem coisas que não tem como os humanos fazerem.*

A3: *Eu acho que é bom o uso da robótica porque, por exemplo na montagem de carros eles fazem as coisas com mais precisão do que se fossem pessoas fazendo.*

Também foram levantados alguns questionamentos acerca das desvantagens da utilização da robótica:

A1: *Só que também tem um negócio, os robôs podem tomar o lugar dos humanos e aí vai ter desemprego.*

A5: *Também têm a questão das coisas que tem sentimentos, isso não tem como um robô fazer.*

Essas discussões foram importantes e produtivas, para os alunos entenderem o dinamismo frente às inovações tecnológicas e suas perspectivas positivas e negativas. Após essa discussão, pedimos para os alunos realizarem um levantamento em casa e em locais por eles frequentados, como shoppings, lojas, supermercados, entre outros, de equipamentos que eles consideravam autômatos. Pedimos que eles anotassem e trouxessem para o próximo encontro.

3.3 Terceira atividade: Autômatos: duração três aulas

Os objetivos nessa atividade foram apresentar, aos alunos, os conceitos que permeiam o assunto de autômatos, também identificar suas principais características, funcionamento e aplicações cotidianas. Dessa forma, retomamos a aula anterior, pois havíamos solicitado, aos alunos, que trouxessem para a aula um levantamento de alguns equipamentos que consideravam autômatos. Assim, obtivemos as seguintes respostas:

A1 e A2: *Ah, a gente pensou em alguns, assim tipo, escada rolante, elevador, a porta que gira do banco.*

A3 e A4: *Bom, a gente acha que o elevador, a televisão, o micro-ondas, a escada rolante, a porta do shopping são autômatos.*

A5 e A6: *Ah, hoje em dia quase tudo é automatizado, igual a cafeteira elétrica, a televisão, a máquina de lavar, a geladeira.*

Após esse momento, conversamos com os alunos para ouvir suas opiniões a respeito do levantamento de cada dupla, houve participação de todos que concordaram com a exposição de cada dupla. Então, nessa ocasião, levantamos mais um questionamento para os alunos:

Prof^a: Será que realmente esse equipamento apresenta características de um autômato?

Pedimos para que cada dupla apresentasse suas concepções de autômatos que os levaram a entender que os equipamentos citados se tratavam de um. Em seguida, entregamos, para cada aluno, um material impresso (Anexo 1) que possuía informações sobre autômatos, sendo estas de autoria de Armando Jorge Sousa¹³. As informações disponíveis nesse material eram relativas “à *concepção de um automatismo, seguindo das características de um automatismo e a estrutura de um automatismo*”. Primeiramente, fizemos uma leitura silenciosa e individual, logo após iniciamos um debate sobre o texto, destacando os seus pontos principais. Levantamos os seguintes aspectos:

- Características de um autômato;

¹³ Retiradas do site: http://paginas.fe.up.pt/~asousa/tsca/Omron/cursos_omr/Teoria1+2+3_V1_0.pdf. Acessado em: 07/03/2013.

- Estrutura de um autômato (entrada, saída e lógica);
- Exemplo da porta automática.

Após esse momento, apresentamos, aos estudantes, imagens do funcionamento de alguns equipamentos autômatos, dessa forma confrontamos com os equipamentos citados pelos estudantes no momento anterior. Discutimos e comparamos as características e as estruturas desses equipamentos.

Finalizando o assunto de autômatos, pedimos para as duplas escolherem um dos equipamentos discutidos e fazer um desenho que poderia descrever como seria o funcionamento de um autômato.

Figura 3.1: Desenho produzido pela dupla de alunos A3 e A4, referente ao automatismo do ar-condicionado.

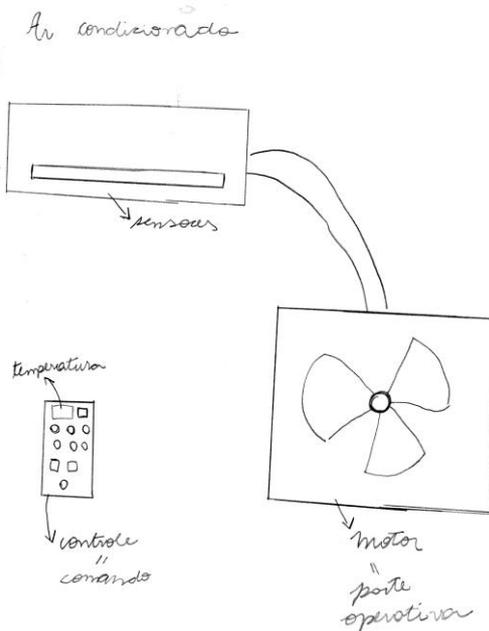


Figura 3.2: Desenho produzido pela dupla de alunos A5 e A6, referente ao automatismo do elevador.

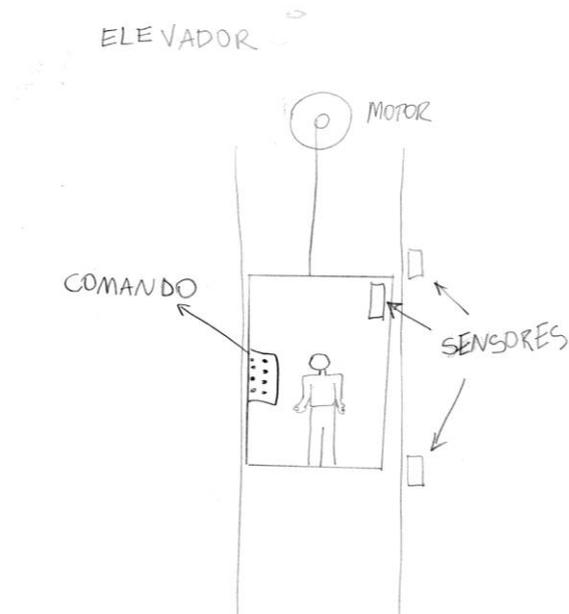
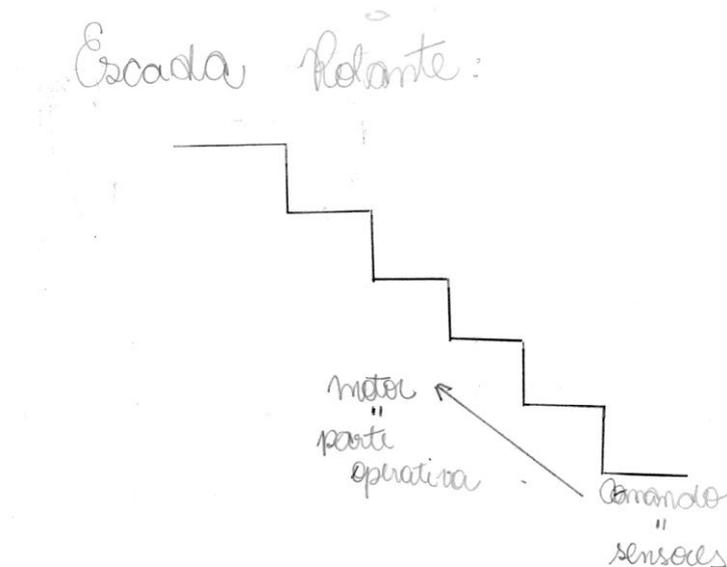


Figura 3.3: Desenho produzido pela dupla de alunos A1 e A2, referente ao automatismo da escada rolante.



Então, após os desenhos realizados pelos alunos, pedimos que eles explicassem, para o restante da turma, o funcionamento do equipamento escolhido e que em casa pudessem buscar, na internet, manuais de funcionamento que descrevessem o funcionamento desses autômatos.

3.4 Quarta atividade: Sensores - duração três aulas

Essa atividade objetivava permitir, aos alunos, compreender o assunto de sensores bem como a sua aplicação em equipamentos utilizados no cotidiano desses alunos. Para isso, se retomou a aula anterior, pois os alunos haviam desenhado como seria o funcionamento automático de equipamentos escolhidos por eles. A partir dessa perspectiva, levantamos o seguinte questionamento para os alunos:

Prof^a: Qual a importância dos sensores na ação dos autômatos?

Os alunos ficaram entusiasmados em responder, pois já haviam lido no material anterior, referente aos autômatos, sobre o uso de sensores nos sistemas automatizados.

A6: *São os sensores que dão o comando para os autômatos.*

A2: *Os sensores avisam o que o autômato deve fazer.*

A4: *É na verdade os sensores recebem as informações do que os autômatos devem fazer.*

Essa discussão foi de grande importância nesse momento, pois dessa forma conseguimos resgatar a aula anterior e permitir que os alunos compreendessem a atuação dos sensores nos equipamentos que aqueles já conheciam. Continuamos, então, os questionamentos, nesse momento, com o intuito de levantar mais elementos que fazem uso de sensores e de formas diferentes.

Prof^a: Quais sensores e quais equipamentos vocês conhecem que acreditam fazer uso de sensores?

A1: *Portão eletrônico, o poste de energia da rua também tem um sensor né? Porque ele liga quando fica noite e apaga quando tá de dia.*

A3: *Ah tem muitos, a cafeteira, televisão, computador, videogame, máquina de lavar roupas, é hoje em dia tem muitos mesmos.*

A seguir, conversamos com os alunos sobre os diferentes sensores utilizados em diferentes equipamentos. Houve a compreensão de que primeiramente é necessário saber a

utilidade e a finalidade que se quer obter com o objeto, após isso, se pode definir qual o sensor que melhor fará uso no sistema escolhido.

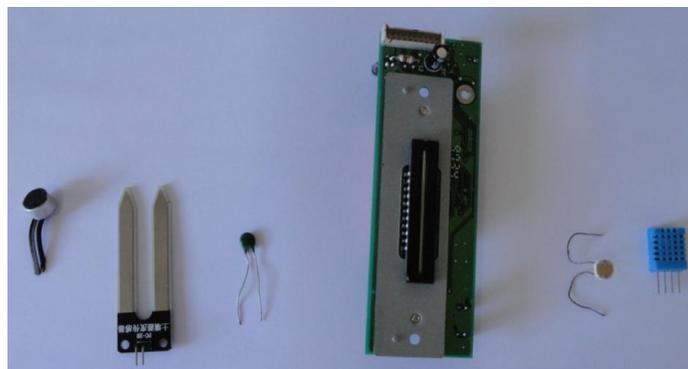
Após essa discussão, utilizamos um material multimídia¹⁴, e apresentamos imagens, explicações e aplicações dos principais sensores utilizados no mercado e principalmente os utilizados nos equipamentos citados pelos alunos. Em seguida, entregamos, para os alunos, alguns modelos semelhantes aos citados na apresentação multimídia, então os alunos manusearam os sensores e conversamos com relação a tamanho, funcionalidade, diferenças e semelhanças, preços e equipamentos que faziam uso desses sensores.

Para que os alunos conseguissem melhor visualizar a funcionalidade dos sensores, mostramos, para eles, um leitor de disco multimídia (DVD), o qual foi aberto e, assim, eles puderam entender o tipo de sensor utilizado e qual a sua função no equipamento.

Figura 3.4: Sensores apresentados aos alunos. Sensor Ativo de Infravermelho, Sensor de Fim de Curso, Sensor de Contato.



Figura 3.5: Sensores apresentados aos alunos. Microfone de Eletreto, Sensor de Umidade do Solo, Termistor, Sensor CCD, LDR, Sensor de Umidade e Temperatura do Ar.



Conversamos então com os alunos sobre a aplicação dos sensores em equipamentos que eles mesmos apresentaram, como: leitores de multimídia, computadores, máquina de

¹⁴ Material que se encontra no blog: <http://robotica-fisica-uem.blogspot.com.br>.

lavar roupa, cafeteira, geladeira, entre outros, e novamente fizemos um questionamento aos alunos:

Prof^a: Como deve ser a montagem para que aconteça o funcionamento desses sensores?

A5: *Ah, ele é montado em uma placa que aciona os outros dispositivos para o funcionamento. E ele é ligado por fios para que possa passar a energia elétrica.*

A3: *É os sensores tem que ser o primeiro a ser montado, por que são eles que vão acionar o funcionamento de um equipamento.*

Partindo dessa conversa com os alunos, conseguimos motivá-los a entender e manusear um circuito elétrico.

A2: *Ah, quando você abre esses equipamentos e vê aquele monte de fio não dá pra entender a função deles.*

Assim, apresentamos, a eles, que na próxima atividade construiríamos um circuito elétrico. Aproveitamos o assunto de sensores para apresentar o conceito de algoritmo, fazendo uso de um vídeo (Algoritmo - Introdução, definição e conceitos)¹⁵, que apresenta os algoritmos como uma estrutura lógica de entrada de dados, processamento e saída de dados.

3.5 Quinta atividade: Circuitos elétricos - duração quatro aulas

Nessa atividade, a proposta era permitir que os alunos conseguissem relacionar os variados tipos de sensores e de outros dispositivos eletrônicos para confeccionarem um circuito eletrônico, montado em uma placa cobreada perfurada. Retomamos os debates de como se dá a montagem dos sensores nos equipamentos para servirem como dispositivos que recebem a informação para o controle. Levantamos alguns questionamentos, como: “*o sensor precisa de alguma fonte de alimentação para funcionar? Será que seria necessário outro equipamento para ajudar no funcionamento do sensor? Como estes dispositivos devem ser ligados? Deve escolher um caminho?*”

Obtivemos respostas da participação dos alunos:

¹⁵Vídeo disponível no endereço: http://www.youtube.com/watch?v=3hv5_hWPIeo, acessado em 20/03/2013.

A1: *Ah, fonte de alimentação é tipo pilha, né? Energia elétrica de casa? Ah sim, o sensor precisa pra poder ligar.*

A5: *Sim, precisa de outros equipamentos, eu vi um dia que, por exemplo, precisa tipo de um resistor pra controlar a energia.*

Dessa forma, fomos conduzindo os alunos a construírem conhecimentos sobre a necessidade da construção de um circuito elétrico bem como a função de determinados componentes em um equipamento eletrônico. Em seguida, entregamos um material de apoio (anexo 2) de autoria de Luiz Ferraz Netto¹⁶. Com esse material, pudemos discutir mais profundamente os conceitos relacionados aos principais componentes do circuito eletrônico que nos propomos a construir, sendo eles: resistor, transistor e resistor dependente da luz (LDR).

Dando continuidade ao assunto dos componentes eletrônicos que compõem um circuito eletrônico impresso, apresentamos, aos alunos, o diagrama esquemático de um circuito eletrônico transistorizado. O circuito apresentado, que se encontra na sequência didática (Apêndice I), trata-se de um circuito no qual um divisor de tensão controla a corrente de base de um transistor NPN; dessa forma, quanto menor for a iluminação sobre o LDR, maior será a resistência do lado do LDR no divisor de tensão, e, quando ocorrer um equilíbrio das resistências do divisor, se iniciará uma corrente na base do transistor. Esta corrente será amplificada pelo transistor utilizado de modo a permitir o acionamento do elemento de carga conectado entre a alimentação do circuito e o coletor do transistor. Dessa forma, o diodo emissor de luz, que é o elemento de carga no circuito, começará a emitir luz e aumentará seu brilho quanto maior for a corrente de base do transistor.

Para envolver os alunos, eles foram convidados a elaborarem desenhos para o posicionamento na placa de prototipagem dos componentes que seriam utilizados, mantendo as ligações previstas do circuito eletrônico a ser construído. A motivação era, portanto, construir um circuito que funcionasse, percebendo a diferença de iluminação e controlando a emissão de luz de um diodo emissor de luz. Os alunos associaram com a situação dos postes de luz na rua, e explicamos, para eles, que a situação é um pouco diferente, mas eles ficaram muito animados em construir tal dispositivo. Novamente eles foram divididos em duplas, e as mesmas se mantiveram por critérios de afinidade, sendo que cada dupla confeccionou seu dispositivo eletrônico.

¹⁶ Material retirado do site: <http://www.feiradeciencias.com.br>. Acessado em: 15/03/2013.

Utilizamos as equações de divisor de tensão para calcular os valores dos resistores que seriam empregados no circuito resistivo conectado ao sensor LDR. A equação utilizada foi:

$$V_{Saída} = \frac{R_{LDR}}{R_D + R_{LDR}} * V_{Entrada}$$

Em que $V_{Saída}$ é a tensão elétrica entre base e emissor do transistor; $V_{Entrada}$, a tensão elétrica de alimentação do divisor de tensão; R_D , a resistência elétrica associada no divisor e R_{LDR} , a resistência elétrica apresentada pelo LDR. Notemos que, como o LDR é um resistor que possui resistência variável, calcula-se a tensão de saída para os valores limítrofes de resistência elétrica, apresentada pelos LDR utilizados. Para determinar esses limites, utilizando um ohmímetro, realizamos as medidas da resistência com os LDR não iluminados (situação de resistência elétrica máxima) e iluminados (situação de resistência elétrica mínima).

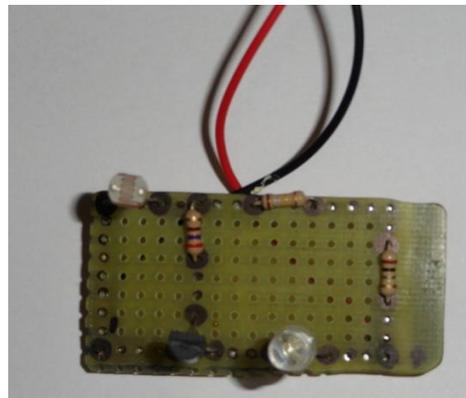
Cada dupla fez a transferência do layout planejado para a placa de fibra de vidro cobreada que possuía furação padronizada. Após esse momento, identificamos os componentes eletrônicos e orientamos os alunos como identificar esses componentes. Os alunos, então, colocaram os componentes em suas devidas posições para o funcionamento adequado. A lista de materiais e modelo com o circuito eletrônico apresentado aos alunos se encontra na sequência didática que elaboramos (Apêndice 1). Nesse momento, notamos que alguns alunos ficavam muito preocupados em colocar os componentes em lugares errados e dessa forma queimar algum componente ou não funcionar seu circuito, mas orientamos que eles deveriam estar atentos, e, caso acontecesse, observaríamos o erro e este seria corrigido. Passamos, então, para o momento mais aguardado dos alunos que foi a soldagem dos componentes eletrônicos com suas devidas trilhas de ligação. Os alunos estavam muito curiosos com esse momento, então, mostramos, para cada aluno, como manusear o equipamento e de forma segura, no entanto, o aluno A1 no início não aceitou, pois estava preocupado em quebrar o equipamento. Explicamos que estaríamos juntos e que isso não aconteceria.

Figura 3.6: Imagens dos alunos confeccionando o circuito.



Após esse momento, cada dupla testou o seu circuito elétrico. A primeira dupla (A5 e A6) a terminar o circuito funcionou a contento, na dupla A3 e A4 o problema estava em que eles inverteram a alimentação, contudo, sobre as características elétricas o circuito não foi afetado, então invertemos a alimentação e o circuito funcionou normalmente. Já na dupla A1 e A2 o dispositivo não funcionou inicialmente por problemas na soldagem dos componentes à placa, então orientamos os alunos para refazer as conexões que apresentaram solda fria, e o circuito funcionou.

Figura 3.7: Imagem do circuito elétrico confeccionado pelos alunos.



No final, os alunos fizeram testes novamente com seus circuitos e puderam levar para casa o circuito construído. Conversamos a respeito de outros circuitos elétricos e os alunos puderam entender que a construção dos mesmos depende da necessidade exigida para sua execução.

3.6 Sexta atividade: Motores - duração três aulas

O objetivo que norteou essa etapa de atividade foi permitir que nossos alunos compreendessem o conceito de torque, ou momento de uma força, e o relacionassem com as aplicações em motores. Para isto retomamos o tema “torque” buscando novamente as respostas que eles nos deram para a pergunta inicial:

Prof^a: Qual grandeza Física permite a transferência de energia de rotação do motor para a transmissão em um carro?

Verificamos novamente nas falas que os alunos não mencionaram o conceito de torque, porém eles faziam ligação com relação a força que é necessária para promover a transferência do movimento do motor. Então conversamos com os alunos um pouco mais sobre o assunto, a fim de que eles conseguissem elaborar o conceito de torque para em seguida formalizarmos os conceitos e exemplificar com mais situações cotidianas.

Para permitir uma melhor compreensão pelos alunos do funcionamento interno de um motor elétrico, utilizamos um objeto virtual de aprendizagem (OVA)¹⁷. Por meio deste OVA, era possível aos alunos atuarem alterando situações de acionamento dos conjuntos de bobinas eletromagnéticas constituintes do motor. Desta forma, ao menos virtualmente, foi permitido aos alunos testarem suas ideias acerca do controle e funcionamento de um motor de passo e de servomotores. Por meio desta intervenção, permitimos que os alunos aprendessem de maneira lúdica os conceitos básicos do funcionamento e controle de motores elétricos como observamos no excerto abaixo:

A4: *Professora, quando eu mudo a chave o motor gira um passo, mas se eu mudo a mesma chave de novo, ele volta.*

A2: *Muito legal, eu consegui fazer ele dar uma volta inteira. E entendi que é o campo (magnético) que tá mudando.*

Após este momento entregamos aos alunos alguns modelos de motores, tais como: motor de passo, servomotor, motor de corrente contínua, motor sem escova. Neste momento, os alunos puderam manusear cada motor e verificar as principais características e diferenças de cada modelo de motor. Aproveitamos este momento para discutir com os alunos as aplicabilidades de cada motor.

¹⁷ Disponível no sítio <http://www.wimb.net/index.php?s=delphi&page=6>. Acessado em 07/03/2013.

A3: *Nossa esse motor sem escova desliza, né? Já esse motor de passo dá pra sentir os soquinhos, quando a gente gira ele.*

Figura 3.8: Motores apresentados aos alunos. Servomotor, Motor de Corrente Contínua, Motor de Passo Bipolar.

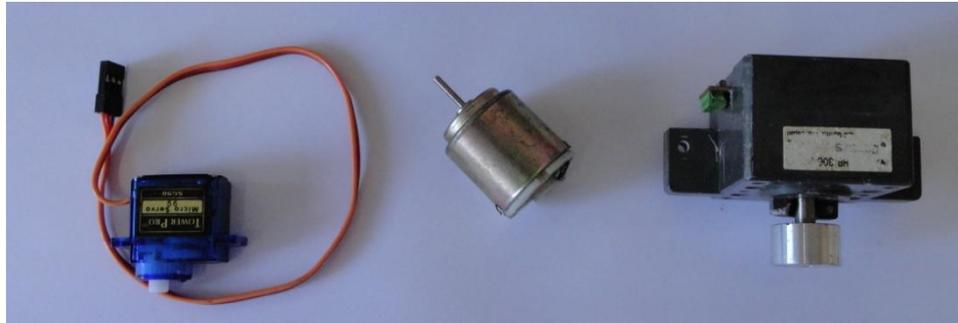
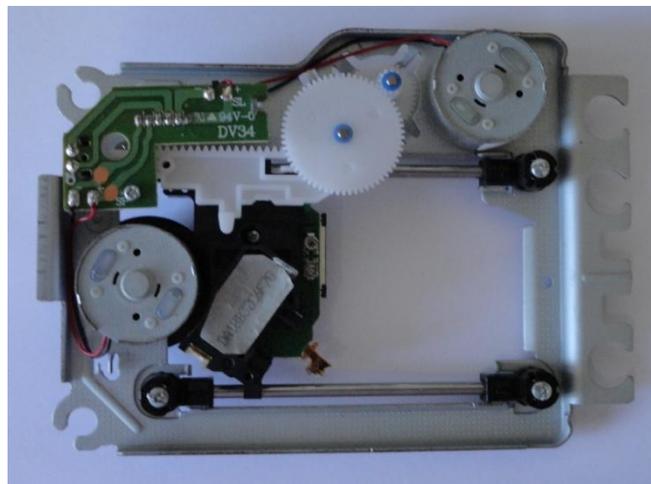


Figura 3.9: Motores apresentados aos alunos. Motor de Passo Unipolar e Motor Sem-escova.



