

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

PROPOSTA DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA
PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

WAGNER DE ALMEIDA MOREIRA HONORATO

Itajubá, fevereiro 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

WAGNER DE ALMEIDA MOREIRA HONORATO

PROPOSTA DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA
PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

Dissertação apresentada ao exame de qualificação do programa de mestrado profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Itajubá como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

Itajubá, fevereiro 2016

RESUMO

O ensino de Física, praticado na maioria de nossas escolas, é normalmente descrito pelas pesquisas como sendo desinteressante, extremamente idealizado, sem contextualização, muito abstrato, em que os alunos assumem uma posição passiva diante do processo de aprendizagem.

Muitos trabalhos de pesquisa têm destacado a importância da experimentação no Ensino de Física como um instrumento importante, não apenas para a aprendizagem de conceitos como também para desencadear motivação nos estudantes, além de discutir a natureza da Ciência e do fazer científico, dando maior protagonismo aos alunos no processo de construção do conhecimento e, também, contribuindo para o desenvolvimento de um cidadão consciente da realidade em que vive, sendo capaz de participar dela, tomando decisões socialmente responsáveis.

Atualmente, a modernidade traz uma realidade cada vez mais modificada e transformada pelo desenvolvimento científico e tecnológico, de tal forma que grande parte das interações que mantemos e muitas soluções para os problemas do cotidiano têm sido mediatizadas. Contudo, em sala de aula, o uso desses recursos não ocorre ou é pouco explorado. Não se trata de utilizar tais ferramentas apenas por conta de um modismo pedagógico ou como ferramenta apenas para dinamizar as estratégias pedagógicas, mas, fundamentalmente, de trazer para o cotidiano do ensino e do processo de aprendizagem uma realidade que está no dia a dia dos alunos.

Permitir que o estudante apreenda a realidade em que vive é tarefa importante da educação, pois ao contrário estaremos relegando os estudantes a uma vivência alienada diante das inovações tecnológicas de nosso tempo.

A robótica, por exemplo, é uma área da tecnologia que engloba a eletrônica, a mecânica e a computação, que vem sendo cada vez mais explorada em nossa sociedade: está presente em situações que envolvem desde explorações espaciais, até no funcionamento de um automóvel ou de uma máquina de lavar louças.

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver e aplicar uma plataforma robótica de baixo custo para o ensino de cinemática. Nossa intenção é possibilitar o desenvolvimento de atividades experimentais utilizando para isso os recursos mais modernos das Novas Tecnologias de informação e comunicação.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Ensino de Física, Robótica educacional.

ABSTRACT

The teaching of Physics, practiced in most of our schools, it is usually described by research as being uninteresting, extremely idealized without contextualization, very abstract, in which students take a passive position before the learning process.

Many research papers have highlighted the importance of experimentation in physics education as an important tool not only for learning concepts but also to trigger motivation in students, discuss the nature of science and scientific work, to give greater prominence to students in process of knowledge construction and also to contribute to the development of a conscious citizen of the reality in which he lives, being able to participate in it making socially responsible decisions.

Currently, the society we live in, modernity has brought an increasingly modified reality and transformed by scientific and technological development, so that most of the interactions that maintain and solutions to everyday problems have been mediatized. However, in the classroom, the use of these resources does not occur or is too exploited. This is not to use such tools only because of a pedagogical fad or only as a tool to boost the teaching strategies but, fundamentally, to bring to the everyday teaching and learning process a reality that is in day-to - day students.

Allowing the student to seize the reality you live in is important task of education, otherwise, we will be relegating students to an alien living on the technological innovations of our time.

The robotics, for example, is an area of technology that includes electronics, mechanics and computing that has been increasingly being exploited in our society, is present in situations involving space exploration to the operation of an automobile or one dishwasher.

This study aims to develop and apply a robotic platform of low cost for the cinematic education. Our intention is to enable the development of experimental activities using, for this, the most modern features of the new technologies of information and communication.

Keywords: Science Education, Physical education, Educational Robotics.