Figura 3.10: Automatismo de Aparelho de DVD apresentado aos alunos.



Neste momento, exploramos com maior detalhe, as características do servomotor, pois foi o eleito para utilizarmos em nosso robô. Tratamos dos motivos da escolha deste motor, a partir do concreto, introduzimos e discutimos com os estudantes o assunto de torque, abordando principalmente seu funcionamento no robô.

O principal motivo de escolha do servomotor como elemento atuador em nosso robô é que ele possui em seu interior uma caixa de redução mecânica, o que permite por meio do torque multiplicar a força produzida pelo motor elétrico de corrente contínua interno a ele. Além deste fato, o servomotor possui um sensor de posição, também denominado *enconder*, que nada mais é do que um potenciômetro. Lembramos que um potenciômetro é um resistor variável em função da posição de seu eixo. Toda essa reflexão foi compartilhada por nós com os alunos. Assim, o servomotor apresenta características que o tornam mais simples de ser controlado e ao mesmo tempo permite aplicar forças de grande magnitude comparada ao volume do motor.

3.7 Sétima atividade: Construção da mecânica do robô inseto - duração 4 aulas

Como objetivo para esta atividade, temos a aplicação dos conhecimentos de torque e motores para a execução de um robô autônomo. Apresentamos aos alunos, utilizando projetor multimídia, um vídeo no qual um robô apresenta características similares ao qual buscamos construir.¹⁸ Após assistir ao vídeo, os alunos ficaram entusiasmados com as possibilidades de construção e com os desafios a serem enfrentados.

A3: *Nossa, é muito legal esse robô. O nosso vai ficar melhor ainda.*

A1: *Mas será que a gente vai conseguir professora?*

Foram iniciadas então discussões relativas às construções mecânicas a serem desenvolvidas para permitir a elaboração da unidade robótica. De início, apresentamos um vídeo que explicava o conceito de torque e suas aplicações.¹⁹ Deste vídeo, foi possível formalizar conceitualmente situações cotidianas referentes ao torque, tanto em sua descrição física quanto em suas características algébricas. Partindo destas compreensões, se iniciou discussões sobre a necessidade de motores no projeto e a quantidade, bem como quais os

¹⁸Encontra-se em <http://www.portalmcu.com.br/2012/07/robo-com-dois-servo-motores-controlado.html>. Acessado em: 20/03/2013.

¹⁹ Disponível no endereço (<http://www.youtube.com/watch?v=rLaTx6xVjxg>). Acessado em: 02/04/2013.

modos de transferir a energia do motor para o sistema mecânico de modo a produzir movimento. Levantamos junto aos alunos alguns questionamentos como:

Prof.ª: Qual o local que devemos fixá-lo (motor) para que as “patas” do robô possam se locomover da melhor forma? Devemos rebaixar o centro de massa com relação aos extremos para permitir a rotação do tronco?

A5: *O motor deve ficar nas extremidades do robô, onde vão ficar as patas.*

A6: *É, mas não deve ser bem pertinho da ponta.*

A2: *É um motor em cada pata? Ou tem alguma travessa que liga as patas?*

Todos esses questionamentos foram testados pelos alunos para adquirirem certeza do resultado e assim conseguir atingir a abstração suficiente para entender os conceitos propostos. Após as discussões, foram apresentados os materiais e as ferramentas que seriam utilizados na construção. Primeiramente os alunos definiram a forma que a base do robô possuiria, depois eles mediram na placa de madeira balsa os pedaços que iriam utilizar para construir o corpo do robô. Com o auxílio de um estilete cortaram a madeira obtendo os pedaços necessários. Conversamos com os alunos com relação ao corpo se poderia ser uma única placa. Em conjunto, vimos a necessidade de dividir o corpo em duas partes inclinadas entre si, para um melhor posicionamento do centro de massa. Em seguida, produziram a união dos pedaços de madeira balsa utilizando cola quente.

Na situação seguinte, mediram e cortaram a madeira balsa de formato de vigas quadradas em seções que constituíram as partes das patas do robô. Após efetuar o corte, visando o equilíbrio do robô e a facilidade da montagem das patas, os alunos foram instruídos a realizar um desbaste nas extremidades das vigas cortadas. Para isto, utilizaram uma microrretífica equipada com um rebolo de material abrasivo adequado para desbaste em madeira de baixa densidade. De modo a garantir a segurança dos envolvidos, todos utilizaram equipamento de proteção individual (óculos e luvas). Foi efetuada uma perfuração no ponto médio da viga central de constituição das patas. A finalidade do furo era prover um acesso ao parafuso de fixação da junção plástica do servomotor que seria montado mais tarde. Em seguida, procederam a colagem dos elementos das patas utilizando cola epóxi.

Após as patas e o corpo do robô estarem montados, fizemos a fixação dos servomotores no corpo do robô utilizando parafusos adequados a esta tarefa. As patas dos robôs foram fixadas às junções plásticas, próprias dos servomotores, por meio de cola epóxi e por tachinhas de latão. As junções plásticas foram então parafusadas aos eixos dos servomotores, por meio de parafusos específicos de cada servomotor.

Com a intenção de melhorar a força de atrito estático entre o solo e as patas do robô, foram instaladas, nas extremidades das patas, sapatas de placa de madeira balsa, que ao serem coladas perpendicularmente às patas aumentaram a área de contato com o solo, garantindo maior transferência de movimento, facilitando a movimentação do robô.

Durante esta atividade, os alunos demonstraram apreensão no início da utilização das ferramentas. Contudo, no desenrolar das ações por eles realizadas, apresentaram segurança e indicavam a intenção de poder realizar mais atividades semelhantes a essa. Conforme as falas que seguem:

A3: *Esse negócio corta muito rápido a madeira, é muito legal de usar. Acho que quero estudar mais sobre como trabalhar com madeira.*

A1: *Nossa, não sabia que era tão divertido usar esse tipo de máquina.*

A2: *Eu tinha medo de estragar a madeirinha, mas foi bem fácil de fazer.*

Diante da estrutura mecânica montada, avaliamos as construções realizadas pelos alunos e estes puderam verificar que muitos dos conhecimentos sobre conceitos físicos discutidos anteriormente foram aplicados durante a construção desta estrutura.

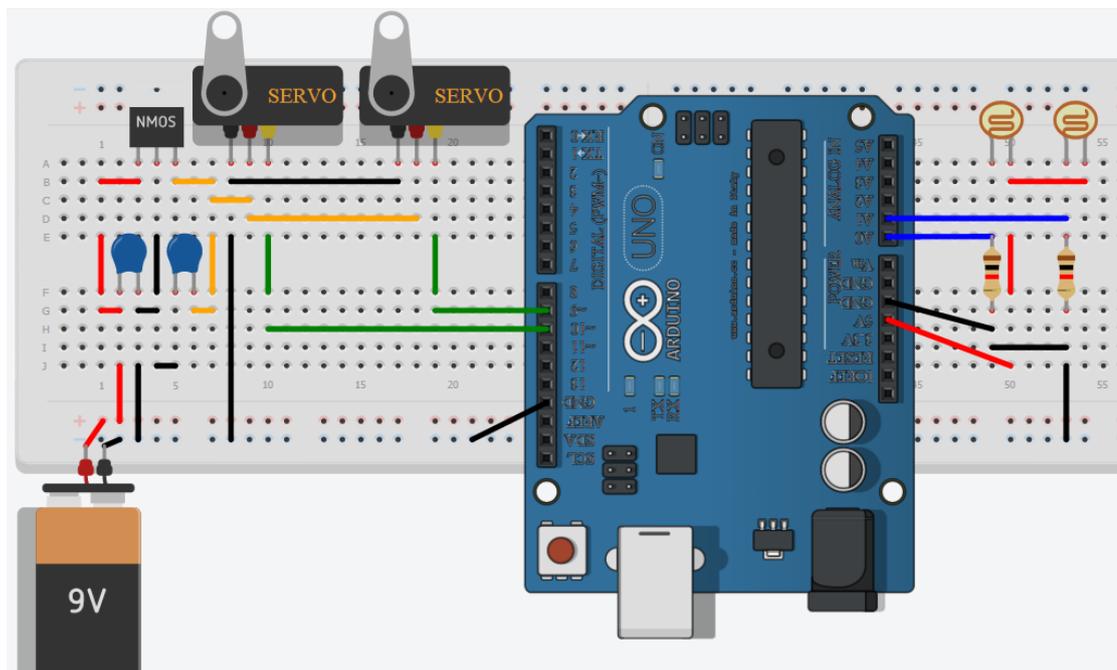
3.8 Oitava atividade: Construção eletrônica do robô inseto - duração 1 aula

Consideramos nesta atividade como objetivo principal aplicar os conceitos de eletricidade envolvidos em sensores e circuitos elétricos permitindo o funcionamento do robô autônomo. Assim, analisamos em conjunto com os alunos quais seriam os componentes, estudados anteriormente, necessários para o sensoriamento da iluminação ambiente e para alimentação dos servomotores.

Apresentamos um problema referente à alimentação elétrica do robô. A corrente elétrica máxima controlada pela plataforma Arduino era inferior à intensidade de corrente

elétrica necessária para o funcionamento adequado dos servomotores. Portanto, foi necessário implementar um circuito regulador de tensão que permitisse alimentar os servomotores à partir de uma bateria de 9V, utilizando o Arduino como unidade de controle deste sistema de alimentação. A mesma bateria de 9V foi utilizada para prover energia elétrica para a plataforma Arduino.

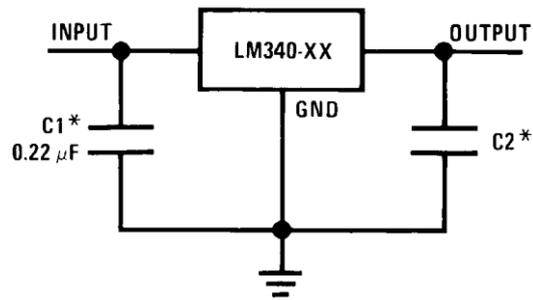
Figura 3.11: Diagrama de conexões do circuito elétrico do robô.



Fonte: Própria da autora.

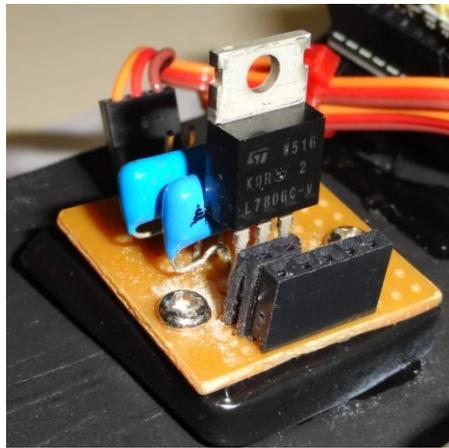
O circuito regulador de tensão consistia de um circuito integrado LM7806 que é um componente que possui em sua estrutura interna a maioria dos componentes necessários para ajustar uma tensão contínua de valor fixo. O fabricante deste dispositivo sugere, em sua folha de dados, um circuito de aplicação, que foi construído o circuito por nós e pelos alunos. Tal circuito requer apenas a associação de dois capacitores despolarizados, um em paralelo com a tensão de entrada e outro em paralelo com a tensão de saída, o valor dos capacitores utilizados foi de $0,22\mu\text{F}$. A folha de dados (*datasheet*) referente ao regulador 7806 pode ser vista no Anexo 3. Com a finalidade de facilitar a montagem que viria a seguir, instalamos, no circuito regulador montado, barras de pino “tipo macho” para conexão rápida dos terminais dos servomotores e barras de pino “tipo fêmea” para aceitar as conexões vindas do Arduino e da bateria.

Figura 3.12: Circuito de Aplicação do Regulador 7806.



Fonte: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/4477/MOTOROLA/7806.html>

Figura 3.13: Circuito Regulador construído pelos alunos.



Na sequência, determinamos os valores limítrofes das resistências dos LDR utilizados e aplicamos novamente os cálculos de divisor de tensão já previamente estudados neste projeto, na quinta atividade. Lembramos aos alunos, neste momento, que tal divisor deve ser aplicado nesta situação com a finalidade de proteger as entradas analógicas da plataforma Arduino, uma vez que a tensão máxima admissível em uma porta do conversor analógico-digital do microcontrolador utilizado tem valor de 5 volts. Com os cálculos realizados, escolheram-se os resistores com valores mais próximos aos valores calculados para se associar no divisor de tensão com os LDR.

O Arduino foi então colado, utilizando-se fita dupla face, no corpo do robô, e foram realizadas as conexões elétricas entre o divisor de tensão, LDR e o Arduino. Também conectamos os servomotores ao circuito regulador de tensão e este ao Arduino. Os cabos padronizados dos servomotores foram conectados ao circuito regulador de tensão. O circuito regulador foi conectado nos pinos digitais 9 e 10 do Arduino, e essa conexão é atribuída ao sinal de controle dos servomotores. Também conectamos o regulador de tensão ao pino de

Terra do Arduino, com a finalidade de estabelecer compatibilidade lógica aos circuitos e à entrada Vin do Arduino (que seria a alimentação do Arduino). Resistores de $1k\Omega$ foram conectados à outra porta de Terra do Arduino e então cada qual conectado a um LDR, formando um divisor de tensão. Explicamos para os alunos a necessidade da inclusão deste divisor apontando que a grandeza física interpretada pelo Arduino em suas portas analógicas é a tensão elétrica. Os LDR foram conectados à porta de fornecimento de 5 volts do Arduino. Do ponto de conexão entre LDR e resistor foi conectado um cabo até cada uma das entradas analógicas A0 e A1, sendo estas as conexões referentes aos sensores de luminosidade. O último elemento a ser conectado foi a bateria ao circuito regulador de tensão.

Durante essa etapa, os alunos foram muito participativos, fazendo comparações com o circuito antes construído, apontando a presença de componentes similares bem como semelhanças entre os trechos de circuitos relativos aos sensores. Conforme as falas seguintes:

A6: Então sempre que eu construir um divisor de tensão eu preciso dos resistores e fazer o cálculo usando aquela fórmula.

A3: Professora, o esquema de ligar o sensor agora ficou igual o de antes.

A1: Ai sim, agora entendi fácil essa fórmula usada.

Também levantaram questões sobre a possibilidade de mudança em algumas conexões, e apontamos, a eles, que realmente algumas conexões poderiam ser trocadas de posição na plataforma Arduino desde que o código-fonte recebesse as devidas informações.

3.9 Nona atividade: Programação do robô inseto - duração quatro aulas

O objetivo dessa atividade foi permitir que os alunos compreendessem a estrutura lógica de programação e sua utilidade em tomadas de decisão de sistemas autômatos, especificamente nessa situação da unidade robótica que está em construção.

Iniciamos a aula, expondo as funcionalidades da interface de desenvolvimento (IDE) do Arduino. Após uma breve apresentação da interface, apresentamos, por meio de projeção da tela do computador de uso do professor, a estrutura básica de um programa para o Arduino e alguns comandos utilizados.

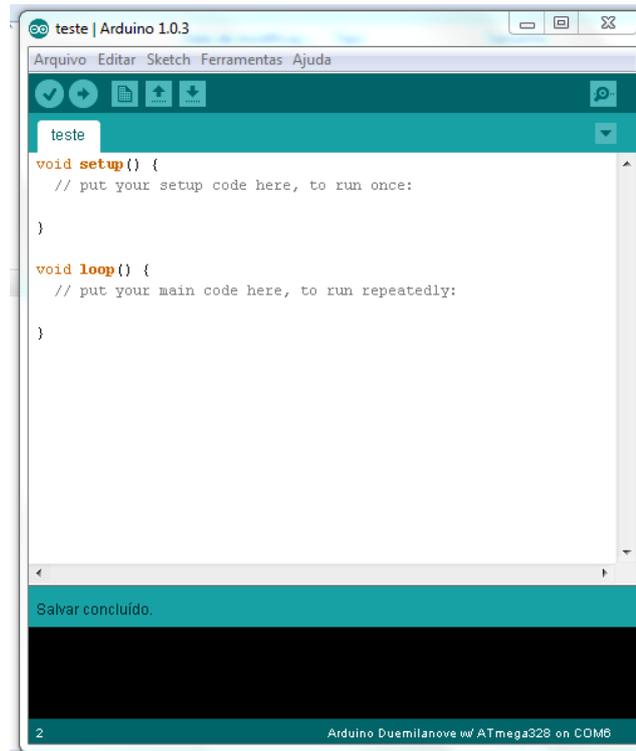
Os alunos foram solicitados então para planejar um algoritmo que permitisse que o robô realizasse as tarefas anteriormente descritas. Após o planejamento do algoritmo, os alunos converteram a sequência de instruções em comandos do Arduino, construindo, assim, um programa que permitiria o controle da unidade eletromecânica já construída. Um dos códigos-fonte desenvolvido pelos alunos A3 e A4 se encontra disponível no Anexo 5.

Entre as principais dúvidas apontadas pelos alunos, estava a possibilidade de se utilizar comandos ou estruturas lógicas distintas para a produção de um programa que apresentasse o mesmo resultado de controle, conforme podemos verificar na fala do aluno A6:

A6: *Mas professora, se usar o comando numa função ou na função loop, a principal, pode dar certo?*

Aproveitando essas dúvidas, demonstramos, partindo da construção de códigos-fonte com diferentes sequências de comandos, que seria possível criar não apenas um único código correto, mas que há um conjunto aberto de possibilidades de programação.

Durante essa atividade, descrevemos a facilidade e a importância da utilização de bibliotecas no desenvolvimento de programas. Especialmente, em nosso caso, tratamos da biblioteca *Servo.h* para o Arduino, cuja função é conter o código-fonte necessário para manipulação dos comandos de controle dos servomotores. Entre os comandos utilizados, apresentamos os modos de definição de variáveis e os modos de definição dos pinos de entrada e saída da plataforma Arduino por meio do código.

Figura 3.14: Imagem da IDE Arduino 1.0.3.

No programa desenvolvido, utilizamos o tipo de variável inteira, ou *int*. Quanto às portas de entrada e saída, configuramos o pino 13 do Arduino como uma saída digital, pois já havia um LED e o definimos como sinalizador. Também como saída foram configurados os pinos 9 e 10 que foram fisicamente associados aos servomotores enquanto que os pinos referentes às entradas analógicas A0 e A1 foram designados como entradas de sinal para as leituras provenientes dos resistores dependentes da intensidade luminosa (LDR), lembrando que os LDR foram conectados ao Arduino via divisor de tensão. Durante a programação, apresentamos, aos alunos, a possibilidade de agrupar algumas tarefas repetitivas dentro de estruturas de programação conhecidas como funções. Dessa forma, o código-fonte produzido se tornaria mais compacto ao contar com essas sub-rotinas.

3.10 Décima atividade: Teste do robô inseto - duração duas aulas

Essa atividade foi norteadada pelo objetivo de aplicar todos os conceitos anteriormente abordados neste trabalho, agora, pretendendo vivenciá-los de modo lúdico, fazendo uso da unidade robótica construída. Cada dupla de alunos ligou seu robô e o testou de várias maneiras: o modo de deslocamento do robô, a velocidade de locomoção e as suas respostas

aos estímulos luminosos ambientes. Também nesse momento foi possível observar os comportamentos dos robôs de outros colegas.

Durante essa etapa, os alunos precisaram elaborar um código de controle do Arduino que permitia verificar o máximo deslocamento angular das patas do robô e que permitisse o melhor caminhar sem danos à estrutura mecânica. Denominamos esse código-fonte de programa de calibração dos servos (Anexo 6), pois permitiu identificar as posições angulares mais adequadas de cada servo de cada pata do robô.

Conforme os alunos foram estudando o deslocamento do robô, fomos instigando suas percepções sobre o conceito de torque envolvido na atuação do servomotor sobre a pata e a consequente produção de movimento. Citamos, a seguir, um dos diálogos captados:

Prof^a: Qual a relação do comprimento da pata com o movimento do robô?

A1: *Ah, tipo quando a pata é mais comprida ele vai mais rápido.*

A4: *Se o ângulo de giro for menor, o robô sofre mais para se mexer.*

Nessa atividade, os alunos se envolveram e buscaram apontar novas sugestões de projetos de construção de robôs diferentes, pois se sentiam capazes de desenvolver outros robôs a fim de elucidar sua curiosidade sobre outros temas.

A2: *A gente podia fazer um robô que segue linha né?*

A6: *É mesmo professora, ou um com lagartas que eu vi na internet.*

Dessa forma, pudemos apontar a satisfação dos alunos e também a nossa de perceber a conclusão de um projeto ao qual nos propusemos trabalhar mesmo diante da complexidade das etapas envolvidas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos os dados coletados durante as entrevistas inicial (antecedendo o projeto de robótica) e final (após o projeto de robótica). Utilizamos o referencial teórico escolhido para analisar e discutir os dados coletados. Para isso, fizemos uso das transcrições das falas dos alunos. Dessa forma, a análise se constituiu em estabelecermos quatro categorias, cada uma com suas referentes subcategorias, que emergiram do conteúdo das respostas dos entrevistados. Bardin define as categorias da seguinte forma: “As categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos” (BARDIN, 1977, p. 117).

As categorias estão dispostas e analisadas individualmente. As mesmas são apresentadas em tabelas que contêm três colunas: na primeira coluna se encontra o título da categoria, na segunda coluna, as subcategorias que foram divididas e na terceira coluna, as unidades de análise que utilizamos para a categorização. Na unidade de análise identificamos os entrevistados que narraram sobre o assunto em questão, dessa forma tratamos cada um dos alunos como A1, A2, A3, A4, A5 e A6.

No quadro a seguir, apresentamos todas as categorias encontradas, suas subcategorias e o número de unidades de análise que as compõem:

Quadro 4.1: Síntese das categorias, subcategorias e unidades de análise obtidas por meio dos depoimentos dos estudantes entrevistados.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	Nº DE UNIDADES DE ANÁLISE
4.1 – A RELAÇÃO AFETIVA COM A FÍSICA	4.1.1 - Distanciamento afetivo da disciplina de Física	02
	4.1.2 - Aproximação afetiva da disciplina de Física	04
4.2 - A PRESENÇA DE ASSUNTOS RELACIONADOS AOS CONTEÚDOS DE FÍSICA NO COTIDIANO DOS ESTUDANTES	4.2.1 - O interesse por assuntos pertinentes à Física	03
	4.2.2 - Os meios de comunicação utilizados para buscar esses assuntos	05
	4.2.3 - O interesse por assuntos pertinentes à Física após o Projeto de Robótica	04
	4.2.4 - Mudanças de comportamento frente aos conteúdos de Física após o Projeto de Robótica	06
4.3 - CONCEPÇÕES LEVANTADAS SOBRE O CONTEÚDO DE TORQUE	4.3.1 - Concepções prévias ao projeto de robótica	05
	4.3.2 - Concepções posteriores ao projeto de robótica	06
4.4 - O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES COM RELAÇÃO À ROBÓTICA EDUCACIONAL	4.4.1 - Fatores motivacionais para a participação do projeto de robótica	06
	4.4.2 - Expectativas com relação ao projeto de robótica	06
	4.4.3 - Percepções motivacionais posteriores à realização do projeto de robótica	06
	4.4.4 - Fatores influentes na formação dos estudantes	06

4.1 CATEGORIA 1: A RELAÇÃO AFETIVA COM A FÍSICA

De acordo com Piaget (1962), os aspectos afetivos e cognitivos estão interligados no processo da formação do indivíduo. Quando se menciona a afetividade, incluem-se sentimentos, emoções e desejos próprios do sujeito em questão.

Contudo, analisar o contexto na qual a afetividade se desdobra não é tarefa simples e requer grande cuidado por parte da escola, professor e família. Segundo Wallon (1994) apud (ALMEIDA, 1999 p. 52), “[...] a afetividade constitui um domínio tão importante quanto a inteligência para o desenvolvimento humano”. Após o tratamento dos dados, foi possível identificar duas tendências possíveis quanto à relação de afeto entre estudantes e a disciplina de Física. As tendências observadas foram organizadas em duas subcategorias: o grupo que tende a se aproximar afetivamente com a Física e o grupo que tende a se distanciar afetivamente. No Quadro 4.2, encontram-se as subcategorias que identificam os aspectos afetivos dos estudantes com relação à Física.

Quadro 4.2: Subcategorias e unidades de análise obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação aos aspectos afetivos com a Física.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE ANÁLISES
4.1 - A RELAÇÃO AFETIVA COM A FÍSICA	4.1.1 - Distanciamento afetivo da disciplina de Física	A1, A2
	4.1.2 - Aproximação afetiva da disciplina de Física	A3, A4, A5, A6

Subcategoria 4.1.1: Distanciamento afetivo da disciplina de Física

Segundo os relatos dos estudantes, um dos fatores que influenciam o afastamento afetivo da disciplina de Física é a dificuldade de compreensão dos cálculos matemáticos, envolvidos no processo de ensino tradicional dos fenômenos físicos. O excerto seguinte, retirado da fala do A1, ilustra tal situação:

A1. *Ah! Mais ou menos é que tem muita conta, que nem aquele negócio de temperatura que eu to aprendendo agora, eu não entendi direito, é que é meio confuso.*

Outro indício que aponta para a situação supracitada pode ser observada nos diálogos a seguir:

Prof^a: Você acha agradável estudar Física?

A2. *Não (sinal negativo com a cabeça)*

Prof^a: Então um dos motivos é não gostar de cálculos?

A2. *Não gosto de cálculos (matemática)*

A3. *Não gosto de cálculos*

A4. *Não, gosto porque [pausa, olhar no infinito] é mais pela parte prática.*

Prof^a: Consegue entender os conceitos relacionados à Física?

A1. *Ah, eu acho que me atrapalha um pouco...*

A2. *Não consigo entender os conceitos relacionados à Física*

A compreensão dos conceitos físicos requer certo grau de abstração de forma diferente das situações com as quais o aluno está acostumado no seu cotidiano. Muitas situações acabam por ser observadas somente em laboratórios e muitas vezes dependem de um raciocínio mais sofisticado (PIETROCOLA, 2002).

Sabemos, ainda, que, usualmente, o professor do Ensino Médio ministra as aulas de Física de forma matematizada, abstendo-se de exemplificar as incontáveis situações no cotidiano do aprendiz, em que a aplicação dos conceitos físicos é imprescindível.

A dificuldade apontada pelos estudantes na compreensão dos conceitos físicos, principalmente por não compreenderem o sentido e o significado das equações matemáticas apresentadas, é uma das responsáveis pelo distanciamento afetivo deles com a Física, como podemos evidenciar nas falas abaixo:

A1. *Ah, eu acho que é isso um pouco, porque também teve um problema com a professora, porque ela não explicava direito também e confundiu a cabeça.*

A2. *Às vezes não consigo fazer relação dos cálculos com os conceitos físicos.*

Para autores como Piaget e Wallon, a afetividade está diretamente relacionada com o cognitivo e o caminho inverso também é verdade. Piaget (1994, p. 61) afirma que “[...] o pleno desenvolvimento da personalidade, sob seus aspectos mais intelectuais, é inseparável do conjunto dos relacionamentos afetivos, sociais e morais que constituem a vida da escola”. A Física faz uso e demonstra a necessidade da matemática como critério de cientificidade, imputando muitas vezes o fracasso escolar à dificuldade que o estudante apresenta no aprendizado de matemática (PIETROCOLA, 2002).

Outra variável que se destacou na fala dos alunos como responsável pelo distanciamento afetivo deles com relação à Física foi o relacionamento com a professora.

Prof^a: Tem mais outro comentário sobre as suas dificuldades?

A1. *Só a professora que ela era muito estranha, é que ela não explicava direito, sabe aí chegava na hora da prova, era totalmente diferente. Nossa não lembro disso!*

A2. *Acho que a professora influencia, eu não entendia muito o que ela explicava, eu não entendia muito bem.*

A relação afetiva entre professor e aluno representa grande influência no aprendizado, podendo influir de forma positiva ou negativa. Saltini (2008, p. 102) destaca que “[...] a serenidade e a paciência do educador, mesmo em situações difíceis, faz parte do que a criança necessita”. Assim, o professor deve ser um mediador e proporcionar uma relação afetiva adequada com o estudante. O educador precisa criar mecanismos e oportunidades que favoreçam o processo de aprendizagem e que possam romper as barreiras das dificuldades encontradas nesse caminho.

Segundo Martins e Moser (2012, p. 21), “Nas interações educativas, seja nos encontros com professores e alunos, seja na família, entre pais e filhos, seja num contexto mais amplo, é preciso considerar o pano de fundo e o horizonte em que se desenha o ato educativo ou ato pedagógico”. A busca, portanto, de um ambiente que promova a afetividade pela disciplina tende a melhorar a oportunidade de aprendizado por parte do educando.

Subcategoria 4.1.2: Aproximação afetiva da disciplina de Física

O processo de avaliação está marcado na memória dos estudantes e, por inúmeras vezes, tem influenciado negativamente a aproximação afetiva com a disciplina. Essa

influência negativa se apresenta, em algumas ocasiões, vinculada a resultados ruins, encontrados na aprendizagem do ensino de Física, como apresenta Carvalho (2010). Fourez (2003) aponta uma “crise no ensino de Ciências”, revelando como um dos fatores que corroboram essa chamada crise a questão da avaliação. Um dos questionamentos feitos aos alunos foi relacionado à avaliação e, conseqüentemente, às notas obtidas. A intenção foi verificar se as notas possuem influências negativas ou positivas no processo afetivo de aproximação dos alunos com relação à Física.

Quando os pesquisados foram arguidos sobre os resultados da avaliação, as respostas se encaminharam para um lugar comum. Tanto os estudantes possuidores de um bom desempenho escolar na componente curricular de Física quanto os que não apresentam um bom desempenho não indicam esse fato como elemento importante na relação afetiva com a disciplina de Física.

A1. *Não! As notas são suficientes para passar.*

A2. *É, tiro um pouco, não influencia em gostar de física.*

A3. *Minhas notas são normais, não influencia.*

A4. *Um pouco.*

A5: *Não, tiro média assim, 70.*

A6. *Não, porque as minha notas não são tão assim, são na média, mas eu gosto bastante do conteúdo.*

Assim, um elemento que se destacou como não influenciável no afastamento ou aproximação afetiva dos educandos frente à disciplina foi a nota bimestral por eles obtida. Percebemos que a maior dificuldade enfrentada pelos alunos não é o resultado obtido em suas avaliações, mas a própria autoavaliação qualitativa deles com relação aos conteúdos e procedimentos metodológicos, utilizados na disciplina.

Quando os estudantes foram questionados quanto à afinidade com os assuntos relacionados à Física, eles mostraram-se curiosos e motivados a saber mais sobre diversos temas. No entanto, reclamaram da distância significativa entre os assuntos que desejam conhecer e os estudados em sala de aula. Além disso, apontaram que as práticas pedagógicas adotadas pela professora não conseguem motivá-los para a aprendizagem do que está sendo ensinado em sala de aula.

A3. *Sim, física é tipo uma matéria gostosa, apesar de eu não ser muito bom, mas é uma matéria que me intriga bastante, então eu gosto de estudar física.*

A3. *Eu gosto da parte prática dela, porque ela é uma matéria interessante, ela deixa você bem livre pra pensar e fazer experimentos e muita coisa diferente.*

A4: *Então [pausa], a parte teórica sempre é maçante, é chata. Mas na parte, eh, [pausa] prática é bem legal eu já trabalhei um pouco, um tempo lá no MUDI, já [pausa] fiquei um pouco lá na sala de física lá era bem legal essa parte, mas na teoria não [acena negativamente com a cabeça].*

A4: *Sim, é legal, mas depende do jeito como se aborda.*

A5: *Sim. Eu gosto do assunto Física em geral.*

A5. *Em geral gosto de ficção científica.*

A6. *Sim, é um assunto que me interessa.*

O aluno **A3** apresenta o interesse nos assuntos que permeiam a Física e deixa evidente que não há relação com seu desempenho escolar, contudo, ele demonstra maior interesse, assim como o estudante **A4**, pelas aulas experimentais. De acordo com Neves, Caballero e Moreira (2006), Lima *et al* (1999), as atividades experimentais muitas vezes facilitam o entendimento de alguns fenômenos físicos, difíceis de serem compreendidos apenas pelo formalismo teórico. Segundo Delizoicov e Angotti (2000), no momento das atividades experimentais o professor intermedeia situações problematizadoras, levando os alunos a questionamentos e construindo o conhecimento por meio de análises e interpretações de situações propostas.

Com relação à compreensão dos conceitos físicos abordados em sala de aula, alguns estudantes afirmaram entendê-los:

Prof^a: *Você consegue entender os conceitos relacionados à Física em sala de aula?*

A3. *Eu consigo entender os conceitos relacionados à Física.*

A4. *Sim, porque você entende um pouco mais das coisas né? Como é que funciona, [pausa] o mundo de uma maneira geral.*

A5. *Gosto de coisas científicas, astronomia, física em geral, assim.*

A6. *Sim, eu acho interessante.*

No momento em que foram questionados se conseguiam relacionar os cálculos com os conceitos físicos abordados, os estudantes **A4** e **A5** mostraram que têm dificuldades na compreensão do formalismo matemático adotado:

A4. *Consigo, mas com um pouco mais de dificuldade encaixar a parte teórica nos outros jeitos.*

A5: *Às vezes, às vezes fica muito na teoria assim.*

Ou seja, mesmo entre os estudantes mais próximos afetivamente da Física há dificuldades na aprendizagem significativa de suas equações. Diante desse problema, Pietrocola (2002, p. 104) sugere “[...] uma mudança de postura epistemológica dos educadores científicos em geral com respeito à forma de apresentar a Matemática nos cursos de Física.” Isso é necessário, pois cada vez mais os professores de Física utilizam, de modo excessivo, a Matemática em suas aulas, deixando, muitas vezes, em segundo plano as discussões que envolvem conceitos físicos (PIETROCOLA, 2002). Segundo Paty (1995, p. 233),

A matemática é a linguagem na qual se exprime a física. Essa formulação de uma verdade bem estabelecida parece cobrir com o manto da evidência uma série de problemas sobre a natureza da física, da matemática, de suas relações, isto é, sobre seus objetos, seus métodos, suas abordagens, que estão longe de estarem esgotados por um resumo dessa natureza.

Quando questionados sobre o fracasso escolar na aprendizagem da Física, a maioria dos professores atribui esse fato à falta de conhecimento dos estudantes quanto ao conteúdo de Matemática, é como se os “pré-requisitos” não foram atendidos para que os alunos conseguissem acompanhar suas aulas (PIETROCOLA, 2002). De acordo com Paty (1995), a Matemática exerce papel de estruturação para o pensamento científico, sendo importante para a construção de modelos físicos. Desse modo, não queremos desmerecer a importância da utilização da Matemática no entendimento dos problemas físicos, mas acreditamos que os cálculos devem ser abordados de maneira significativa, fazendo sentido para o aprendiz.

CATEGORIA 4.2: A PRESENÇA DE ASSUNTOS RELACIONADOS AOS CONTEÚDOS DE FÍSICA NO COTIDIANO DOS ESTUDANTES

Muitos estudantes, ao se depararem com situações satisfatórias a respeito de seu conhecimento formal, produzido no ambiente escolar, conseguem estabelecer uma melhor relação com situações informais de ensino (CACHAPUZ et. al., 2011). Dessa forma, conseguem fazer relações com fenômenos físicos cotidianos, associados aos conhecimentos formais já estruturados, e como resultado tendem a apresentar profundo interesse na busca de maiores informações desses assuntos.

Há uma miríade de caminhos que os alunos podem utilizar para buscar essas informações sobre situações informais de ensino, porém ainda existe um abismo entre essas informações e os assuntos tratados em sala de aula.

Nessa categoria, buscamos entender aspectos relacionados ao interesse dos alunos por assuntos afetos à Física e os meios utilizados por estes a fim de encontrar maiores informações sobre esses assuntos.

Quadro 4.3: Subcategorias e unidades de análise obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação aos conteúdos de Física presentes no cotidiano.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE ANÁLISES
4.2 - A PRESENÇA DE ASSUNTOS RELACIONADOS AOS CONTEÚDOS DE FÍSICA NO COTIDIANO DOS ESTUDANTES	4.2.1 - O interesse por assuntos pertinentes à Física	A1, A3, A6
	4.2.2 - Os meios de comunicação utilizados para buscar esses assuntos	A2, A3, A4, A5, A6
	4.2.3 - O interesse por assuntos pertinentes à Física após o Projeto de Robótica	A1, A2, A3, A4
	4.2.4 - Mudanças de comportamento frente aos conteúdos de Física após o Projeto de Robótica	A1, A2, A3, A4, A5, A6

4.2.1 Subcategoria: o interesse por assuntos pertinentes à Física

Muitas vezes a descontextualização das ciências, principalmente quando comparada com as atividades tecnológicas, leva a perdas significativas quanto ao caráter da educação científica (CACHAPUZ et. al., 2011). Nessa visão, buscamos investigar qual o interesse de nossos alunos por assuntos que estejam envolvidos com a Física, contudo fora das barreiras da sala de aula. Queremos entender se em momentos fora da escola esses alunos possuem curiosidade e interesse com esses assuntos. Portanto, questionamos os alunos da seguinte forma:

Prof^a: Você se interessa pelos assuntos cotidianos que se relacionam com a Física? No seu dia a dia, quando você está fora da escola, tem algum assunto por que você se interessa que seja relacionado à Física?

A1: *Ah, nunca parei para pensar, nunca parei para pensar nisto antes.*

Prof^a: E você consegue fazer relação de algum assunto de Física com o seu cotidiano?

A1: *Não. (balança a cabeça reforçando o sinal negativo)*

A3: *Um pouco, alguns sim outros nem tanto.*

Prof^a: Que tipo de assunto você gosta?

A3: *Ah tipo, eu de tipo eu tenho mania de desmontar coisas e tal, eu gosto de pensar como você montar, remontar.*

A6: *Sim, quando caiu os meteoritos na Rússia eu procuro sempre saber o porquê, que eu acho interessante.*

Com exceção do aluno **A1**, verificamos que todos os outros alunos foram favoráveis quanto ao interesse por assuntos relacionados à Física. Quanto ao aluno **A1**, quando ele foi indagado quanto à relação afetiva que possuía com a componente curricular Física, seu posicionamento foi negativo. O aluno se apresentou como alguém que não possui uma aproximação afetiva com a Física e pudemos perceber nesse momento que esse fator influencia, inclusive, em suas relações sociais. Para Cachapuz *et al* (2011), o aluno de alguma forma acaba por se distanciar de assuntos que envolvem as Ciências em seu cotidiano pelo

fato de não compreendê-las em sala de aula. O processo de ensino e aprendizagem das Ciências deve se ater em permitir que os estudantes possam se tornar cidadãos que compreendam a sociedade na qual estão inseridos. Silva (2001) também aponta para essa perspectiva, afirmando que, quando o aluno possui contato com as atualidades relacionadas com a ciência e a tecnologia, lhe são proporcionadas a valorização dos conteúdos de sala de aula e ao mesmo tempo uma conexão com os saberes presentes em seu cotidiano.

4.2.2 Subcategoria: os meios de comunicação utilizados para buscar esses assuntos

Nesse momento, indagamos os alunos com relação aos locais em que eles buscam informações que considerem serem relacionadas à Física. O intuito foi entender onde se concentram as principais buscas, visto que entendemos que esses estudantes representam uma geração dinâmica e que isso reflete em suas escolhas na busca de conhecimento. Dessa forma, os questionamos da seguinte forma:

Prof^a: E como você busca mais conhecimento sobre esses assuntos de que você gosta?

A4: *Geralmente na internet.*

A5: *Eu entro em sites de notícias, algo científico assim, tem páginas no facebook de informações científicas que eu acompanho.*

A6. *O lugar que eu mais busco mesmo é na internet.*

Não é de estranharmos que a postura de nossos alunos seja esta, com a busca por informações dando maior notoriedade na internet. Dados do governo brasileiro apontam que “A proporção de domicílios com computador no Brasil subiu de 45% para 50% no final de 2012. A proporção de domicílios com acesso à Internet apresentou crescimento ainda mais significativo, passando de 38% 2011 para 45% em 2012”²⁰. Dessa forma, temos percebido cada vez mais o acesso, principalmente de adolescentes e jovens, ao uso da internet.

Para Ribeiro e Kawamura (2007), os meios no qual acontece a divulgação científica são diversos, como: revistas, jornais, documentários televisivos, museus, entre outros. As autoras ainda apresentam que esses meios possuem papel fundamental no ensino de Física, proporcionando, aos alunos, informações atuais sobre ciência e tecnologia, bem como suas relações, formação do espírito crítico e reflexivo e motivação com relação à Física.

²⁰ <http://www.brasil.gov.br/governo/2013/10/domicilios-com-acesso-a-internet-no-brasil-crescem-de-38-2011-para-45-em-2012> acessado em: 10/12/2013.

Com relação às revistas de divulgação científica, questionamos os alunos se eles procuravam esse meio como forma de informação e as respostas foram expressivamente negativas:

A4: *Muito pouco. Quase nada.*

A5: *até eu assino uma revista lá, a superinteressante, às vezes tem algo científico mas não leio muito não.*

A6: *leio bem pouco.*

Os outros alunos responderam que não fazem o uso de revistas para a informação. Percebemos nos apontamentos dos alunos que não há por parte dos mesmos um hábito de leitura consolidado. Autores como Silva e Almeida (1999) apresentam a importância do uso de textos alternativos de divulgação científica com o material didático, favorecendo dessa forma a formação do sujeito-leitor. Outro apontamento dos alunos se deu quanto à procura de documentários que trazem assuntos pertinentes à Física.

A2. *Sim, documentários na televisão eu gosto.*

A3. *Já vi alguns.*

A4: *Ai é legal.*

A5: *Eu gosto de assistir documentários.*

A6: *Eu gosto bastante de documentários.*

Com relação aos documentários, a adesão dos estudantes foi maior. Muitas vezes os documentários conseguem despertar a curiosidade do público. Contudo, podemos verificar que a procura dos alunos por assuntos pertinentes à Ciência ainda é pouco expressiva. Para Salém e Kawamura (1996), esses assuntos promovem a desmistificação da ciência, tornando-a mais acessível, mas para isso é necessário que os alunos se sintam motivados e entusiasmados com esse tipo de material. Nesse momento, recorreremos a fatores que envolvem nossa pesquisa, observando que o cognitivo não se separa do afetivo, então, se nossos alunos apresentam dificuldades de compreensão com relação à componente curricular Física, muito provável que não se sentirão motivados a tratar desses assuntos fora do âmbito escolar.

4.2.3 Subcategoria: o interesse por assuntos pertinentes à Física após o Projeto de Robótica

Partimos da premissa, apresentada por Zilli (2004) e Papert (2008), de que algumas das habilidades que a robótica educacional pode desenvolver nos alunos é a curiosidade em diversos níveis e a capacidade crítica para entender as relações em que vivem.

Portanto, nesse momento, nosso intuito foi de verificar se, por meio da aplicação do projeto de robótica, conseguimos de maneira qualitativa proporcionar avanços nas perspectivas de interesse por assuntos de ordem científica por nossos alunos no ambiente extraescolar. Dessa forma repetimos o questionamento referente a tal tema na segunda entrevista:

Profª 03. E quanto ao seu interesse pelos assuntos cotidianos que se relacionam com a Física? Houve alguma mudança após a realização do projeto de robótica?

A1. *Sim, principalmente com relação aos autômatos, toda vez que eu vejo uma escada rolante eu lembro do desenho que eu fiz, fico imaginando, nossa que legal, nunca tinha imaginado que era assim, tudo, geladeira, elevador então, até a TV é bem diferente.*

A2. *Sim, por incrível que pareça sim. Eu passei prestar mais atenção em tudo, no infravermelho da televisão, no rádio, no velocímetro do carro eu comecei prestar muita atenção.*

A3. *Houve, porque tipo agora tipo eu olho pra alguma, porque meu tio mexe com essas coisas, aí eu olho pra uma peça e fico imaginando como ela é por dentro e tal, como ela funciona por dentro, o que ela faz pra fazer os movimentos dela e tal. Todas as coisas que você vê na rua agora você pensa: ah, como será que é por dentro?*

A4. *Se eu vejo um documentário ou reportagem eu paro pra ver tudo, melhorou o meu interesse.*

Corroborando a hipótese de Zilli (2004) e Papert (2008), observamos nas respostas dos alunos, de maneira notória, a aproximação destes com assuntos de cunho científico, a qual partiu da participação no projeto realizado. Além desse resultado também verificamos o

aumento da curiosidade sobre temas científicos e uma preocupação com a compreensão dos fenômenos cotidianos, vivenciados por esses alunos. Com a pretensão de validar essas respostas, ainda questionamos os alunos para estes relatarem outros assuntos que desencadearam interesse após a verificação da perspectiva apresentada por eles acima. Assim, os questionamos quanto aos assuntos que já haviam feito essa relação:

A1. *Em revista eu não vejo muito não, mas na TV sim. Mas principalmente no computador, às vezes eu pesquiso assuntos relacionados à Física, por curiosidade.*

A1. *O elevador, fico imaginando as forças, os cabos tudo.*

A2. *De vez enquanto eu procuro. Mais do que antes, porque antes eu nem ligava. Física pra mim, (aff!) coisa chata e agora não é mais.*

A3. *Ah, eu sempre assisti bastante documentário sobre física e tal, eu sempre gostei bastante. Mas agora que você sabe um pouco mais motiva mais em querer saber, as vezes você vai saber um pouco mais do documentário já. É mais legal.*

A4. *Sim, agora eu entendo mais sobre o torque, o meu pai falava muito de torque e motor essas coisas e eu nem sabia o que era e aí como precisamos pra fazer o robô, pesquisamos a gente já sabe o que é e aplicamos.*

Os grifos acima foram por nós destacados a fim de melhor visualizar os resultados comentados, os quais apontam a mudança no perfil de interesses dos alunos frente aos conceitos científicos. Da mesma forma que se apresenta o trabalho de Cachapuz *et. al.* (2011), nosso intuito não deve ser o de formar “alunos-cientistas” mas de preparar esses alunos para que possam compreender não somente a aplicação da ciência nas tecnologias mas também todas as variáveis que promovem esse acontecimento. Em algumas falas, como a do aluno **A3**, se demonstra que, após uma melhor compreensão do saber científico, há uma motivação para se buscar entender outros assuntos relacionados em maior profundidade conceitual. Os outros alunos da mesma forma mostram que o conhecer científico permite ampliar os horizontes de compreensão, encaminhando os alunos a buscar, até mesmo fora do ambiente escolar, informações que fundamentem seu conhecimento sobre novas áreas do saber científico.

4.2.4 Subcategoria: mudanças de comportamento frente aos conteúdos de Física após o Projeto de Robótica

Nessa subcategoria pretendemos indagar aos alunos se houve mudanças de comportamento durante a participação no projeto com relação aos conceitos escolares de Física. Segundo Papert (2008, p. 135), “O construcionismo é construído sobre a suposição de que as crianças farão melhor descobrindo (“pescando”) por si mesmas o conhecimento específico de que precisam; [...] O tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o que as ajudará a obter mais conhecimento”. Portanto, como nosso referencial teórico utilizado foi o construcionismo, pretendemos observar se aconteceu uma extensão na busca do saber além das fronteiras do que trabalhado no projeto.

As falas coletadas revelam uma aproximação dos alunos com relação à disciplina de Física como um todo, pois estes alunos conseguiram estabelecer um conjunto de vínculos com a disciplina que lhes permite procurar novos caminhos para desenvolver o conhecimento sobre outros conceitos físicos estudados.

Prof^a: Após a realização do projeto, você percebe alguma mudança em seu comportamento frente aos conteúdos da disciplina de Física?

A1. *Ah tá mais legal, eu gostei mais. Tipo dá pra eu entender mais, porque eu achava que, todo mundo falava que física era chato, que física era aquilo, aí eu aprendi a não gostar sabe? E a professora também não ajudava. Tá certo que é muito diferente as aulas do projeto para as aulas na nossa sala, principalmente que é muita gente na sala e a professora não dá atenção pra gente. Mas o projeto me mudou pra melhor.*

A2. *Teve muita mudança, eu comecei prestar mais atenção nos conteúdos, nas continhas, porque tudo tá relacionado, achei interessante, comecei a gostar. Só que em casa eu não estudo muito não. Então o interesse mudou, agora eu sei que se eu estudar eu vou aprender.*

A3. *Ah sim, fica mais fácil agora pegar os conteúdos do que o restante da sala. Você entende mais fácil a matéria, por exemplo, você tem uma base melhor do que os outros.*

A4. *Entendendo um pouco mais, assim aplicando as coisas no cotidiano você fica um pouco mais sabendo e presta mais atenção, porque você sabe aplicar. E agora em sala de aula é mais fácil pra compreender os assuntos. Porque você vê as aplicações das equações. E influencia até nos estudos em casa, dá mais prazer pra estudar.*

A5. *Ah geralmente eu to tentando interpretar melhor, principalmente as fórmulas, imaginar melhor, às vezes tento imaginar como seria um experimento. Ajudou em tudo.*

A6. *Ah! mudou porque assim, eu já tinha interesse em física, mas mesmo assim eu achava meio monótona a aula ... é enfim não associava os assuntos cotidianos, e com as aulas que a gente teve de robótica e tudo ficou mais interessante estudar física, a gente teve a parte prática da física então o interesse fica maior.*

Fica evidente, pelas falas dos alunos, que a mudança de comportamento frente à disciplina de Física foi positiva, levando-os a estabelecer uma afinidade com assuntos que previamente eram considerados uma obrigação. Notamos que os comentários dos alunos apontam uma relação agradável e motivadora não somente em se tratando das atividades do projeto, mas também se estendendo a suas ações em sala de aula.

“Não será mais o fazer, chegar a uma resposta, mas a interação com o que está sendo feito, de modo a permitir as transformações dos esquemas mentais [...]. Por outro lado, os objetos e atividades deverão ser estimulantes para que o aluno possa estar envolvido com o que faz. Devem ser ricos em oportunidades, para permitir ao aluno explorá-las e possibilitar aberturas para o professor desafiar o aluno e, com isso, incrementar a qualidade da interação com o que está sendo feito.” (VALENTE, 1999 p.34)

A citação acima mostra que as mudanças na visão dos alunos ocorrerão à medida que atitudes sejam implementadas para permitir maior interação destes com o conteúdo e assim obter êxito no processo de formação científica e social do indivíduo.

CATEGORIA 4.3: CONCEPÇÕES LEVANTADAS SOBRE O CONTEÚDO DE TORQUE

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) contemplam que é fundamental que o aluno ao final do Ensino Médio seja capaz de compreender os elementos motivadores de movimentos bem como suas diversas aplicações tecnológicas ou ambientais (BRASIL, 2002).

O conteúdo de torque geralmente está disposto no primeiro ano do Ensino Médio, sendo apresentado nos planejamentos de ensino após a apresentação do conteúdo de Leis de Newton. Podemos encontrar sua definição em livros didáticos como no seguinte excerto: “O momento, M , ou torque de uma força F , que atua em um corpo, em relação a um eixo que passa pelo ponto O , é definido pela relação $M = F \cdot d$, onde d é a distância (perpendicular) de O à linha de ação de F .” (LUZ e ÁLVARES, 2005, p. 135). Em aplicações robóticas a definição de torque é muito importante, pois está associada à capacidade de um motor transferir movimento a um sistema mecânico (PREDKO e McCOMB, 2006).

Nessa categoria, avaliamos inicialmente as concepções prévias dos alunos frente ao conteúdo de torque e, após as intervenções realizadas, novamente buscamos avaliar as alterações conceituais ocorridas nos alunos.

Quadro 4.4: Subcategorias e unidades de análise obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação às concepções do conteúdo de torque.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE ANÁLISES
4.3 - CONCEPÇÕES LEVANTADAS SOBRE O CONTEÚDO DE TORQUE	4.3.1 - Concepções prévias ao projeto de robótica	A1, A2, A3, A4 e A5
	4.3.2 - Concepções posteriores ao projeto de robótica	A1, A2, A3, A4, A5 e A6

4.3.1 Subcategoria: concepções prévias ao projeto de robótica

Quando questionamos os alunos com relação ao conteúdo de torque, pudemos observar que, em sua maioria, desconheciam o assunto. Dessa forma, não conseguiam relacioná-lo com situações cotidianas vivenciadas. Podemos verificar essa afirmação nas seguintes falas:

Prof^a: Você se lembra de já ter estudado o conteúdo de torque ou momento de uma força?

A1: *Se tivesse estudado eu não lembro não, mas eu sei que estudei o ano passado, no final do ano eu estudei força centrífuga e centrípeta. Que a gente teve que fazer um texto lá, ai eu não*

tinha entendido muito direito, a professora não explicou direito, que ela mandou fazer um texto e desse texto como prova, sabe, ficou meio confuso, (pausa) é foi só isso. Não lembro de ter estudado isso não. (sinal negativo com a cabeça)

A2: *Não, só força gravitacional.*

A3: *Já, já estudamos já.*

A4: *Não.*

A5: *Não. O nome não é estranho. Mas não lembro de nada.*

Apenas o estudante **A3** afirmou ter já estudado o conteúdo e reconhecê-lo. Com a finalidade de verificar se realmente os alunos desconheciam o assunto ou apenas não o tinham relacionado com os termos que utilizamos, levantamos a seguinte questão:

Prof^a: *Consegue se lembrar de alguma situação exemplificada em sala de aula sobre torque ou momento de uma força?*

A3: *Sim, o ano passado nós tínhamos alguns amigos que eram mais “fortinhos”, e ela falou quantas pessoas era preciso pra mover ele de lugar e tipo a gente não ficou só na sala, verificava bastante fora no nosso cotidiano onde a gente usava a força, o torque, ela explicou também como faz pra gangorra subir como que era a lógica e tal explicou bastante pra gente.*

Novamente, somente o aluno **A3** respondeu positivamente a esse questionamento e conseguiu fazer relações com situações cotidianas. A resposta de todos os outros foram negativas e apresentaram que desconheciam o assunto levantado. O aluno **A4** mostrou desconhecer o assunto, contudo, fez algumas menções do que ele acreditava fazer parte dos conceitos relacionados com torque, como pode ser lido na transcrição abaixo:

A4: *Não, eu sei que tem alguma coisa a ver com motor, com força, de arranque, tipo assim.*

Com a intenção de avaliar a compreensão do assunto de torque, ao menos as concepções prévias por eles aceitas, apresentamos uma situação exemplo e os convidamos a expressar considerações sobre essa situação, conforme segue:

Prof^a: Vamos entender uma situação prática: para você abrir uma porta, certamente deve aplicar uma força, e você acredita que é somente esse motivo que leva à abertura?

Prof^a: Mas vamos pensar fisicamente nisso acontecendo: O que faz abrir a porta? É a força que você aplica na maçaneta?

A1: *Eu acho que é.*

A2: *Ah, eu acho que a força que faz na maçaneta.*

A3: *É, ela tá parada, então a gente exerce uma força sobre ela pra trazer ela então por isso que ela se mexe porque ela tá suspensa e não tem atrito com o chão.*

A4: *Se não colocar força ela não abre. Seria um dos motivos.*

Prof^a: quais seriam outros motivos?

A4: *Pela ah, do canto, pela o negócio que eu não lembro o nome. Ah, dobradiça.*

Prof^a: Mas o que a dobradiça faz que influência para abrir a porta?

A4: *Ela, tipo se não tivesse a dobradiça ela ia cair ou ficar parada. Depende.*

Nesse questionamento, conseguimos verificar que era consenso dos alunos que seria necessário aplicar força para que pudessem abrir a porta. Porém, para alguns dos entrevistados, a direção de aplicação do vetor força implicaria o movimento pretendido, enquanto que a aplicação em pontos inadequados não causaria o movimento pretendido, o que nos conduz à interpretação de que há nesses alunos uma concepção prévia sobre torque. Contudo, tal concepção não está adequadamente alinhada com os conceitos científicos próximos do torque. Para avaliar os detalhes dessas concepções, continuamos a investigação, utilizando as perguntas a seguir:

Prof^a: O fato de a maçaneta estar o mais longe possível do eixo das dobradiças influencia na abertura?

A1: *Tem influencia (sinal positivo com a cabeça). Eu acho que a maçaneta tá ali pra você ter um espaço pra puxar, né? Por que se não tivesse esse espaço não dá pra você abri, então precisa de um espaço pra pode puxar.*

A2: *Sim influencia. Por que você ia forçar no lugar errado, no lugar que tá colado (risos). Você precisa de uma **distância**.*

A3: *Sim, porque o atrito se no caso fosse **pegar do outro lado ia ter que fazer mais força pra puxar ela porque não ia tá na ponta, se você deixar o objeto na ponta à força que tem que fazer pra puxar ela é bem menor.***

A4: *tem, por exemplo, se você puxar mais perto da base fica mais difícil de abrir a porta.*

Prof^a: E por que ficaria mais difícil?

A4: *Então, **pela distancia do ponto da maçaneta e da dobradiça.***

A5: *Sim. A meu ver, você vai ter mais facilidade para abrir.*

Prof^a: Por que mais facilidade?

A5: *Mais distante do centro. Não sei explicar certo. Mas tem mais **espaço para se mover.***

Na fala dos alunos observamos uma preocupação em evidenciar a necessidade de vincular o espaço ou a distância com a abertura da porta. Contudo, apenas o aluno **A3** consegue relacionar as variáveis envolvidas no fenômeno de torque, entretanto, mesmo produzindo essa relação de variáveis, percebemos na fala de **A3** uma falta de conexão lógica entre essas variáveis na explicação sobre o fenômeno discutido e apresentando problemas quanto à utilização do vocabulário científico. Lembramos que o aluno **A3** já havia estudado o conceito de torque no ano letivo anterior. Esse questionamento cumpriu a sua função de nos permitir observar mais detalhadamente a compreensão dos alunos sobre o momento de uma força.

4.3.2 Subcategoria: concepções posteriores ao projeto de robótica

Durante o desenvolvimento do projeto tratamos, reiteradas vezes, do conceito de torque, mais especificamente durante a construção mecânica do robô, conforme descrevemos no capítulo anterior. Seguindo o pressuposto teórico adotado no trabalho, o construcionismo, os alunos foram conduzidos, por meio das atividades, a construir o conceito formal de torque para poder executar as ações requeridas. Portanto, as questões abordadas nessa subcategoria pretendem prospectar informações relativas aos conhecimentos conceituais, formalizados pelos alunos sobre o conceito de torque, após a participação no projeto. Dessa forma, iniciamos os questionamentos, como se segue:

Prof^a: Você pode exemplificar alguma situação no robô construído, em que foi necessário utilizar o conceito de torque ou momento de uma força? Se sim, descreva essa situação.

A1. *Foi naquela parte das patinhas porque **quanto maior a distância menos força ele iria precisar fazer**, e no meio dele porque a gente teve que cortar um pedaço pra ele não ficar reto porque senão ele não iria conseguir andar e aí não conseguir fazer os movimentos para virar. O motor dava a “vida” pra ele se mexer.*

Prof^a: O que é essa vida?

A1. *A força, pra ele mexer com a distância das patinhas era o torque para ele se mexer. Quanto maior a distância menos força o motor vai ter que aplicar pro robzinho andar.*

A2. *Nas patinhas, na movimentação delas.*

Prof^a: E você pode explicar como se dava a aplicação do torque?

A2. *A distância entre o motor e a altura da pata, para elas poderem se mover. Então o torque vai ser **a distância multiplicado pela força**. Então o motor dava força para o robô, para ele se movimentar dependia da força e a distância da pata, isso é torque.*

A3. *No servomotor pra fazer as patas se movimentarem a gente usou o torque **porque quanto mais longe do eixo menos força é necessária para mover ele**. E quem dá a força era o*

servomotor que tava programado pela placa Arduino, ela mando o servomotor mexer na posição necessária para as patas andarem.

A4. *Nas patinhas lá, na rotação do motor pra fazer ele andar, aplica um torque na parte horizontal e depois na vertical do robô, essa parte usou o torque. **Quanto maior a distância do eixo, menos força você vai ter que aplicar**, e o que dava força pro robô era o motor.*

A5. *Na pata assim pra girar, porque a força que faz a perna girar é a força do torque, ah tem a força lá no meio e como tem a distância ele vai girar melhor. A distância influencia na força, e no jeito que ela é utilizada.*

A6. *Sim a parte quando a gente foi colocar as patinhas, a gente teve que estudar torque, porque torque é a distância vezes a força, então **quanto maior a distância que a gente tem daquele eixo central menos força nós temos que aplicar**, então o servomotor dava a força pro robô.*

Conforme verificamos nas falas dos alunos, após a intervenção realizada, o conceito de torque foi formalizado, constituindo-se parte do conjunto de saberes construídos por esses alunos. Ficam evidentes nas falas coletadas de todos os alunos a compreensão entre as variáveis envolvidas na aplicação do torque e a relação existente entre as variáveis força e distância do ponto de aplicação até o eixo de rotação.

Para Papert (2008, p. 115), “[...] todos nós utilizamos formas concretas de raciocínio. [...] ao fazermos isso, demonstramos que aprendemos a fazer algo matemático sem ser ensinado – e até mesmo apesar de termos sido ensinados a proceder de modo diferente”. Tal situação corrobora o resultado encontrado nos participantes do projeto de robótica que puderam aprender uma aplicação matemática, construindo esse saber a partir da observação de um fenômeno físico compreensível. Segundo Santos (2006, p. 10),

Os alunos precisam ser incentivados a **PRODUZIR CONHECIMENTO** e a não ser apenas consumidores de conhecimento, como frequentemente acontece. Escutar, tomar notas, decorar, fazer provas, essa tem sido a rotina de muitos alunos em nossas escolas, o que resulta na formação de profissionais com dificuldades de construir respostas aos desafios postos no início deste século.

Durante o desenvolvimento do projeto conseguimos observar notável mudança no comportamento conceitual dos alunos com relação ao conceito de torque. Essa mudança ocorreu porque os alunos perceberam a necessidade de aprofundar o entendimento do

conceito citado para obter maior eficácia no movimento do robô. Conforme a citação da autora acima, nossa busca constante foi a de incentivar nossos alunos a produzirem o conhecimento. Percebemos na linguagem utilizada pelos alunos uma mudança que aproximava as falas de um vocabulário científico.

Questionamos nossos alunos com respeito ao relacionamento entre os conceitos formais de torque e aplicações cotidianas, esperando com isso despertar nos indivíduos uma reflexão sobre o que sabiam, produzindo, assim, aprendizagem. Abaixo listamos algumas das falas coletadas nesta pesquisa:

A1. *Ah consigo, eu olho pra uma roda de carro e já penso que pra trocar ela aquele negócio tipo alavanca tem que ser grandão, pra fazer menos força. Até na janela de casa, pra abrir se você pegar embaixo não abri, tem que pegar na parte de cima, ah, na porta da geladeira também, porque eu não abro perto da dobradiça, eu pego longe aí fica mais fácil pra puxar.*

A3. *Ah pra abrir a porta, no macaco do carro também, na chave de roda do carro, a gente usa. Porque torque é a força que você exerce pra movimentar alguma coisa, por isso depende da distância igual pra virar um parafuso se você pegar muito perto você vai ter que fazer muita força, mas se você pegar longe a sua força é menor.*

A4. *Na porta, pra trocar a roda do carro girar o parafuso, é igual o torque que vai ser aplicado pra girar o parafuso depende da distância do negócio pra girar e força aplicada, quanto maior a distância menos força você tem que aplicar.*

A6. *Sim, a porta, por exemplo, como você tinha perguntado na primeira entrevista, aí eu fiquei em dúvida agora eu entendi o motivo da distância da maçaneta e a dobradiça.*

Conforme exposto, após as intervenções realizadas neste projeto, os alunos apresentaram desenvolvimento cognitivo expressivo sobre o conceito de torque, conseguindo extrapolar o ambiente escolar e compreendendo fenômenos físicos pertencentes ao seu viver diário. Por meio da narrativa apresentada pelos alunos, observamos que o conhecimento prévio que estes apresentavam acerca de torque foi agora superado pelo saber científico formalizado, indicando que ocorrera a apropriação de conhecimento esperada. Percebemos que o conhecimento desenvolvido conduziu os alunos a perceber situações presentes em seu cotidiano, que lhes eram familiares, contudo agora com novos significados.

CATEGORIA 4.4: O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES COM RELAÇÃO À ROBÓTICA EDUCACIONAL

Utilizando a robótica educacional como um recurso didático, propiciamos, aos alunos, uma nova maneira de aprender, em que se aumenta a autoestima quando eles alcançam os objetivos de construir seus próprios dispositivos, passando de expectadores para atuadores (D'ABREU et. al., 2012). Nessa categoria, pretendemos entender os fatores que conduziram a participação dos alunos neste projeto e o impacto que o mesmo proporcionou na formação desses indivíduos.

Quadro 4.5: Subcategorias e unidades de análise obtidas dos depoimentos dos estudantes entrevistados com relação ao envolvimento com a robótica educacional.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE ANÁLISES
4.4 - O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES COM RELAÇÃO À ROBÓTICA EDUCACIONAL	4.4.1 - Fatores motivacionais para a participação do projeto de robótica	A1, A2, A3, A4, A5, A6
	4.4.2 - Expectativas com relação ao projeto de robótica	A1, A2, A3, A4, A5, A6
	4.4.3 - Percepções motivacionais posteriores à realização do projeto de robótica	A1, A2, A3, A4, A5, A6
	4.4.4 - Fatores influentes na formação dos estudantes	A1, A2, A3, A4, A5, A6

4.4.1 Subcategoria: fatores motivacionais para a participação do projeto de robótica

Nessa subcategoria, nossa preocupação foi entender quais motivos levaram os alunos a participarem do projeto, bem como as expectativas que os mesmos possuíam com relação a

este, pois dessa forma seria possível colaborar para que nossas ações pudessem ser conduzidas de modo a obter o sucesso dos alunos no projeto de robótica.

Muitas das experiências emocionais estão relacionadas com a curiosidade de se conhecer mais o ambiente em que se vive. Assim, estabelecer situações motivadoras pode estar associado a envolver o aluno em um ambiente de descoberta, pois “O aluno só aprenderá quando tiver prazer em conhecer, ou seja, quando tiver uma curiosidade livre de bloqueios” (LEITE, MALPIQUE e SANTOS 1993 p. 68). Então, parte das ações realizadas no projeto consistia em planejar como promover tal ambiente de descoberta. Dessa forma, quando questionados se um dos fatores que os levaram à participação do projeto de robótica foi a curiosidade sobre o assunto, as respostas dos alunos foram todas positivas. O aluno A5 ainda acrescentou:

A5: *Curiosidade sim, é porque sou fã de ficção científica. Acho interessante.*

Observamos também que a maioria das falas dos alunos indicou que eles já possuíam o hábito de participar de projetos desenvolvidos na escola, apenas o aluno **A1** afirmou não ser participativo em projetos da escola e o aluno **A4** também nos apresentou que não tem o hábito de participar sempre de projetos.

Prof^a: Você costuma participar de projetos na escola?

A1: *Não, porque é mais curiosidade.*

Os alunos foram ainda questionados se acreditavam que a participação no projeto de robótica seria um fator favorável para entender melhor os conceitos de Física estudados na escola. Todos responderam positivamente. O aluno **A1** comentou:

A1. *Eu pensei mais nesses dois, curiosidade e “será que eu vou melhorar em física?” (risos), será que eu vou passar direto? (risos)*

Na fala de **A5** verificamos o exposto:

A5: *Também, vai dar um suporte na matéria.*

O aluno **A5** apresenta expectativa positiva com relação a favorecer seus conhecimentos sobre os conteúdos de Física e ainda acredita que isso poderá ampará-lo inclusive nas aulas, referindo-se em “*dar suporte na matéria*”. Os alunos ainda completaram:

A2. *Ah eu acho interessante saber um pouco mais sobre robô, e tal, e eu achei também que eu iria se interessar um pouco mais por Física que eu pensava assim que era só conta, conta, conta e conta, mas eu vi que não que dá pra ver na prática também.*

A3. *Sim, é que tipo o projeto era da física aí eu já fiquei meio assim, porque tem muito cálculo e eu sou péssimo em cálculo e aí falaram que ia usar coisa de robótica e eu acho muito legal construir robôs fazer a mecânica entender essas coisas me atrai demais.*

Os assuntos envolvidos com a robótica despertam a curiosidade em geral, pois são assuntos que ao mesmo tempo são próximos dos alunos pelos dispositivos eletrônicos e autômatos encontrados com facilidade no cotidiano dos mesmos, porém, é um tópico distante, pois é desconhecido, por parte dos alunos, o seu funcionamento. Nas narrativas dos alunos **A2** e **A3** notamos a preocupação que envolve os conceitos matemáticos, contudo, percebemos a curiosidade em relação à construção e ao funcionamento dos elementos robóticos, fatores estes que influenciaram a decisão de participação dos alunos no projeto.

A4: *eu gosto de robótica, é uma das alternativas para seguir minha carreira. Eu não sei tenho que ver ainda, certinho.*

A6. *Ah, eu procuro fazer mais pra frente assim engenharia mecânica então eu achei interessante ir vendo e já aprendendo, mais cedo melhor. Até porque é assunto que eu gosto né.*

Nas falas dos alunos **A4** e **A6** verificamos que o interesse conduz por um caminho de busca profissional. Para Custódio *et. al.* (2013), as relações afetivas e cognitivas, vivenciadas no Ensino Médio, influenciam nas escolhas profissionais dos alunos.

4.4.2 Subcategoria: expectativas com relação ao projeto de robótica

Definir o que os alunos esperavam com relação ao projeto de robótica foi de muita valia para nós. Para podermos até mesmo reestruturar atividades, caso fosse melhor para

atender às expectativas de nossos alunos. O que ficou evidente, nas falas dos alunos, foi a expressão de entusiasmo com a nossa proposta. Mas principalmente verificar que nas falas dos alunos surgia a convicção em acreditar que de alguma forma o projeto poderia favorecê-los em um melhor entendimento dos conceitos físicos. Quando indagados a respeito das expectativas com o projeto de robótica, encontramos as seguintes respostas:

A1. *Ah, não sei, tipo um vê se eu **consigo aprender mais sobre física** acabar com a minha curiosidade de como é que faz, como eles tiveram essa ideia de fazer um robô, né. Como funciona queria saber mais isso, mais é curiosidade.*

A2. *Ah eu espero que seja um projeto bom, que **ajude a eu gostar um pouco mais de Física** (risos) e que a gente consiga montar esse robozinho e tal.*

A3. *Unh, eu espero **aprender um pouco mais de Física**, aprender um pouco sobre robótica, mexer uns programas de computação e até ajudar um pouco na compreensão depois, espero que me ajude no futuro também. Quem sabe me ajude **escolher o que fazer na faculdade**.*

A4: *Dar uma introdução a esse conceito. **Aprender mais sobre o que envolve a Física** nisso, tirar um conhecimento disso tudo. Alguma coisa daí.*

A5: *Vai ser divertido, vai ser legal, porque eu sempre quis montar um robô, sempre achei legal sempre quis entender todos aqueles conceitos que as pessoas faziam, assim na TV, acredito que vai ajudar assim na sala de aula e vai ajudar como experiência de vida.*

A6. *Ah, eu espero que seja bem legal, que a gente possa tá aprendendo bastante sobre o assunto de robótica e na parte **Física entender os conceitos utilizados**.*

Em suas falas, os alunos deixam explícita a pretensão de que uma nova prática pedagógica, o projeto de robótica, pode colaborar na compreensão dos assuntos que dizem respeito à Física. Nessa perspectiva, também observamos a busca dos alunos por se aproximar de assuntos que, mesmo estando muito próximos (como equipamentos automáticos que utilizamos), têm a compreensão de seu funcionamento muito distante.

É notória a ansiedade de nossos alunos, por conseguir entender melhor fenômenos que estão hoje comumente instalados em nossa sociedade, como os dispositivos automáticos e autômatos. Alguns alunos, como o **A1**, **A2**, **A5** e **A6**, apontaram que geralmente as aulas de Física se limitam em resoluções de exercícios matemáticos, conforme as falas a seguir:

A1: *Nas aulas tem mais coisas de matemática mesmo, mais resolver exercícios.*

A2: *A maior parte da aula é resolução matemática.*

A5: *Praticamente todas as aulas de Física são só de resolução matemática. A aula em si não acho muito interessante, mas o assunto eu acho.*

A6: *Grande parte da aula é resolução de exercícios, a parte de conceito é rapidinho depois é exercícios.*

Em nenhum momento é de nosso intuito desmerecer o uso da Matemática nas aulas de Física, conforme já esclarecemos anteriormente. Contudo, devemos também proporcionar momentos que possam favorecer, nas aulas de Física, maior envolvimento dos alunos, incentivando a prática criativa e afetiva para que o conhecimento possa ser construído do concreto para o abstrato. Dessa forma, a robótica pode ser uma dessas ferramentas utilizadas nesse processo de ensino. Assim, percebemos que os alunos também têm expectativas positivas com relação a essa situação.

4.4.3 Subcategoria: percepções motivacionais posteriores à realização do projeto de robótica

Alguns autores apontam uma direção para o ensino de Física de modo que se deve considerar que, entre os objetivos esperados na Educação Básica, está o de que os alunos sejam preparados para se tornarem cidadãos pertencentes a uma sociedade plural, democrática e pautada em desenvolvimento tecnológico (CACHAPUZ et. al. 2011). Nessa ótica, pensamos que a utilização de atividades como essa, planejadas para colocar o aluno em posição de explorador, tende a proporcionar a preparação adequada para o convívio em uma sociedade dinâmica, fundamentada em avanços tecnológicos.

Anteriormente, observamos que as expectativas dos alunos quanto ao projeto que se iniciaria estavam pautadas na curiosidade com o tema proposto e em favorecer um aprofundamento no conhecimento relativo a temas de Física. Dessa forma, buscamos nesse momento captar as percepções que os alunos tiveram após a intervenção realizada pelo projeto, e os questionamos do seguinte modo:

Prof^a: Com relação ao projeto realizado, aponte algo que lhe despertou interesse.

A1. *Ai a curiosidade em querer saber mais das coisas, porque antes eu não tinha curiosidade pra saber as coisas, como as coisas são construídas. Pra eu fazer o robô era ligar um monte de fio, nem imaginava que tinha que programar ele, que tinha que pensar na bateria, que iria usar os conceitos de torque, que a gente iria construir cada pecinha dele.*

A2. *Ah, a parte eletrônica do robô, soldar os fios, achei bem legal.*

A5. *O fato de estar construindo o robô, mexer com energia, é assim a parte de montar o robô mexer com os fios, assim eu acho bem interessante eu sempre quis aprender a mexer com essas coisas, montar assim o motor essas coisas, é interessante.*

A6. *A vivenciar a parte física ali, da gente aprender a montar robô, é uma coisa que me interessa bastante.*

Nos relatos dos alunos **A1**, **A2**, **A5** e **A6**, observamos que as maiores afinidades que esses alunos desenvolveram foram com os elementos de construção mecânica do robô bem como a montagem destes e com o trabalho envolvido com as conexões dos circuitos elétricos.

Já os alunos **A3** e **A4** demonstraram maior afinidade com respeito à programação do robô, como vemos nas falas a seguir:

A3. *A parte da computação me deixou bem interessado, a programação, e a parte da mecânica do robô eu achei bem interessante porque eu não gostava de mecânica, mais depois que você começa mexer com as peças e tal, acho bem interessante o que dá pra você fazer com isso.*

A4. *A parte de programação, que eu quero seguir carreira nisso, envolvendo tudo isso. Despertou mais interesse em robótica também.*

Tal variação de associações é uma característica favorecida pela robótica, pois esta possui caráter interdisciplinar e dinâmico, permitindo que os indivíduos sigam por caminhos distintos. Desse modo, ela envolve os alunos de formas distintas, tanto os que demonstram mais interesses pelo concreto (**A1**, **A2**, **A5** e **A6**) quanto os que demonstram maior abstração (**A3** e **A4**). Quando apresentaram um estreitamento com a programação do robô, todos participaram e apontaram algum nível de envolvimento afetivo positivo.

Questionamos os alunos com relação aos fatores desmotivantes que ocorreram no processo de desenvolvimento do projeto. Estes nos responderam que a satisfação por concluir as atividades propostas foi tão positiva que não conseguiam apontar esses fatores, como vemos em algumas falas:

A1. *Ah, na hora de soldar, eu tenho medo de soldar de quebrar aquelas peças pequenas, aí eu tive medo. Mas do resto eu adorei.*

A2. *Acho que não teve uma parte que eu não gostei, eu gostei de tudo sinceramente.*

A4. *Nada, não teve nenhum momento, até a parte mais teórica foi legal também porque ficou sabendo mais, mas nada de chato, assim que desmotivasse.*

A5. *Ah eu acho que nada. Que desmotivou nada.*

A6. *Ah não teve assim, só a preguiça mesmo às vezes de vim na sexta a tarde, não dava tempo pra dar uma descansada, não teve assim uma coisa desmotivante eu gostei bastante mesmo.*

O aluno **A1** aponta apenas uma dificuldade com a situação de realizar a atividade de soldar componentes eletrônicos, pois refere temer pelos objetos em uso. No início das atividades do projeto, encontramos certa resistência na realização de tarefas por parte dos alunos, pelo fato de não estarem habituados a tomar decisões e nem ser ativos no processo de desenvolvimento escolar. Contudo, seguindo nosso pressuposto teórico, o construcionismo, o papel do aluno é exatamente este, “ele deve desenvolver habilidades, como ter autonomia, saber pensar, criar, aprender a aprender” (VALENTE, 1999). Assim, no desenrolar das atividades, os alunos conseguiram desenvolver as habilidades necessárias para o sucesso do projeto. Valente (1999, p. 97) aponta que

O que motiva um indivíduo a compreender uma tarefa é o desejo de alcançar, no futuro, um resultado que é atualmente previsível. Porém, o processo de resolver um problema ou explicar um fenômeno conduz a soluções que criarão novos problemas, que exigirão novas soluções e, assim, sucessivamente.

Dessa forma, encontramos essa satisfação nas narrativas dos alunos, com o aspecto venturoso de poder ter conseguido realizar as atividades a que se propuseram, encontrando satisfação nas atividades realizadas e favorecendo o enriquecimento de aspectos afetivos e cognitivos.

4.4.4 – Subcategoria: fatores influentes na formação dos estudantes

Segundo BORUCHOVITCH *et. al.* (2011), a construção satisfatória do conhecimento se dá a partir de o mesmo se tornar algo significativo para os alunos. Dessa forma, indagamos

os alunos a apresentarem concepções com relação a que este projeto de robótica acrescentou na formação dos mesmos. As falas coletadas estão dispostas a seguir:

A1: *Ah, robô é muito legal, de que não é nem um bicho de sete cabeças montar ele, não é tão difícil. Ah! Que física é legal eu gostei de física, não que eu gostei muito muito mais eu gostei. Ah de que tem muito robô, que a gente vai viver na época de que robô faz tudo, mas os robôs já fazem quase tudo se você for ver. Nunca tinha imaginado que esses negócios eram robô que eram os autômatos, pra mim era só televisão.*

A2: *Ah, a parte de **interesse** mudou muito, eu até vi **uns cursos pra faculdade relacionados a Física** me interessei um pouco, me interessei e achei legal.*

No primeiro questionamento realizado com os alunos, nós levantamos as suas concepções afetivas com relação à Física. Nesse momento, os alunos **A1** e **A2** mostraram estar distantes afetivamente da componente curricular e demonstraram não ter afinidades com a mesma. Já nesse segundo momento notamos, por parte do aluno **A1**, que a postura com relação à Física já estava sofrendo mudanças, principalmente em fatores afetivos e que refletem diretamente em fatores cognitivos. Já o aluno **A2** apresentava tal mudança e ainda se dispunha a refletir em decisões futuras, como a escolha profissional.

A3: *Ah, me deu uma base maior na Física pra mim, que pode me ajudar bastante e o **interesse por essa parte da Física**, como eu não tenho ideia do que eu vou fazer na faculdade é uma experiência a mais que talvez possa me ajudar no futuro, né?*

A4: *Mais conhecimento, mais aplicar essas na normalidade, por exemplo, eu ouvia o pessoal falando de **torque** eu nem sabia o que era e **agora já sei até a equação** e esses negócios que usa. É ficou tipo mais fácil assim, principalmente **estudar Física ficou mais fácil**.*

A5: *Me deu mais conhecimento na parte de torque. Essa diferença que é colocar fio de um jeito e de outro as cores. Ajudou deu mais **conhecimento de mundo**.*

Prof^a: O que é esse conhecimento de mundo pra você?

A5: *Assim tipo, já todo mundo sabe imagina como que é um robô mas nunca montou de fato e eu já montei um, então **meu conhecimento já é maior** se um dia eu fizer de novo já sei mais.*

A6: *Ah na minha formação? Ah agora eu sei várias coisas assim, sei associar é também a parte ali do robô, né aprendi a fazer circuito, soldar é enfim várias coisas acrescentaram, né.*

Os alunos **A3**, **A4**, **A5** e **A6** justificaram possuir uma relação afetiva positiva com a Física, contudo, indicaram certas dificuldades de aprendizagem principalmente com referência aos cálculos, fatores estes que, no decorrer do projeto, foram sendo superados. Segundo Custódio *et. al.* (2013, p. 49 apud PIETROCOLA, 2001),

[...] se os alunos percebessem o conhecimento científico ensinado na escola como meio eficaz de entender a realidade haveria mais garantia de vida pós-escolar ao mesmo, permitindo a construção de relações afetivas permanentes com o saber, porque os conhecimentos que usualmente nos acompanham por toda a vida são aqueles úteis ou que geram algum tipo de prazer.

Nas narrativas de nossos alunos encontramos sinais de aproximação afetiva e de satisfação, desenvolvidos com a realização da construção da unidade robótica, proposta inicialmente. Como observamos em falas já mencionadas dos alunos, há uma tendência de que a participação neste projeto contribua para que, assim como nos aponta Pietrocola (2001), sejam construídas pelos alunos relações afetivas permanentes com o saber, de modo a garantir que estes venham a se manter sempre em busca do aprender.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições da utilização de instrumentos robóticos, como recursos didáticos em sala de aula, são visíveis e estão em plena expansão (ZILLI, 2004; SILVA 2009; PINTO, 2011). Contudo, muitos desses trabalhos apresentam a utilização de *Kits* robóticos, disponíveis comercialmente. Nossa pretensão não é desmerecer o uso desses *kits*, porém, levantamos dois problemas fundamentais em seu uso. O primeiro é que a única modificação que pode ser feita é em sua lógica de controle, o que não permite modificações no *hardware* de modo que possa haver a possibilidade de se adicionar novas funcionalidades. Dessa forma, deixam-se de lado as premissas do construcionismo, adotando-se a teoria do instrucionismo, não estimulando a criatividade dos estudantes e sim apenas a reprodução daquilo que lhes é proposto. A segunda questão é que o custo de aquisição desses *kits* é alto, tornando-se muito difícil a inserção da robótica em escolas públicas.

Nossa proposta, então, foi utilizar um equipamento que pudesse dar liberdade para os estudantes quanto à execução e que fosse de baixo custo. Com os materiais que utilizamos, nosso investimento para cada *kit* ficou em torno de 12 vezes menor quando comparado ao valor do investimento dos *kits* didáticos de robótica comercialmente disponíveis. Essa comparação que fizemos com o *kit Lego Mindstorms*. Neste trabalho, optamos por uma plataforma de prototipagem, fundada sob as regras de *hardware* e *software* livre, o que permitiu a redução de custos citada.

Nesta pesquisa, compreendemos que a utilização de dispositivos robóticos educacionais, quando utilizados dando enfoque didático na construção do conhecimento, tende a colaborar para a aproximação afetiva dos alunos com relação às disciplinas que comumente geram dificuldades nesse âmbito, como a Física.

Nossa principal preocupação foi construir uma sequência didática que pudesse orientar metodologicamente os passos da aplicação de um projeto de robótica educacional. A sequência didática nos auxiliou, pois pudemos organizar as “oficinas” que antecederam a confecção do robô, proporcionando, aos estudantes, uma familiarização e uma contextualização com os assuntos pertinentes ao robô que seria construído. Portanto, no momento da construção do robô, os alunos já estavam mais seguros quanto ao conteúdo formal necessário para a compreensão e manuseio das ferramentas, elementos mecânicos e componentes eletroeletrônicos utilizados.

Nas narrativas apresentadas pelos alunos, coletadas por meio das entrevistas gravadas e das gravações durante as aulas de realização do projeto, foi possível identificar elementos que apontam para um crescimento positivo na relação desses alunos com a componente curricular Física, após o desenvolvimento do projeto de robótica. Observamos que os alunos atribuem parte de seu distanciamento afetivo ao fato de não compreenderem, de maneira efetiva, os conceitos físicos e matemáticos presentes nos conteúdos. Também o fato de na maioria das vezes as aulas estarem focadas justamente no formato metodológico tradicional, ou seja, apresentação de teorias estanques e resoluções de exercícios.

Quando os alunos perceberam que poderiam construir seus conhecimentos, conceitos físicos e matemáticos de outra forma, nesse caso, por meio da construção de um dispositivo robótico, a postura deles se modificou. Conseguimos perceber que os alunos identificavam a necessidade dos conceitos para a construção do robô. Após cada etapa concluída, os alunos se sentiam mais motivados a avançar nas próximas tarefas, pois se sentiam satisfeitos com a sua atuação durante o processo de desenvolvimento anterior.

Identificamos que essa satisfação proporciona uma aproximação afetiva dos alunos com o assunto tratado, no caso, o conceito físico de torque. Essa aproximação conduziu os alunos a um maior entendimento quanto aos conceitos tratados no decorrer do projeto.

Avaliamos que a intervenção realizada nessa pesquisa trouxe ganhos no que diz respeito à possibilidade de integrar o ensino de Física e a robótica educacional, seguindo os pressupostos do construcionismo. Nessa junção, conseguimos perceber vários fatores envolvidos como o desenvolvimento afetivo, cognitivo e social. Além disso, os alunos se sentiram valorizados e satisfeitos pela percepção de suas construções durante o desenrolar das atividades.

Percebemos que outras situações também podem ser exploradas nesse tipo de intervenção, como atividades interdisciplinares, fato esse que é uma das características da robótica educacional. Contudo, em nossa pesquisa, não conseguimos fazer isso, devido principalmente ao curto prazo que tivemos e à dificuldade de encontrar profissionais de outras áreas, dispostos a participar conosco. Observamos também erros de português nas expressões verbais de nossos alunos, novamente salientamos a possibilidade de um trabalho paralelo em conjunto com um professor de Língua Portuguesa, contudo, não teríamos o tempo necessário para desenvolvê-lo. Além da potencialidade para atividades interdisciplinares, o presente trabalho também nos possibilitou observar que podemos tratar de diversos outros conteúdos

pertinentes à componente curricular Física, conforme abordamos em nossa sequência didática, contudo, para material de análise, nos atemos ao conteúdo de torque.

Acreditamos que as contribuições que a robótica educacional tem a oferecer como recurso didático necessitam ser tratadas segundo metodologias e práticas pedagógicas adequadas, para não retrocedermos às situações que conduzem aos métodos instrucionistas.

Sugerimos, como futuros encaminhamentos, desenvolver pesquisas, na área de robótica educacional, com formação inicial de Física, permitindo que as novas tecnologias sejam utilizadas e acompanhadas de novas metodologias, pois a mudança paradigmática esperada não é a do que fazer, mas do como fazer.

Finalizamos o presente trabalho com a expectativa de que ele possa fornecer subsídios para professores e futuros professores, de forma a conduzir a reflexão sobre suas práticas pedagógicas e apreciar uma nova perspectiva de recursos didáticos para abordagem de conteúdos que antes teriam dificuldades de tratar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. S. **A emoção na sala de aula**. Campinas, São Paulo: Papirus, 1999.

ALMEIDA, M. E. B. T. M. P. de. **Informática e Educação Diretrizes para uma Formação Reflexiva de Professores**. 1996. 194f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BBC. **Google funds computer teachers and Raspberry Pis in England**. BBC News Technology. 2012. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/news/technology-18182280>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ – Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – FÍSICA**. Brasília: MEC/SEB, 2002, 40 p.

BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. 2 ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. **Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo**. Petropolis (RJ): Editora Vozes, p.254, 2ª edição, 2011.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Física** – Coleção Ideias em Ação. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A Necessária renovação do Ensino das Ciências**. 2ª edição. São Paulo: Cortez, 2011.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. **Física com Arduino para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503. São Paulo, 2011.

CUSTODIO, J. F.; PIETROCOLA, M.; CRUZ, F. F. de S. **Experiências emocionais de estudantes de graduação como motivação para se tornarem professores de física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 1: p. 25-57, abr. 2013.

D'ABREU, J.; BASTOS, B. L.; BORGES, M. **Scratch, Arduino e o Construcionismo: Ferramentas para a Educação.** Seminário de Tecnologia Educacional de Araucária. Desafios e possibilidades para tecnologia educacional. 1. 2010. 10 p. Araucária. 2010.

D'ABREU, J. V. V.; MIRISOLA, I. G. B.; BERNARDI, N. **Robótica Educativa/Pedagógica Na Era Digital.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL TIC E EDUCAÇÃO, 2., 2012, Lisboa. *Atas*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2012. P. 2449.

DESLAURIERS, J. P. **Recherche qualitative. Guide pratique, Montréal,** McGraw-Hill Éditeurs (Collection THEMA). 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências.** São Paulo: Cortez, 2000.

DELFINO, M. B.; MENEZES, D. C. de; OLIVEIRA, G. B. de; ALEXANDRE, M. L.; MOURA, É. M.; BARBOSA, F. da C. **Robótica educacional no programa institucional de bolsa de iniciação à docência.** XI Encontro Nacional de Educação Matemática. Curitiba, PR.18 a 21 de Julho de 2013.

FOUREZ, G. **Crise no ensino de ciências?** Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-15, 2003. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_n2_a1.html. Acesso em: 30 jul. 2013.

GIANOTTO, D. E. P.; DINIZ, R. E. da S. **Formação inicial de professores de Biologia: a metodologia colaborativa mediada pelo computador e a aprendizagem para a docência.** Ciência & Educação, Bauru, v. 16, n. 3, p. 631-648, 2010. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=577&layout=abstract>. Acesso em: 27 nov. 2013.

GIRAFFA, L. M. M.. **Jornada nas Escol@s: A nova geração de professores e alunos.** Tecnologias, sociedade e conhecimento, v. 1, n. 1, 100, Campinas, 2013.

GODOFREDO, S.; ROMANÓ, R. ; ZILLI, S. **Robótica Pedagógica – uma aplicação de inteligência artificial.** Artigo apresentado na disciplina de Engenharia do Conhecimento. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais.** Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOYA, A., BZUNECK, J. A., GUIMARÃES, S. E. R. **Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender Física.** Psicologia Escolar e Educacional, 12(1), 51-67. 2008.

GROOVER, M. P. **Robótica: Tecnologia e Programação.** McGraw-Hill, 1998.

KLOC, A. E. **Robótica: ferramenta pedagógica no campo da computação.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia. UTFPR, Campus Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2011.

KOSKI, M., KURHILA, J., PASANEN, T. A. **Why Using Robots to Teach Computer Science can be Successful Theoretical Reflection to Andragogy and Minimalism.** novembro, 2008.

LEAL, S. C.; FERNANDES, H.; LEAL, J. P. **Plataforma e-lab potencia o ensino/aprendizagem das ciências no ensino básico e secundário.** *Noesis Online.* p. 1-14. Disponível em <http://www.academia.edu/1875260/Plataforma_e-lab_potencia_o_ensino_aprendizagem_das_ciencias_no_ensino_basico_e_secundario>. Acesso em 15/Set de 2013.

LEITE, E.; MALPIQUE, M.; SANTOS, M. R. dos. **Trabalho de projecto: leitura comentada.** Porto: Afrontamento, 1993.

LIMA, M.E.C.C.; JÚNIOR, O.G.A.; BRAGA, S.A.M. **Aprender ciências – um mundo de materiais**. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 1999. 78p.

LIMA, M. R. de. **Construcionismo de Papert e Ensino-Aprendizagem de Programação de Computadores no Ensino Superior**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação: Processos Sócio-Educativos e Práticas Escolares. UFSJ. Minas Gerais, 2009.

LUZ, A. M. R. de.; ÁLVARES, B. A. **Física – volume 1**. São Paulo: Scipione, 2005.

MARGOLIS, M. **Arduino Cookbook**. 2ª Ed. Ed. O'Reilly. 2012. 702 p. Sebastopol, CA, USA

MINAYO, M. C. de S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 19. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MARTINS, O. B. ; MOSER, A. **Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch**. Revista Intersaberes. Vol. 7 n. 13, p. 8-28. Jan – Jun. 2012.

NEVES, M. S.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula - um estudo exploratório**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.11, n.3, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n3/31indice.html>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PATY, M. 1989, **Matéria roubada**, Edusp, SP, 1995.

PENATI, M. M.; ALTOÉ, A. **O construtivismo e o construcionismo fundamentando a ação docente em ambiente informatizado**. In: ALTOÉ, A.; COSTA, M. L. F.; KAZUKO, T. (Orgs.) **Educação e novas tecnologias**. Maringá: EDUEM, 2005.

PIAGET, J. **A Relação da afetividade com a inteligência no desenvolvimento mental da criança**. Vol 26 n 3, 1962.

_____, J. **A tomada de consciência**. São Paulo: Melhoramentos, Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

_____, J. **O juízo moral na criança**. Tradução Elzon L. 2. ed. São Paulo: Summus, 1994.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: _____, M. (Org). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa abordagem integradora**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

_____, M. **A matemática como estruturante do conhecimento Físico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 19, n.1: p. 88-108, ago. 2002.

PINTO, M. de C. **Aplicação de arquitetura pedagógica em curso de robótica educacional com hardware livre**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

PREDKO, M.; McCOMB, G. **Robot Builder's Bonanza**. 3ª edição. Mcgraw Hill, 2006.

PRETTO, N. L. – **Desafios da educação na sociedade do conhecimento**. Revista de Educação CEAP, v.10, p.19 – 26, 2002.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. **Divulgação Científica e Ensino de Física: Intenções, Funções e Vertentes**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, São Paulo. Atas. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2007. 11 p.

ROBERTS, R. **Using Different Types of Practical Within a Problem-Solving Model of Science**. *Scho. Scien. Rev.*, **85** (312), p. 113-119, Herts. Mar. de 2004.

SALÉM, S.; KAWAMURA, M.R.D. **Ensino de Física no Brasil - Dissertações e Teses (1992-1995) - Catálogo Analítico**. São Paulo/SP: Gráfica da USP, 1996.

SALTINI, C. J. P. **Afetividade e Inteligência**. Rio de Janeiro: Wak, 2008.

SANTOS, B. de S.. **Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade**. São Paulo, Ed. Afrontamento, 1997.

SANTOS, G. R. M. dos. **A Metodologia de Ensino por Projetos**. Curitiba: Ibpx, 2006.

SILVA, C.H.; ALMEIDA, M.J.P.M. **Uma revisão de trabalhos sobre funcionamento de textos alternativos ao livro didático no ensino de Física**. In: ATAS DO II ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC, 2. 1999. Valinhos, SP.

SILVA, M. L. F. S. **Análise das Dimensões Afetivas nas Relações Professor-Aluno**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, SP: 2001.

SILVA, A. F. da. **RoboEduc: Uma metodologia de aprendizado com a Robótica Educacional**. Tese de doutorado. Natal: UFRN, 2009.

SILVA, M. A. da. **O fazer e o pensar dos professores de física egressos do MECM: contribuições das tecnologias digitais na formação continuada**. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

SOUZA, A. R. de; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H. S. de. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 1702. São Paulo, 2011.

STRAUBHAAR, J. e LAROSE, R. **Communications media in the information society**. Belmont, Wadsworth Publ. Co., 1995, p.63.

SQUIRRA, S. **Sociedade do Conhecimento**. In MARQUES DE MELO, J. M.; SATHLER, L. **Direitos à comunicação na Sociedade da Informação**. São Bernardo do Campo, SP: Unesp, 2005.

THOMPSON, Paul. **A voz do passado: História Oral**. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

ULRICH, W. **Critical heuristics of social systems design**. European Journal of Operational Research, 31, No. 3, 276-283. 1987.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. In: VALENTE, J. A. (Org.). Computadores e conhecimento: repensando a educação. 1ª ed. Campinas, NIED-Unicamp, 1993.

_____, J.A. . **Por que o computador na educação**. In: VALENTE, J. A. (Org.). Computadores e conhecimento: repensando a educação. 2ªed.CAMPINAS: Gráfica unicamp, 1998.

_____, J. A. (Org.) **O computador na sociedade do conhecimento**. 1. Ed. Campinas, SP: Unicamp, 1999.

VILLANI, A. **Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos**. RBEF. São Paulo, SP. v. 6, n. 2. p.76 a 95. Dez. 1984.

VILLANI, A; CABRAL, T. C. B. **Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 43-62, jan. 1997.

WERTHEIN J. **A sociedade da informação e seus desafios**. Ci. Inf., Brasília, v. 29, n. 2, p. 71-77, maio/ago. 2000.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZILLI, S. do R. **Apostila de Robótica Educacional**. Expoente Informática. Curitiba: Gráfica Expoente, 2002.

_____, S. do R. **A robótica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e práticas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2004.

APÉNDICES

APÊNDICE 1 – PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL EM FÍSICA

Título: Construção de Unidade Robótica Autônoma Baseada na Plataforma Arduino para o Ensino de Conceito de Torque

Contexto: Esta sequência foi planejada para ser desenvolvida em uma turma de 2º ano do Ensino Médio do Colégio Aplicação da Universidade Estadual de Maringá, com duração de 27 horas/aula.

Objetivos:

- relacionar momentos da história da humanidade com os avanços tecnológicos, principalmente no caso da robótica;
- compreender o funcionamento dos autômatos e suas principais características e atuações no cotidiano;
- compreender e identificar o uso de sensores em equipamentos eletrônicos e suas principais aplicações;
- relacionar os diversos tipos de sensores e outros dispositivos eletrônicos para a execução de um circuito elétrico impresso;
- identificar diferentes modelos de motores bem como seu funcionamento e sua atuação em equipamentos;
- compreender o conceito de torque ou momento de uma força, relacionando com as aplicações de motores;
- compreender a estrutura lógica de programação e sua utilidade em tomadas de decisão de sistemas autônomos;
- aplicar os conhecimentos de torque e motores para a execução de um robô autônomo;
- aplicar os conceitos de eletricidade envolvidos em sensores e circuitos elétricos, permitindo o funcionamento do robô autônomo.

1. Atividades Iniciais (1 aula): Conhecer as concepções prévias

- Iniciar as atividades, dividindo a turma em três grupos, e a cada grupo solicitar que discutam e respondam às seguintes questões: *a) apresentando datas importantes do avanço tecnológico como: o primeiro veículo, a primeira geladeira ... em qual momento da História se começou a investigação da robótica? O que você entende por um autômato? Uma cafeteira ou uma*

escada rolante pode ser considerada um autômato? Qual grandeza física permite a transferência de energia de rotação do motor para a transmissão em um carro?

Depois de respondidas as questões, os pequenos grupos falam, ao grande grupo, suas respostas, e o professor estimula o debate entre os alunos, entre as várias ideias.

2. O processo de ensino (16 aulas):

Histórico da Robótica: três aulas

- Neste momento, serão apresentados, aos alunos, por meio de imagens que utilizam material multimídia, os avanços da robótica. Tendo em vista a discussão realizada anteriormente, do período histórico em que se iniciaram os tratados em torno da robótica, será retomada a questão inicial, que trata da localização temporal de importantes inventos, e será questionado pelo professor se algum grupo conseguiu em suas respostas se aproximar dessas datas. Após esse momento, serão apresentados, para os alunos, alguns vídeos²¹ que tratam do comportamento de diferentes robôs, em diferentes ambientes. Após verem esses vídeos, os alunos serão indagados pelo professor quanto: ao funcionamento desses robôs, às finalidades na sociedade, às vantagens e desvantagens da utilização. No final, o professor pedirá para que os estudantes façam uma pesquisa em casa e escrevam quais equipamentos são considerados autômatos, tanto em casa como em locais frequentados pelos mesmos. Os alunos farão essas anotações e trarão para o próximo encontro.

Autômatos: três aulas

- Retomando a aula anterior, o professor questionará os estudantes quanto às suas pesquisas e as confrontará entre os colegas, com questionamentos como: “*será que realmente esse equipamento apresenta características de um autômato?*” E pedirá para que cada grupo relate quais são suas concepções de autômatos.

- A seguir, será entregue, para cada aluno, um material impresso (Anexo 1), que contém informações retiradas do material encontrado no site:

²¹ <http://www.youtube.com/watch?v=d4SCvBv7LI4> / <http://www.youtube.com/watch?v=N47juC925YE>
http://www.youtube.com/watch?v=4kFpG_xfyng / <http://www.youtube.com/watch?v=WfSMvx0OKZY>
<http://www.youtube.com/watch?v=-bwW-dsYdvw> / <http://www.youtube.com/watch?v=GAawcFpX668>
<http://www.youtube.com/watch?v=H4J8yKq3Rq8>

http://paginas.fe.up.pt/~asousa/tsca/Omron/cursos_omr/Teoria1+2+3_V1_0.pdf. Esse material possui informações quanto “à *concepção de um automatismo, seguindo das características de um automatismo e a estrutura de um automatismo*”. Serão realizadas leitura e discussão do tema. Em seguida serão apresentadas, aos estudantes, imagens de alguns equipamentos autômatos e nesse mesmo momento estes serão confrontados com as listas de equipamentos que foram trazidas pelos estudantes para compará-las com as características e estruturas que acabaram de ser discutidas.

- Para finalizar o assunto de autômatos, será pedido para que cada grupo eleja um equipamento e faça o desenho de como pode ser o funcionamento desse autômato. Na aula seguinte, será comprovado com algo que já se possua na literatura, como manual de funcionamento do equipamento.

Sensores: três aulas

- Para iniciar o debate sobre o assunto de sensores, o professor retomará a aula de autômatos para indagar “*qual a importância dos sensores na ação dos autômatos?*”, deixando um tempo para os estudantes manifestarem suas opiniões. Após esse momento, outro questionamento, por parte do professor, será feito: “*quais equipamentos vocês conhecem que acreditam fazer uso de sensores?*”

- Tendo em vista a discussão realizada anteriormente, o professor fará uso, por meio de material multimídia, de apresentação de imagens, explicações e aplicações dos principais sensores utilizados no mercado. Para cada sensor utilizado, o professor apresentará outro igual ou semelhante, para que os estudantes possam manusear e, assim, observar melhor seu funcionamento.

- Na sequência serão apresentados, aos alunos, alguns equipamentos de seu uso cotidiano como: leitores de multimídia, computadores, máquina de lavar roupa, cafeteira, geladeira entre outros, e assim o professor novamente os questionará: “*como deve ser a montagem para que aconteça o funcionamento desses sensores?*”

Circuitos elétricos: quatro aulas

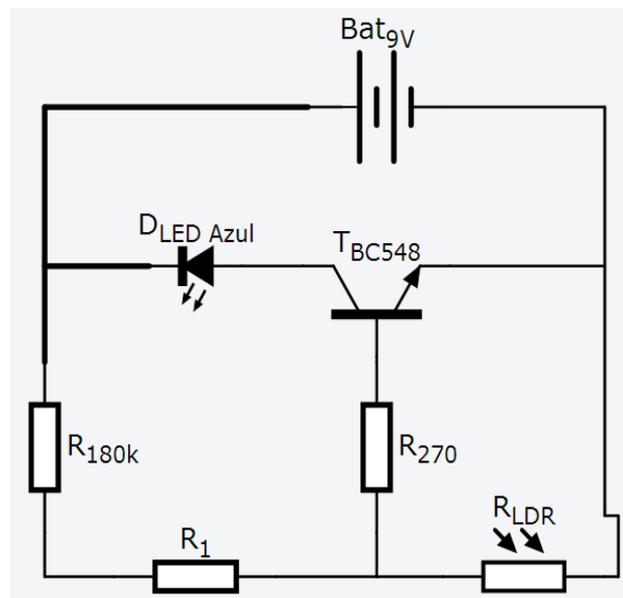
- Retomando os debates realizados sobre como acontece a montagem de sensores, nesse momento, busca-se envolver os estudantes para a curiosidade sobre o funcionamento de

circuitos elétricos. Será entregue, aos alunos, um material de apoio impresso (Anexo 2) com informações obtidas a partir do site: <http://www.feiradeciencias.com.br/>, sendo estas reorganizadas de modo a favorecer seu emprego nesta oficina. Neste momento se apresentam os principais agentes de um circuito elétrico simples, como: resistor, transistor e resistor dependente da luz (LDR).

- Será apresentada, aos alunos, a imagem impressa de um circuito elétrico transistorizado, e os mesmos serão convidados a desenvolver seu próprio *layout* do circuito. Os estudantes serão divididos em três grupos e cada grupo confeccionará seu dispositivo controlado por um circuito elétrico. No momento da execução do circuito, todos os estudantes participarão de todas as fases da montagem (identificação do esquemático; elaboração da disposição dos componentes na placa de prototipagem; transferência do *layout* para a placa de fibra de vidro cobreada com furação padrão; identificação dos componentes eletrônicos a serem utilizados, de cada componente em sua devida posição; soldagem dos componentes eletrônicos com suas devidas trilhas de ligação; e teste do dispositivo eletrônico construído).

- Posteriormente, os alunos serão divididos em grupos com o objetivo da construção de um circuito elétrico, utilizando materiais de fácil aquisição (vide quadro explicativo abaixo).

Figura1: Diagrama esquemático do circuito elétrico.



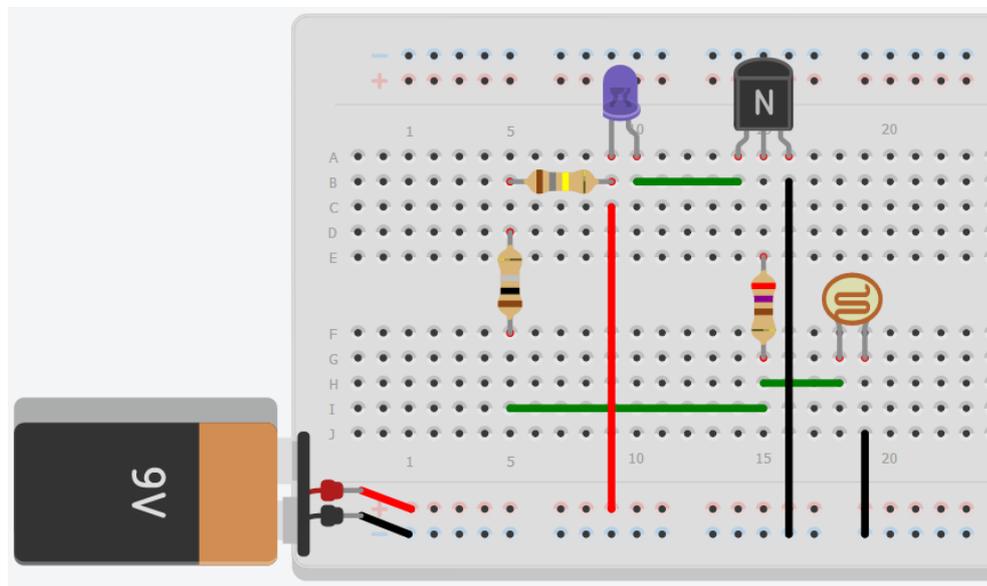
Fonte: Própria do Autor.

São estes os materiais:

- Resistor de 270 Ω ;

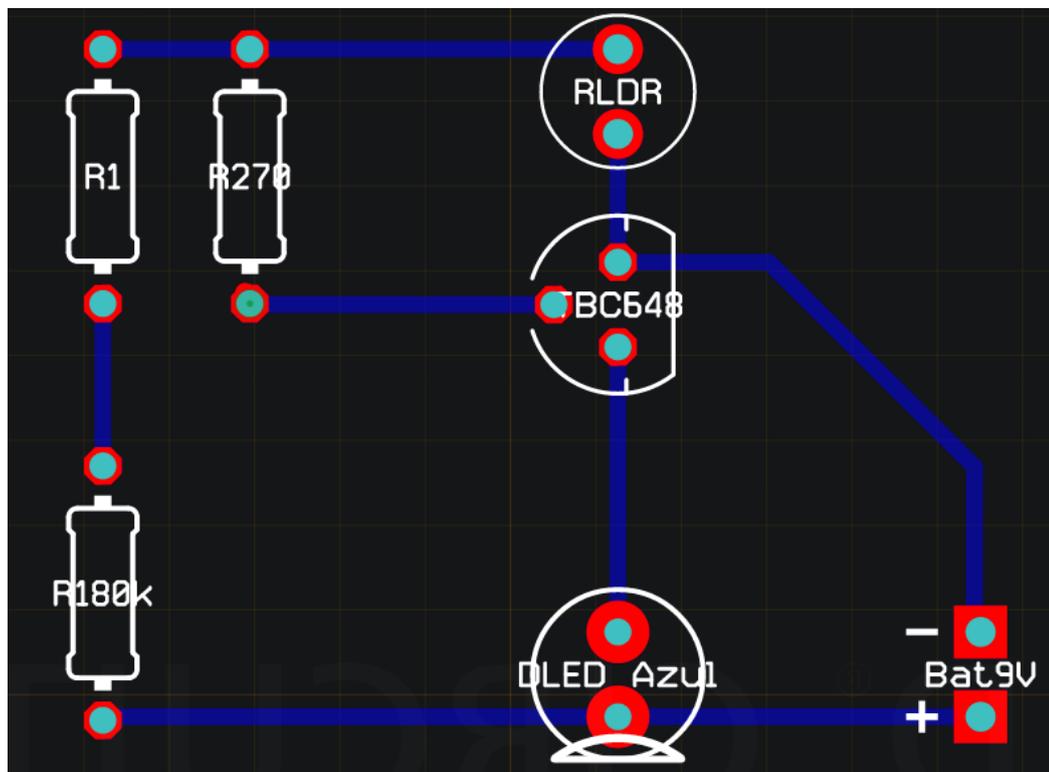
- Resistor de 180 k Ω ;
 - Resistor de 1 Ω ;
 - Transistor BC548;
 - Resistor dependente da Luz (LDR);
 - Placa de fibra de vidro cobreada;
 - Solda de estanho 60/40;
 - Ferro de solda de 30 W;
 - Suporte de bateria;
 - Bateria de 9 V.
- A construção desse circuito elétrico visa tornar concretos os conceitos associados à eletricidade, possibilitando que o aluno entenda a importância e os motivos da utilização de cada componente eletrônico.
- No final, os estudantes poderão fazer testes com seus circuitos e o professor fará a mediação para a discussão da aplicação desse circuito e outros semelhantes, inclusive no projeto de robótica que os mesmos utilizarão.

Figura 2: Montagem do circuito em protoboard.



Fonte: Própria do Autor.

Figura 3: *Layout* dos componentes e posicionamento das trilhas na placa de prototipagem.



Fonte: Própria do Autor.

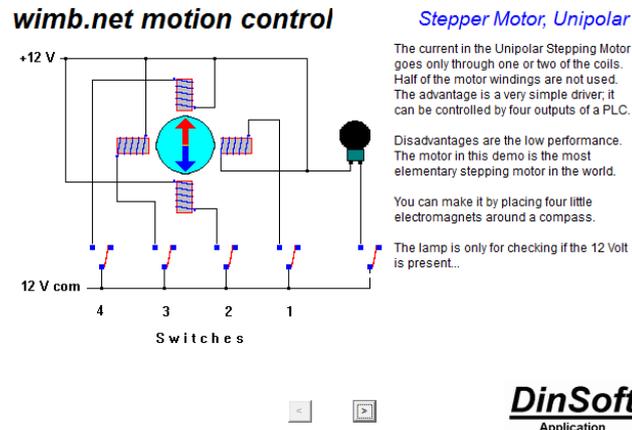
Motores: três aulas

- Retomando o tema “torque”, terá início a exposição da aula, buscando responder a uma das perguntas iniciais: *Qual grandeza Física permite a transferência de energia de rotação do motor para a transmissão em um carro?* Nesse momento, pretendemos provocar nos estudantes inquietação quanto ao assunto e entender as suas concepções a respeito do mesmo.

- Com o auxílio de um OVA, no caso um simulador de motor, como mostra a imagem a seguir, os alunos poderão aprender o funcionamento de um motor a partir de seus elementos internos. Após esse momento, serão apresentados, aos alunos, alguns modelos de motores, como: motor de passo, servomotor, motor de corrente contínua, motor sem escova. Os estudantes poderão manusear para melhor entender seu funcionamento e perceber suas diferentes aplicabilidades. Em seguida, exploraremos com maior detalhe o servomotor, pois será esse motor utilizado no robô. Serão levantados alguns questionamentos como os motivos da escolha desse tipo de motor e, nesse momento, a partir do concreto, poderemos introduzir e

discutir com os estudantes o assunto de torque, abordando principalmente seu funcionamento no robô.

Figura 4: OVA – simulador de motor de passo unipolar.



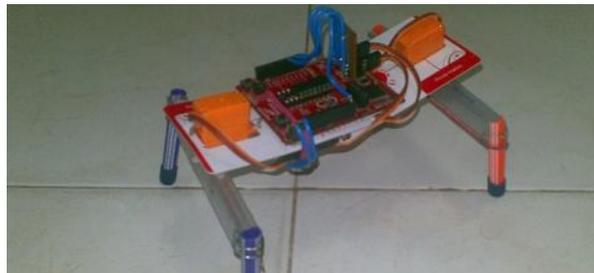
Fonte: <http://www.wimb.net/index.php?s=delphi&page=6>

3. Nova situação problema (maior grau de complexidade) (8 aulas)

Construção da mecânica do robô inseto: quatro aulas

- Nessa fase será apresentado, aos estudantes, um vídeo com um robô que apresenta características similares às daquele que buscamos construir e que se encontra em (<http://www.portalmcu.com.br/2012/07/robo-com-dois-servomotores-controlado.html>).

Figura 5: Modelo semelhante do robô que será construído.



Fonte: <http://www.portalmcu.com.br/2012/07/robo-com-dois-servomotores-controlado.html>

Nesse momento, encaminharemos as discussões com relação ao funcionamento mecânico do robô, utilizando conceitos discutidos nas aulas anteriormente. Em seguida, apresentaremos um vídeo que se encontra em (<http://www.youtube.com/watch?v=rLaTx6xVjxg>) e que trata dos conceitos de torque, para entender situações como: *qual a quantidade de servomotores que*

devemos utilizar? Em que local que devemos fixá-los para que as “patas” do robô possam se locomover da melhor forma? Devemos rebaixar o centro de massa com relação aos extremos para permitir a rotação do tronco? Todos esses questionamentos serão testados pelos estudantes para adquirirem certeza do resultado e assim conseguir atingir a abstração suficiente para entender os conceitos propostos.

- Os materiais a serem utilizados na construção mecânica do robô foram escolhidos por possuírem a resistência mecânica adequada, baixa densidade, baixo custo e de fácil acesso em lojas locais. Entre esses materiais citamos:

- placa de madeira balsa de 3 mm de espessura, para a constituição do corpo;
- vigas de madeira balsa de 5 mm e 8 mm de espessura, para a constituição das pernas e patas;
- servomotor de 9 g, para a tração mecânica e produção de movimento;
- cola quente, para a fixação de elementos do corpo;
- cola epóxi, para a fixação dos elementos das pernas e patas;
- parafusos, para a fixação dos servos motores no corpo;
- alfinete tipo percevejo, para a fixação dos servomotores nas patas.

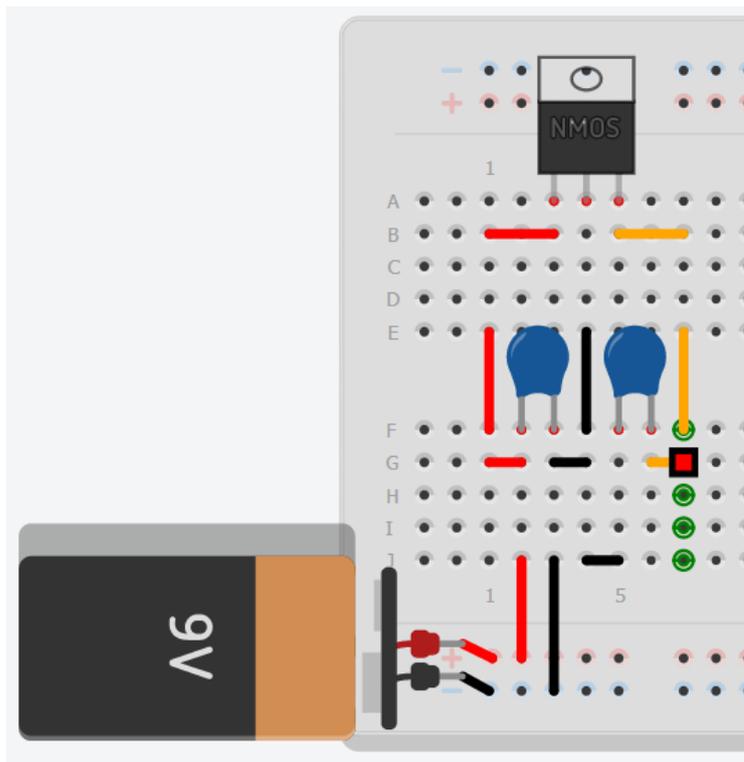
- Feito isso, passaremos para a construção do robô, deixando-o mecanicamente pronto, somente aguardando a construção elétrica e a programação na plataforma Arduino.

Construção elétrica e programação do robô inseto: cinco aulas

- Verificadas as limitações mecânicas e superadas, iniciaremos a implantação dos conjuntos eletroeletrônicos. No primeiro momento, o professor apresentará, aos alunos, um problema referente à alimentação elétrica do robô. Como resultado desse problema levantado, será construído um circuito regulador, em que os alunos retomarão os conhecimentos de circuitos e montagens eletrônicas.

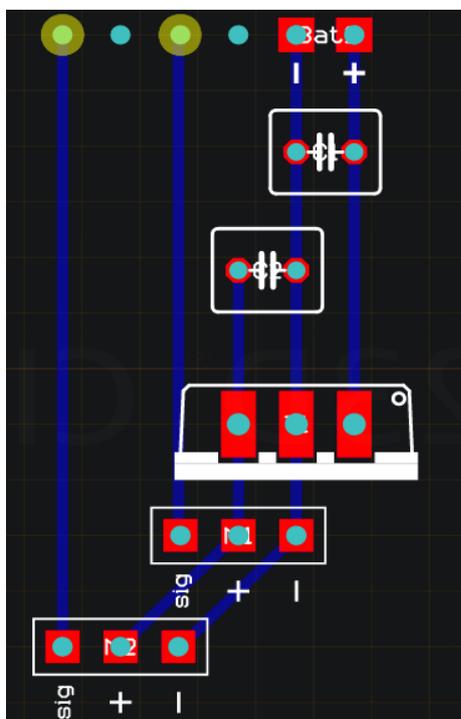
- Serão conectados os motores ao circuito de alimentação e ao Arduino, bem como os sensores de luz (LDR). Em seguida, testaremos as conexões elétricas e os acionamentos eletromecânicos.

Figura 6: Circuito regulador montado em protoboard.



Fonte: Própria do Autor.

Figura 7: Layout e posicionamento das trilhas para o circuito regulador.



Fonte: Própria do Autor.

- Será apresentada a interface de desenvolvimento do Arduino, por meio da qual elaboraremos um algoritmo que dê conta de instruir ao robô a se tornar autônomo.

4. Encontro final integrador (2 aulas)

Teste do robô inseto: duas aulas

- Nesse momento, os estudantes poderão verificar o funcionamento completo do robô construído, observando as características relativas a torque, conforme foram discutidas em aula, e levantarão questionamentos sobre a melhoria da estrutura robótica utilizada.

5. Avaliação

- O processo de avaliação se dará de forma contínua, a partir da observação realizada pelo professor: da interação dos alunos com o grupo, a utilização dos conceitos físicos necessários para a construção do robô, o envolvimento dos alunos com as atividades propostas e respostas a questionamentos realizados em sala de aula durante as atividades.

APÊNDICE 2 – Roteiro para a entrevista inicial com os alunos participantes desta pesquisa.

Aluno:

01. Você acha agradável estudar Física?

Sim Não

02. Quais os motivos?

Sim:

Gosta de cálculos.

Gosta de entender os conceitos relacionados à Física.

Tira boas notas nas provas.

Consegue relacionar os cálculos com os conceitos físicos.

Outros: descreva:

Não:

Pois não gosta de cálculos (Matemática).

Não consegue entender os conceitos relacionados à Física.

Não tira boas notas nas provas.

Não consegue fazer relação dos cálculos com os conceitos físicos.

Outros: descreva:

03. Você se interessa pelos assuntos cotidianos que se relacionam com a Física?

03- a) Sim, de que forma você busca esse conhecimento?

internet

revistas

documentários na televisão

Outros, descreva:

Você leva essas informações para as aulas?

sim Não

03 – b) Não, quais motivos do desinteresse?

Não lê ou assiste a programas que discutem estes assuntos.

Não consegue relacionar os assuntos da sala de aula com a vida cotidiana.

Outros, descreva:

04. Como você classificaria as aulas de Física?

Fazem relação com os assuntos presentes na sua vida cotidiana.

Não apresentam novidades.

Apresentam discussões levantadas pela turma.

Apresentam apenas resoluções de exercícios e que necessitam de Matemática.

Outros, descreva:

05. Descreva o que seu professor faz nas aulas de Física, ou o que acontece que o deixa com vontade de estudar o assunto.

06. Você se lembra de já ter estudado o conteúdo de torque ou momento de uma força?

Sim Não

Consegue se lembrar de alguma situação exemplificada em sala de aula sobre torque ou momento de uma força?

Sim Não

Se sim, descreva:

Consegue relacioná-lo com alguma situação do seu cotidiano?

Sim Não

Se sim, descreva:

07. Vamos entender uma situação prática: para você abrir uma porta, certamente deve aplicar uma força, e você acredita que é somente esse motivo que leva à abertura?

Sim Não

Ou o fato de a maçaneta estar o mais longe possível do eixo das dobradiças influencia na abertura?

Sim Não

Se influencia, descreva quais os motivos.

(Nessa situação apresentarei uma imagem de uma porta com a maçaneta e as dobradiças.)

08. Você já leu, estudou ou participou de algum projeto que envolva assunto de robótica?

Sim Não

Se sim, descreva:

09. Qual(is) motivo(s) o levou(levaram) a participar deste projeto, envolvendo robótica?

Curiosidade sobre o assunto.

Gosta de participar de projetos.

Alguns amigos iriam participariam e chamaram.

Acredita que ajudará a entender mais os conceitos de Física

Outros, descreva:

10. Descreva o que você espera deste projeto de robótica:

APÊNDICE 3 – Roteiro para a entrevista final com os alunos participantes desta pesquisa.

Aluno:

01. Após a realização do projeto de robótica, você acha agradável estudar Física?
() Sim () Não

02. Quais os motivos?

Sim:

- () Começou a entender melhor os cálculos.
- () Entende os conceitos relacionados à Física.
- () Melhorou as notas nas provas.
- () Conseguiu relacionar os cálculos com os conceitos físicos.
- () Outros: descreva:

Não:

- () Não entende os cálculos (Matemática).
- () Não conseguiu entender os conceitos relacionados à Física.
- () Não tira boas notas nas provas.
- () Não conseguiu fazer relação dos cálculos com os conceitos físicos.
- () Outros: descreva:

03. E quanto ao seu interesse pelos assuntos cotidianos que se relacionam com a Física? Houve alguma mudança após a realização do projeto de robótica?

- () Sim, descreva quais foram as principais mudanças.
- () Não, descreva os motivos do desinteresse.

04. Sobre as atividades realizadas e as informações discutidas durante o projeto, alguma(s) você levou para conhecimento de sua turma? Se sim, descreva quais.

05. Após a realização do projeto, você percebe alguma mudança em seu comportamento frente aos conteúdos da disciplina de Física?

06. Você pode exemplificar alguma situação no robô construído, em que foi necessário utilizar o conceito de torque ou momento de uma força? Se sim, descreva essa situação.

07. E você consegue relacionar, com alguma situação cotidiana, o conceito de torque ou momento de uma força? Se sim, descreva essa situação.

08. Com relação ao projeto realizado, aponte algo que lhe despertou interesse?

09. Dentre as atividades realizadas no projeto, qual foi desmotivante?

10. O que este projeto acrescentou em sua formação?

ANEXOS

ANEXO 1 – Material do assunto de autômatos, utilizado com os alunos participantes da presente pesquisa

1. CONCEPÇÃO DE UM AUTOMATISMO

1.1. CARACTERÍSTICAS DE UM AUTOMATISMO

É difícil imaginar a nossa vida sem automatismos. A sua presença entrou de tal forma nos nossos hábitos, que muitas vezes nem damos conta de como nos facilitam a vida; eles estão presentes no controle da luz da escada, no elevador, no portão de garagem, na máquina de lavar roupa, no sistema de bombeamento de água e em muitos mais dispositivos de uso comum.

Na verdade, os automatismos são dispositivos que permitem que determinado sistema funcione de forma autônoma (automaticamente), sendo a intervenção do operador reduzida ao mínimo indispensável.

Sendo bem concebido, um automatismo

- simplifica consideravelmente o trabalho do operador.
- elimina, ao operador, as tarefas complexas, perigosas, pesadas ou indesejadas.

Quando o automatismo é aplicado a um processo industrial, também tem as seguintes vantagens:

- Facilita as alterações aos processos de fabrico;
- Melhora a qualidade dos produtos fabricados, mantendo uma constância das características dos mesmos;
- Aumenta a produção;
- Permite economizar matéria prima e energia;
- Aumenta a segurança no trabalho;
- Controla e protege os sistemas controlados.

1.2. ESTRUTURA DE UM AUTOMATISMO

Podemos dividir um automatismo em três blocos:

- Entradas

Nesse bloco encontram-se todos os dispositivos que recebem informações do sistema a controlar. São em geral sensores, botoneiras, comutadores, fins de curso etc.

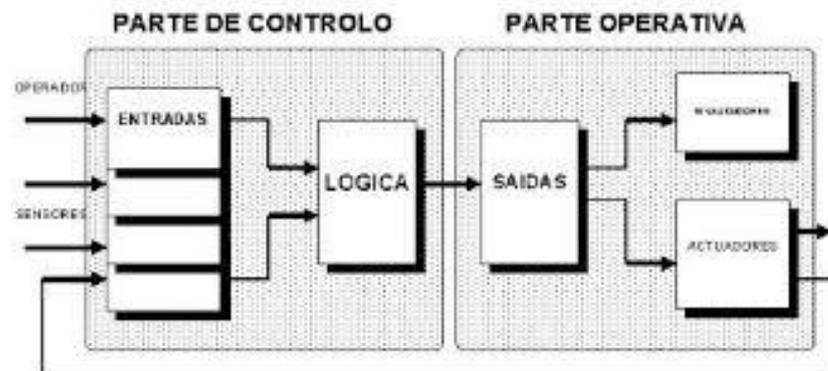
- Saídas

Nesse bloco temos todos os dispositivos atuadores e sinalizadores. Podem ser motores, válvulas, lâmpadas, displays etc.

- Lógica

Nesse bloco encontra-se toda a lógica que permitirá atuar o bloco de saídas em função dos dados recebidos pelo bloco de entradas. É este bloco que define as características de funcionamento do automatismo. Pode ser constituído por relés, temporizadores, contadores, módulos eletrônicos, lógica pneumática, eletrônica programada etc.

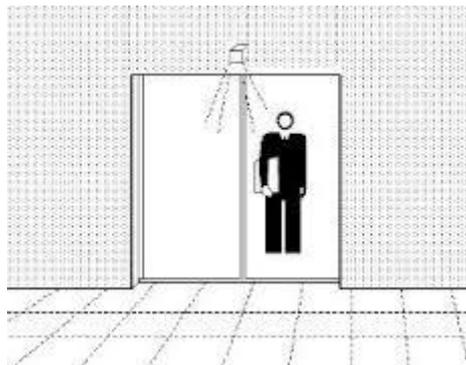
Podemos ainda definir, como parte de controle, o conjunto dos blocos de entradas e de lógica. O bloco de saídas será a parte operativa.

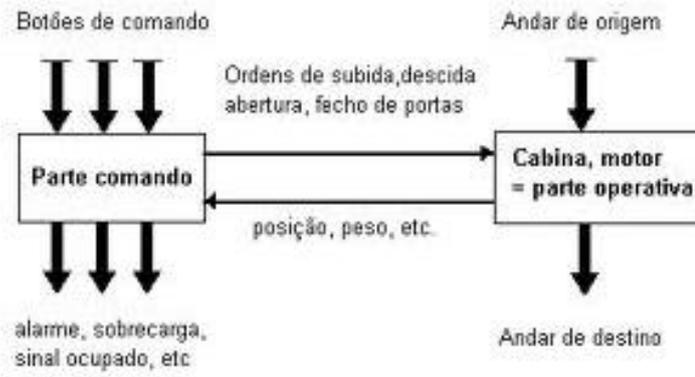


Exemplo:

Automatismo de porta.

Numa porta automática, o motor que aciona a abertura e fecho da mesma constitui a parte operativa. O sensor de proximidade, os fins de curso, a chave de permissão e toda a lógica de exploração constituem a parte de controle.





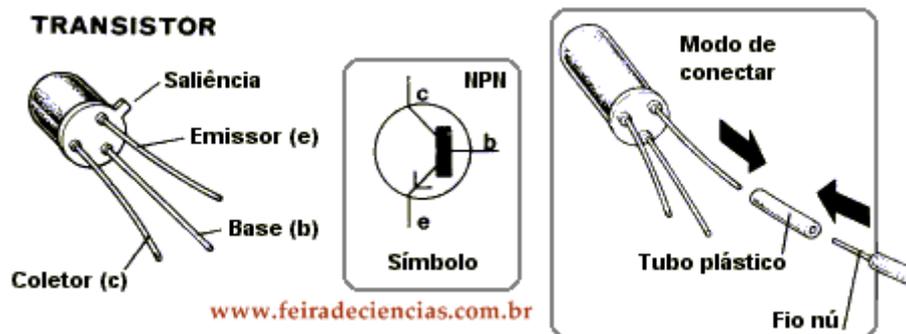
ANEXO 2 – Material do assunto de circuito elétrico simples, utilizado com os alunos participantes da presente pesquisa.

❖ Resistor

Todo sucesso da eletrônica reside no fato de poder controlar o fluxo de corrente elétrica nas várias partes de um circuito. Resistor, como o nome desse componente sugere, permite o controle da corrente, oferecendo maior ou menor dificuldade ao seu fluxo em dado circuito. Um resistor, fisicamente, lembra um pequeno cilindro, com um fio em cada extremidade. As faixas coloridas sobre seu corpo formam um código que permite saber qual o valor de sua resistência, que é medida em ohms.



- ❖ **Transistores** - desempenham funções importantes em muitos dispositivos eletrônicos. Eles são muitas vezes usados como interruptores eletricamente controlados (chaves eletrônicas). No circuito um transistor é usado como chave eletrônica para ligar/desligar a corrente na lâmpada em duas situações distintas.

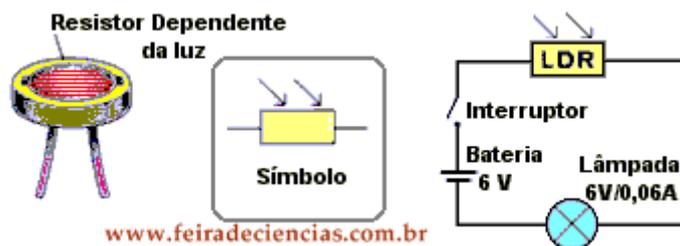


Um transistor tem três terminais, ou pernas, conhecidas como o emissor, o coletor e a base. Tome cuidado para não romper essas pernas e tenha certeza de que você as identificará corretamente. No transistor indicado procure uma etiqueta pequena ou uma mancha de tinta próxima de uma das pernas. Essa marca é para identificar o terminal do emissor.

❖ Resistor dependente da luz (Light Dependent Resistor - LDR)

Nem todos os resistores têm resistências fixas. Resistor dependente da luz, ou LDR, varia sua resistência elétrica de acordo com a quantidade de luz que incide sobre ele. Na **escuridão**, um LDR tem uma resistência **muito alta** e assim impede (limita) a corrente de fluir em um trecho

de circuito. Na **luz**, porém, a resistência é **muito mais baixa** e isso permite o fluxo de boa intensidade no trecho de circuito em questão.



Symbol		Input Voltage (unless otherwise noted)			Output Voltage			5V			12V			15V		
		Parameter	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ
V _O	Output Voltage	Conditions			T _J = 25°C, I _O ≤ 1A P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
	Line Regulation	ΔV _{IN}														3
ΔV _O	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA ΔV _{IN}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
I _O	Quiescent Current	Conditions			T _J = 25°C I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	5	8	8	5	5	5	5	5	mV		
	Quiescent Current Change	ΔI _O													0.5	0.5
ΔV _{IN}	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA, 0°C ≤ T _J ≤ +125°C V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
V _{IN}	Output Noise Voltage	Conditions			T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz f = 120 Hz I _O ≤ 1A, T _J = 25°C P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	68	80	80	61	72	60	70	70	dB		
	Line Regulation	ΔV _{IN}													7.5	14.6

Symbol		Input Voltage (unless otherwise noted)			Output Voltage			5V			12V			15V		
		Parameter	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ
V _O	Output Voltage	Conditions			T _J = 25°C, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
	Line Regulation	ΔV _{IN}														3
ΔV _O	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA ΔV _{IN}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
I _O	Quiescent Current	Conditions			T _J = 25°C I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	5	8	8	5	5	5	5	5	mV		
	Quiescent Current Change	ΔI _O													0.5	0.5
ΔV _{IN}	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA, 0°C ≤ T _J ≤ +125°C V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
V _{IN}	Output Noise Voltage	Conditions			T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz f = 120 Hz I _O ≤ 1A, T _J = 25°C P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	68	80	80	61	72	60	70	70	dB		
	Line Regulation	ΔV _{IN}													7.5	14.6

LM340/LM7800C

Electrical Characteristics (Note 4) 0°C ≤ T_J ≤ +125°C unless otherwise specified

Symbol		Input Voltage (unless otherwise noted)			Output Voltage			5V			12V			15V		
		Parameter	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ
V _O	Output Voltage	Conditions			T _J = 25°C, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
	Line Regulation	ΔV _{IN}														3
ΔV _O	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA ΔV _{IN}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
I _O	Quiescent Current	Conditions			T _J = 25°C I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	5	8	8	5	5	5	5	5	mV		
	Quiescent Current Change	ΔI _O													0.5	0.5
ΔV _{IN}	Line Regulation	Conditions			T _J = 25°C I _O = 500 mA, 0°C ≤ T _J ≤ +125°C V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	7	50	50	15	V _{IN} ≤ 20	150	150	150	mV		
	Load Regulation	ΔV _{IN}													10	50
V _{IN}	Output Noise Voltage	Conditions			T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz f = 120 Hz I _O ≤ 1A, T _J = 25°C P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A V _{MN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	68	80	80	61	72	60	70	70	dB		
	Line Regulation	ΔV _{IN}													7.5	14.6

Note 1: Absolute Maximum Ratings are limits beyond which damage to the device may occur. Operating conditions are conditions under which the device functions but the specifications might not be guaranteed. For guaranteed specifications and test conditions see the Electrical Characteristics.

Note 2: The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is a function of the maximum junction temperature for operation (T_{JMAX} = 125°C or 150°C), the junction-to-ambient thermal resistance (θ_{JA}), and the ambient temperature (T_A). Power = (T_{JMAX} - T_A)/θ_{JA}. If this dissipation is exceeded, the device may be damaged. For the TO-220 package (θ_{JA}), the junction-to-ambient thermal resistance (θ_{JA}) is 50°C/W. When using a heatsink, θ_{JA} is the sum of the θ_{JC} (junction-to-case thermal resistance (θ_{JC})) of the TO-220 package and the case-to-ambient thermal resistance of the heatsink. For the TO-220 package (T_J, θ_{JA}) is 54°C/W and θ_{JC} is 4°C/W.

If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PCB board copper area normally connected to this package. Using 0.5 mm of copper area, T_J is 32°C/W, with 1 inch of copper area, θ_{JA} is 32°C/W, and with 1.5 or more inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W.

Note 3: ESD protection is provided at the input and output pins.

Note 4: All characteristics are measured with a 0.01 μF capacitor from input to ground and a 0.1 μF capacitor from output to ground. All characteristics except no-load voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques (I_N = 10 mA, duty cycle ≤ 5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Note 5: A military RETS specification is available on request. At the time of printing, the military RETS specifications for the LM140K/5.0/883, LM140K/12/883, LM140K/15/883, LM140K/15/883, LM140K/15/883, and LM140K/15/883 complied with the min and max limits for the respective versions of the LM140. The LM140H/883, LM140K/883, and LM140K/883 may also be procured as a Standard Military Drawing.

LM7806C						
Electrical Characteristics						
0°C ≤ T _J ≤ T _J ≤ 150°C, V _I = 11V, I _O = 500 mA, C _I = 0.33 µF, C _O = 0.1 µF, unless otherwise specified						
Symbol	Parameter	Conditions (Note 4)	Min	Typ	Max	Units
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C	5.75	6.0	6.25	V
ΔV _O	Line Regulation	5.0V ≤ V _I ≤ 25V 0.0V ≤ V _O ≤ 1.5V	5.0	120	120	mV
ΔV _O	Load Regulation	I _O = 25°C	4	120	120	mV
V _S	Output Voltage	8.0V ≤ V _I ≤ 21V, 5.0 mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P ≤ 15W	5.7		6.3	V
I _S	Quiescent Current	T _J = 25°C	4.3	8.0	nA	
ΔI _S	Quiescent Current Change	With Load With Load	1.3		0.5	nA
V _{IN}	Noise	T _A = 25°C, 101 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		45		µV
ΔV _O /ΔV _O	Ripple Rejection	f = 120 Hz, I _O = 350 mA, T _J = 25°C	59	75		dB
V _{DO}	Dropout Voltage	I _O = 1.0A, T _J = 25°C	2.0			V
R _O	Output Resistance	f = 1.0 kHz		9		mΩ
I _{PS}	Output Short-Circuit Current	T _J = 25°C, V _I = 35V		350		mA
I _{PK}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.2		A
ΔV _O /ΔT	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _O = 5.0 mA, 0°C ≤ T _A ≤ 125°C		0.8		mV/°C

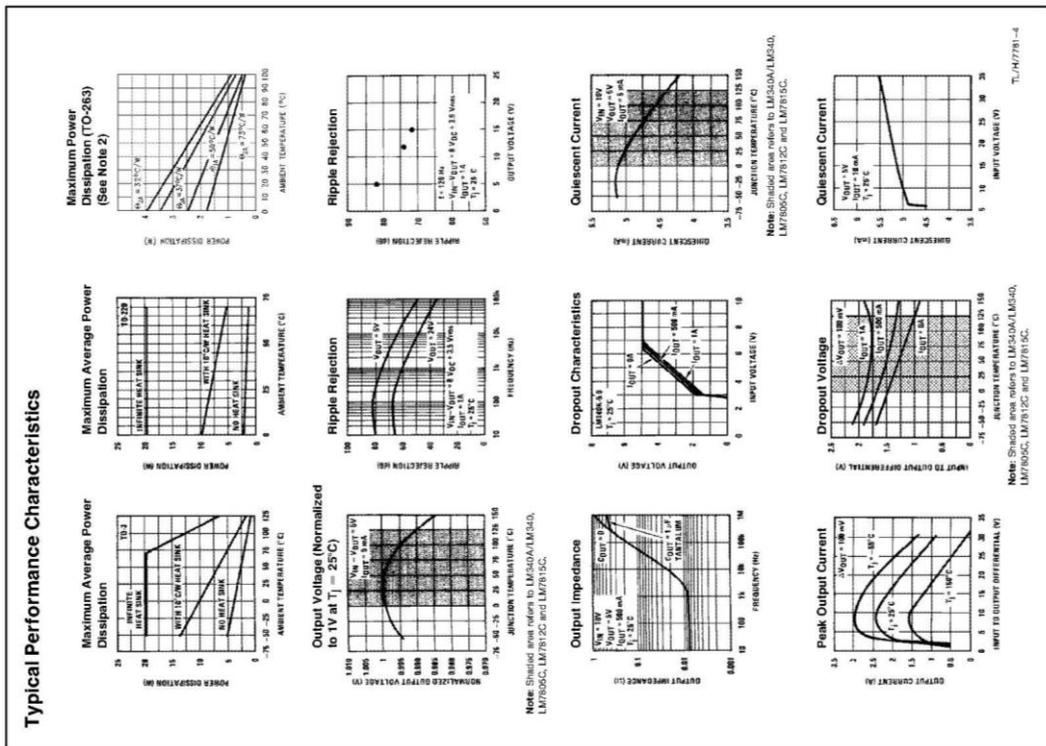
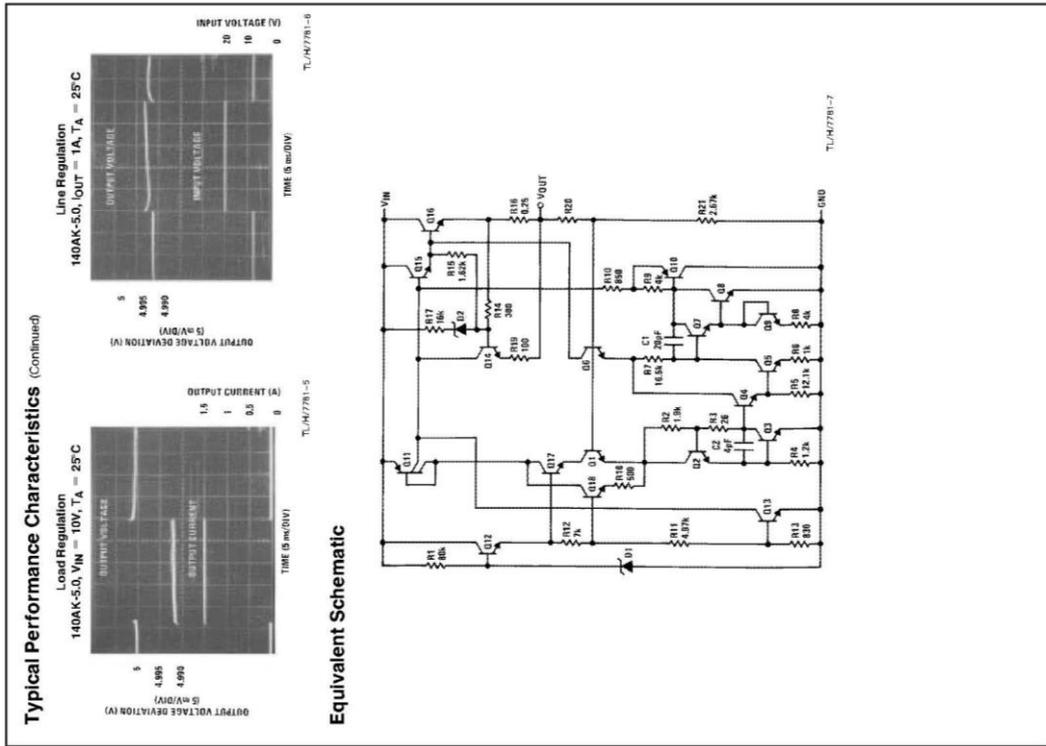
LM7808C						
Electrical Characteristics						
0°C ≤ T _J ≤ T _J ≤ 150°C, V _I = 11V, I _O = 500 mA, C _I = 0.33 µF, C _O = 0.1 µF, unless otherwise specified						
Symbol	Parameter	Conditions (Note 4)	Min	Typ	Max	Units
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C	7.7	8.0	8.3	V
ΔV _O	Line Regulation	10.0V ≤ V _I ≤ 25V 1.0V ≤ V _O ≤ 7V	7.7	8.0	8.3	mV
ΔV _O	Load Regulation	I _O = 25°C	5.0	120	120	mV
V _S	Output Voltage	11.5V ≤ V _I ≤ 23V, 5.0 mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P ≤ 15W	7.6		8.4	V
I _S	Quiescent Current	T _J = 25°C	4.3	8.0	nA	
ΔI _S	Quiescent Current Change	With Load With Load	1.3		0.5	nA
V _{IN}	Noise	T _A = 25°C, 101 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		52		µV
ΔV _O /ΔV _O	Ripple Rejection	f = 120 Hz, I _O = 350 mA, T _J = 25°C	56	72		dB
V _{DO}	Dropout Voltage	I _O = 1.0A, T _J = 25°C	2.0			V
R _O	Output Resistance	f = 1.0 kHz		16		mΩ
I _{PS}	Output Short-Circuit Current	T _J = 25°C, V _I = 35V		3.45		A
I _{PK}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.2		A
ΔV _O /ΔT	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _O = 5.0 mA		0.8		mV/°C

Note 4: All electrical characteristics are measured with a 0.02-µF capacitor from input to ground and a 0.1-µF capacitor from output to ground. A. All characteristics are accepted for production only. The ripple rejection and line regulation are measured with a 10-mA, 4.7-kHz, 50-mV peak-to-peak ripple voltage. Output voltage change due to average internal temperature must be taken into account separately.

LM7818C						
Electrical Characteristics						
0°C ≤ T _J ≤ T _J ≤ 150°C, V _I = 21V, I _O = 500 mA, C _I = 0.33 µF, C _O = 0.1 µF, unless otherwise specified						
Symbol	Parameter	Conditions (Note 4)	Min	Typ	Max	Units
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C	7.3	8.3	10.7	V
ΔV _O	Line Regulation	21V ≤ V _I ≤ 33V 21V ≤ V _O ≤ 20V	7.3	8.3	10.7	mV
ΔV _O	Load Regulation	I _O = 25°C	5.0	120	120	mV
V _S	Output Voltage	27V ≤ V _I ≤ 33V, 5.0 mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P ≤ 15W	7.3		10.9	V
I _S	Quiescent Current	T _J = 25°C	2.0	4.6	8.0	nA
ΔI _S	Quiescent Current Change	With Load With Load	1.0		0.5	nA
V _{IN}	Noise	T _A = 25°C, 0.1 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		53		µV
ΔV _O /ΔV _O	Ripple Rejection	f = 120 Hz, I _O = 350 mA, T _J = 25°C		59		dB
V _{DO}	Dropout Voltage	I _O = 1.0A, T _J = 25°C		2.0		V
R _O	Output Resistance	f = 1.0 kHz		22		mΩ
I _{PS}	Output Short-Circuit Current	T _J = 25°C, V _I = 35V		0.23		A
I _{PK}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.1		A
ΔV _O /ΔT	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _O = 5.0 mA		1.0		mV/°C

LM7824C						
Electrical Characteristics						
0°C ≤ T _J ≤ T _J ≤ 150°C, V _I = 30V, I _O = 300 mA, C _I = 0.33 µF, C _O = 0.1 µF, unless otherwise specified						
Symbol	Parameter	Conditions (Note 4)	Min	Typ	Max	Units
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C	23.0	24.0	25.0	V
ΔV _O	Line Regulation	24V ≤ V _I ≤ 38V 30V ≤ V _O ≤ 28V	23.0	24.0	25.0	mV
ΔV _O	Load Regulation	I _O = 25°C	12	240	240	mV
V _S	Output Voltage	28V ≤ V _I ≤ 38V, 5.0 mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P ≤ 15W	22.5		25.2	V
I _S	Quiescent Current	T _J = 25°C	1.6	0.3	0.3	nA
ΔI _S	Quiescent Current Change	With Load With Load	1.0		0.5	nA
V _{IN}	Noise	T _A = 25°C, 101 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		70		µV
ΔV _O /ΔV _O	Ripple Rejection	f = 120 Hz, I _O = 350 mA, T _J = 25°C		66		dB
V _{DO}	Dropout Voltage	I _O = 1.0A, T _J = 25°C		2.0		V
R _O	Output Resistance	f = 1.0 kHz		28		mΩ
I _{PS}	Output Short-Circuit Current	T _J = 25°C, V _I = 35V		3.75		A
I _{PK}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.1		A
ΔV _O /ΔT	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _O = 5.0 mA		1.5		mV/°C

Note 4: All electrical characteristics are measured with a 0.02-µF capacitor from input to ground and a 0.1-µF capacitor from output to ground. A. All characteristics are accepted for production only. The ripple rejection and line regulation are measured with a 10-mA, 4.7-kHz, 50-mV peak-to-peak ripple voltage. Output voltage change due to average internal temperature must be taken into account separately.



Application Hints

The LM340/LM78XX series is designed with thermal protection, output short-circuit protection and output transistor safe area protection. However, as with any IC regulator, it becomes necessary to take precautions to assure that the regulator is not inadvertently damaged. The following describes possible misapplications and methods to prevent damage to the regulator.

Shorting the Regulator Input: When using large capacitors at the output of these regulators, a protection diode connected input to output (Figure 1) may be required if the input is shorted to ground. Without the protection diode, an input short will cause the input to rapidly approach ground potential, while the output remains near the initial V_{OUT} because of the stored charge in the large output capacitor. The capacitor will then discharge through a large internal input to output diode and parasitic transistors. If the energy released by the capacitor is large enough, this diode, low current metal and the regulator will be destroyed. The fast current in Figure 1 will shunt most of the capacitors discharge current around the regulator. Generally no protection diode is required for values of output capacitance $\leq 10 \mu\text{F}$.

Raising the Output Voltage above the Input Voltage: Since the output of the device does not sink current, forcing the output high can cause damage to internal low current paths in a manner similar to that just described in the "Shorting the Regulator Input" section.

Regulator Floating Ground (Figure 2): When the ground pin alone becomes disconnected, the output approaches the unregulated input, causing possible damage to other circuits connected to V_{OUT}. If ground is reconnected with power "ON", damage may also occur to the regulator. This fault is most likely to occur when plugging in regulators or modules with on card regulators into powered up sockets. Power should be turned off first, thermal limit ceases operating, or ground should be connected first if power must be left on.

Transient Voltages: If transients exceed the maximum rated input voltage of the device, or reach more than 0.8V below ground and have sufficient energy, they will damage the regulator. The solution is to use a large input capacitor, a series input breakdown diode, a choke, a transient suppressor or a combination of these.

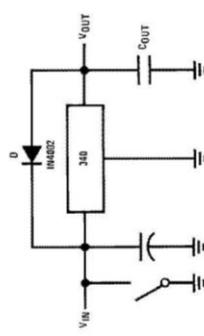


FIGURE 1. Input Short

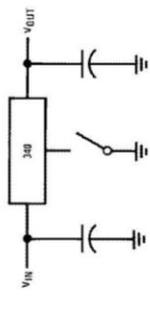


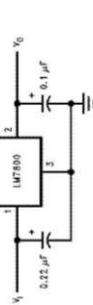
FIGURE 2. Regulator Floating Ground



FIGURE 3. Transients

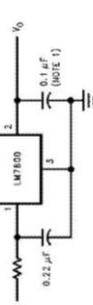
Typical Applications

Fixed Output Regulator

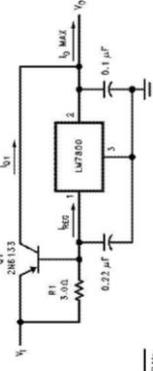


Note 1: Bypass capacitors are recommended for optimum stability and transient response, and should be located as close as possible to the regulator.

High Input Voltage Circuits



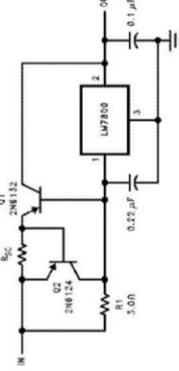
High Current Voltage Regulator



$$I(O) > \frac{I_{O,MAX}}{I_{REG,MAX}}$$

$$R1 = \frac{0.8}{I_{REG,MAX} - I_{REG,MAX}(\beta + 1)} \cdot I_{O,MAX}$$

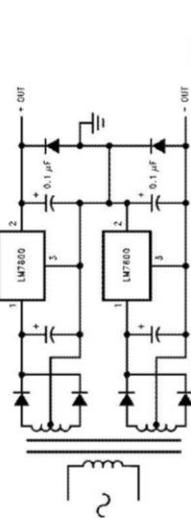
High Output Current, Short Circuit Protected



$$P_{SC} = \frac{0.8}{I_{REG,MAX} - I_{REG,MAX}(\beta + 1)} \cdot I_{O,MAX}$$

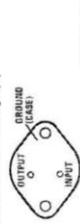
$$R1 = \frac{0.8 \cdot I_{O,MAX}}{I_{REG,MAX} - I_{REG,MAX}(\beta + 1)} \cdot I_{O,MAX}$$

Positive and Negative Regulator



Connection Diagrams and Ordering Information

TO-3 Metal Can Package (K)



Bottom View
T_LA4778-11

Steel Package Order Numbers:

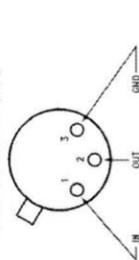
- LM140K-5.0 LM140K-12 LM140K-15
- LM340AK-5.0 LM340K-12 LM340K-15
- LM340K-5.0

See Package Number K02A

- LM140AK-5.0/883 LM140AK-12/883 LM140AK-15/883
- LM140K-5.0/883 LM140K-12/883 LM140K-15/883

See Package Number K02C

TO-39 Metal Can Package (H)



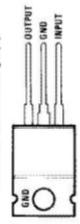
Top View
T_LA4778-19

Metal Can Order Numbers:

- LM140H-5.0/883
- LM140H-12/883
- LM140H-15/883
- LM140H-24/883

See Package Number H03A

TO-220 Power Package (T)



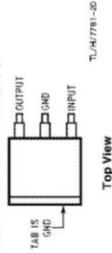
Top View
T_LA4778-12

Plastic Package Order Numbers:

- LM340AT-5.0 LM340T-5.0
- LM340AT-12 LM340T-12
- LM340AT-15 LM340T-15
- LM7805CT LM7812CT
- LM7815CT LM7806CT
- LM7809CT LM7818CT
- LM7824CT

See Package Number T03B

TO-263 Surface-Mount Package (S)



Top View
T_LA4778-20

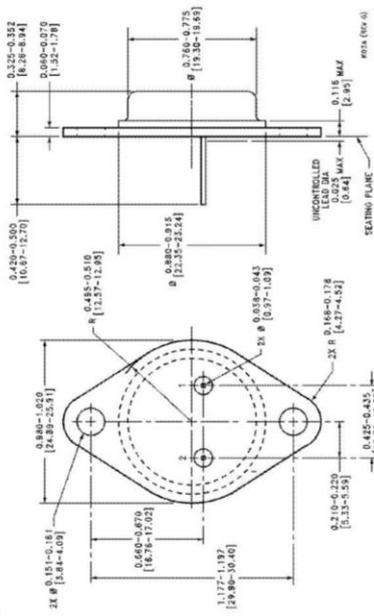
Side View
T_LA4778-21

Surface-Mount Package Order Numbers:

- LM7805S LM7812S

See Package Number T53B

Physical Dimensions inches (millimeters)



TO-3 Metal Can Package (K)

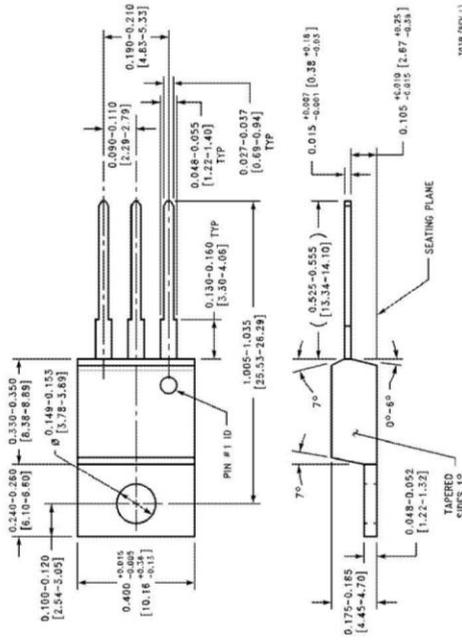
Order Number LM340AK-5.0, LM140K-5.0, LM340K-5.0, LM140K-12, LM340K-12, LM140K-15, LM340K-15, LM7806CK, LM7809CK, LM7818CK or LM7824CK

NS Package Number K02A

†The specifications for the LM140H/883 devices are not contained in this datasheet. If specifications for these devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors.

LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C Series 3-Terminal Positive Regulators

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



TO-220 Power Package (T)
 Order Number LM340AT/LM340T-5.0, LM340AT/LM340T-12, LM340AT/LM340T-15, LM7805CT, LM7812CT, LM7815CT, LM7806CT, LM7808CT, LM7818CT or LM7824CT
 NS Package Number T03B
 1938 (REV. 1)

LIFE SUPPORT POLICY

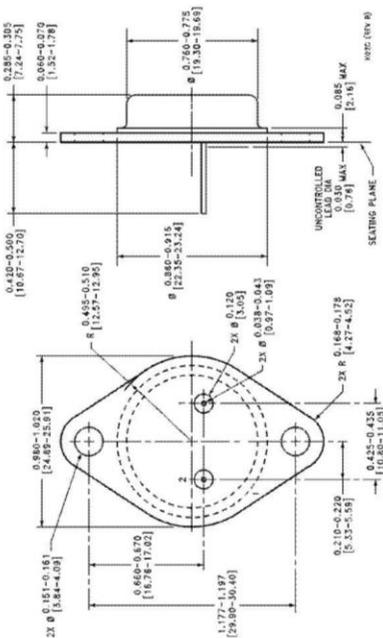
NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor		National Semiconductor		National Semiconductor	
Europe	111 Woodlands Road, Wilmington, NC 28403	Europe	111 Woodlands Road, Wilmington, NC 28403	Europe	111 Woodlands Road, Wilmington, NC 28403
Japan	3-18-14, Nishi-Shinjyuku, Shinjyuku-Ku, Tokyo 163, Japan	Japan	3-18-14, Nishi-Shinjyuku, Shinjyuku-Ku, Tokyo 163, Japan	Japan	3-18-14, Nishi-Shinjyuku, Shinjyuku-Ku, Tokyo 163, Japan
Philippines	Alfonso M. Rodriguez Avenue, Alabang, Muntinlupa City, Metro Manila, Philippines	Philippines	Alfonso M. Rodriguez Avenue, Alabang, Muntinlupa City, Metro Manila, Philippines	Philippines	Alfonso M. Rodriguez Avenue, Alabang, Muntinlupa City, Metro Manila, Philippines
Singapore	100, Cross Street, Singapore	Singapore	100, Cross Street, Singapore	Singapore	100, Cross Street, Singapore
Taiwan	100, Cross Street, Singapore	Taiwan	100, Cross Street, Singapore	Taiwan	100, Cross Street, Singapore
Tel: (910) 772-7718		Tel: (910) 772-7718		Tel: (910) 772-7718	
Fax: (910) 772-7718		Fax: (910) 772-7718		Fax: (910) 772-7718	
USA	1906 West Beaver Creek, Austin, TX 78767	USA	1906 West Beaver Creek, Austin, TX 78767	USA	1906 West Beaver Creek, Austin, TX 78767
Tel: (512) 797-1000		Tel: (512) 797-1000		Tel: (512) 797-1000	
Fax: (512) 797-1000		Fax: (512) 797-1000		Fax: (512) 797-1000	
France	100, Cross Street, Singapore	France	100, Cross Street, Singapore	France	100, Cross Street, Singapore
Tel: (33) 1 48 00 20 20		Tel: (33) 1 48 00 20 20		Tel: (33) 1 48 00 20 20	
Fax: (33) 1 48 00 20 20		Fax: (33) 1 48 00 20 20		Fax: (33) 1 48 00 20 20	

National does not assume any responsibility for use of any circuitry from these files, and does not warrant or make any representation in any way without notice to change said circuitry and specifications.

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



ANEXO 4 – Folha de dados (Datasheet) do transistor BC548.

BC548 / BC548A / BC548B / BC548C



Discrete POWER & Signal Technologies

BC548
BC548A
BC548B
BC548C



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN 100A for characteristics.

Absolute Maximum Ratings* TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage	30	V
V _{CEs}	Collector-Base Voltage	30	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	5.0	V
I _c	Collector Current - Continuous	500	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BC548 / A / B / C	
P _D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

NPN General Purpose Amplifier

(continued)

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0$	30		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	30		V
$V_{(BR)CES}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	30		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_C = 0$	5.0		V
I_{CBO}	Collector Cutoff Current	$V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0, T_A = +150 \text{ } ^\circ\text{C}$		15 5.0	nA μA
ON CHARACTERISTICS					
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	548 548A 548B 548C	110 110 200 420	800 220 450 800
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$ $I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.25 0.60	V V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$	0.58	0.70 0.77	V V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS					
h_{fe}	Small-Signal Current Gain	$I_C = 2.0 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	125	900	
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 200 \text{ } \mu\text{A},$ $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz},$ $B_W = 200 \text{ Hz}$		10	dB

BC548 / BC548A / BC548B / BC548C

ANEXO 5 – Código fonte do Programa Elaborado para controle do robô.

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servof;
```

```
Servo servot;
```

```
int LdrD;
```

```
int LdrE;
```

```
int Luz;
```

```
void setup(){
```

```
servof.attach(9);
```

```
servot.attach(10);
```

```
pinMode(13, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
digitalWrite(13, HIGH);
```

```
LdrD = analogRead(A0);
```

```
LdrE = analogRead(A1);
```

```
Luz = LdrD+LdrE;
```

```
delay(50);
```

```
if (LdrD == LdrE){
```

```
reverse();
```

```
}
```

```
else if (LdrD>LdrE){
```

```
esquerda();
```

```
digitalWrite(13, LOW);}

else if (LdrE<LdrD){
  direita();
  digitalWrite(13, LOW);}
while(Luz<100){
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000000000);
}
frente();
}

void frente(){

  servof.write(55); delay(75);
  servot.write(60); delay(75);
  servof.write(80); delay(75);
  servot.write(40); delay(75);
  servof.write(40); delay(75);
  servot.write(75); delay(75);
  servof.write(55); delay(75);
  servot.write(60); delay(75);}

void reverse(){
  servot.write(60); delay(75);
  servof.write(55); delay(75);
  servot.write(75); delay(75);
```

```
servof.write(40); delay(75);  
servot.write(40); delay(75);  
servof.write(80); delay(75);  
servot.write(60); delay(75);  
servof.write(55); delay(75);}
```

```
void direita(){  
    servof.write(40); delay(75);  
    servot.write(60); delay(75);  
    servof.write(80); delay(75);  
    servot.write(40); delay(75);  
    servof.write(60); delay(75);  
    servot.write(80); delay(75);  
    servof.write(40); delay(75);  
    servot.write(60); delay(75);}
```

```
void esquerda(){  
    servof.write(60); delay(75);  
    servot.write(40); delay(75);  
    servof.write(55); delay(75);  
    servot.write(60); delay(75);  
    servof.write(70); delay(75);  
    servot.write(55); delay(75);  
    servof.write(55); delay(75);  
    servot.write(60); delay(75);}
```

ANEXO 6 – Código fonte do programa de calibração dos servo-motores.

```

#include <Servo.h> // Importa a biblioteca Servo.h do arduino.

Servo servo1;      // Cria uma variável do tipo Servo que será o nosso servo.
char buffer[4];    // Matriz de caractere que receberá o comando via serial
int received;      // Variável inteira que identifica quantos caracteres foram recebidos, //
                  // pois só é possível receber um caracter por vez.

void setup(){

  Serial.begin(9600); // Define a taxa de transmissão como 9600.
  servo1.attach(8);   // Atribui o servo ao pino digital 8 do Arduino.
  received = 0;       // Atribui o valor 0 para a variável received.
  buffer[received] = '\0'; // Na posição 0 do array, atribui o valor '\0' que identifica
                          // onde começa o array.
}

void loop(){

  if(Serial.available()){ // Verifica se existe alguma entrada de dados, disponível na
                          // entrada serial.

    buffer[received++] = Serial.read(); // Salva os caracteres no array a cada iteração.

    if(received >= (sizeof(buffer)-1)){

      Serial.println(buffer); // Imprime na saída serial o valor apenas para
                              // mostrar o valor.

      int numero = atoi(buffer); // Converte o valor de "char" para "int".

      servo1.write(numero); // Envia o comando para o servo-motor.
      received = 0; } // Zera novamente a variável.

      Serial.flush(); // Limpa o buffer da entrada serial.
    }
  }
}

```