Lista de Ilustrações

Figura 2.1 -	A clepsidra – relógio de água.	24
Figura 2.2 -	Estudos de Leonardo da Vinci sobre robôs	24
Figura 2.3 -	Nicola Tesla e seu esboço de um submarino teleguiado a distância.	25
Figura 2.4 -	Foto do robô Unimate.	26
Figura 2.5 -	Foto do robô T3.	27
Figura 2.6 -	Foto do robô Puma.	27
Figura 2.7 -	O Mars Pathfinder's Sojourner.	28
Figura 2.8 -	O Spirit.	29
Figura 2.9 -	O Opportunity Rovers.	29
Figura 2.10 -	Kit Lego Mindstorms NXT.	32
Figura 2.11 -	Alguns componentes e robô montado do kit LEGO Mindstorm: a) bloco controlador; b) sensor de luz; c) servo motor; d) sensor infravermelho; e) robô montado.	33
Figura 2.12 -	Tela de programação no LEGO Mindstorm NXT-G.	34
Figura 4.1 -	Placa Arduino modelo UNO.	45
Figura 4.2 -	Ponte H: a) esquema de uma ponte H; b) controlador tipo L298N.	46
Figura 4.3 -	Display de cristal líquido.	47
Figura 4.4 -	Sensor de distância.	47
Figura 4.5 -	Receptor infravermelho.	48
Figura 4.6 -	Controle remoto.	48
Figura 4.7 -	Bateria.	49
Figura 4.8 -	Kit carro com esteira.	49
Figura 4.9 -	Shield.	50
Figura 4.10 -	Montagem do carro robô.	51
Figura 4.11 -	Pista e os referenciais de estudo.	51
Figura 4.12 -	Fluxograma.	53
Figura 4.13 -	Declaração de bibliotecas do programa.	54
Figura 4.14 -	Declaração da maioria dos pinos usados do Arduino.	55
Figura 4.15 -	Declaração de variáveis.	55
Figura 4.16 -	Declaração de objetos.	56
Figura 4.17 -	Função loop.	57
Figura 4.18 -	Primeira interpretação de comandos do controle remoto.	58
Figura 4.19 -	Comandos quando o botão play é pressionado.	59
Figura 4.20 -	Estrutura switch.	59
Figura 4.21 -	Utilização do sensor para identificar os pontos de medição.	60
Figura 4.22 -	Última tela e exibição dos resultados.	61
Figura 4.23 -	Gráfico Velocidade X Tempo.	63
Figura 4.24 -	Encontro de dois móveis.	66

Lista de Tabelas

Tabela I –	Tipos de sensores utilizados em robôs móveis.	31
Tabela II –	Principais tipos de atuadores em robôs móveis.	31
Tabela III –	Principais tipos de plataformas robóticas utilizadas na educação (construída a partir de informações obtidas em (RIBEIRO, 2006).	37
Tabela IV –	Categorias de atividades experimentais que são atendidas pela plataforma robótica desenvolvida.	70

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 - O PAPEL DO LABORATÓRIO NO ENSINO DE FÍSICA	14
CAPÍTULO 2 – A ROBÓTICA E SUA APLICAÇÃO EDUCACIONAL	23
2.1 – Um breve histórico da robótica	23
2.2 – Aplicações educacionais da robótica	31
2.3 – Uma Perspectiva vigotskiana para Ensino de Física a partir da robótica	37
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA	41
3.1 - Metodologia de coleta de dados	42
3.2 - Metodologia de análise de dados	43
CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	44
4.1 - Descrição da plataforma robótica desenvolvida	44
4.1.1 – Materiais utilizados na plataforma robótica desenvolvida	44
4.1.2 - Montagem da plataforma	49
4.1.3 – Montagem da pista para o estudo dos movimentos	51
4.1.4 – O funcionamento e a programação do carro robô	52
4.2 – Guia de estudo para ser utilizado pelo aluno em seu trabalho em sala de aula	61
4.3 – Resultados do teste da plataforma para a realização dos experimentos de Física sobre Cinemática	62
4.4 – Resultados relativos à avaliação do protótipo quanto à sua utilização no contexto de ensino de Física	66
4.5 – Análise do protótipo em condições reais de sala de aula	69
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
Referências	75
Anexo I	80
Anexo II	89

Anexo III

99

Anexo IV

111

INTRODUÇÃO

Dados de diferentes pesquisas têm chamado a atenção para a má qualidade do Ensino Médio no Brasil, em especial ao ensino de Ciências. O Anuário Brasileiro da Educação Básica (BRASÍLIA, 2012) destaca que, no Brasil, apenas 10% dos estudantes brasileiros que finalizam o Ensino Médio apresentam os conhecimentos relacionados a esse nível de escolaridade. Dados do PISA (*Programme for International Student Assessment*), exame organizado e aplicado pela OCDE (Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica), aponta que, em relação aos conhecimentos de Ciência básica, a educação brasileira está em quinquagésima sétima posição, na frente apenas de dez países (INEP, 2012).

Esses números são alarmantes e exigem ações urgentes para que possamos melhorar a qualidade do ensino praticado em nossas escolas.

A prática de ensino de Física, na maioria das instituições de ensino, é centrada na fala do professor, relegando ao aluno uma posição passiva ante o processo de ensino e de aprendizagem, como destacam Ramos e Rosa (2008), MOREIRA (2009) e CASANOVA e ALVES (2013). A partir dessa postura tradicional, temos uma aula estabelecida em conteúdos desarticulados com a realidade dos alunos que, por sua vez, limitam-se a ouvir e anotar. Assim, eles pouco falam, nem mesmo perguntam.

Autores como Coelho *et.al.* (2002) destacam a importância do papel dos questionamentos, ou seja, das perguntas no processo de aprendizagem. Para eles, a ausência de questionamentos é um obstáculo a ser contornado em sala de aula, tanto em relação ao aluno como em relação ao professor.

Por isso, os autores destacam as atividades experimentais como fator importante para a aprendizagem dos estudantes, pois são oportunidades nas quais eles podem ocupar um papel mais ativo no processo de ensino e de aprendizagem.

Entretanto, a realização de atividades experimentais, por si só, não se configura como a solução para todos os males do Ensino de Ciências, tendo em vista que não são somente por elas que ocorre a aprendizagem. Como enfatizam Oliveira *et.al* (1999), o que o importa é a maneira como essas atividades são realizadas em sala de aula. Dessa forma, os autores recomendam que a experimentação não seja vista apenas como uma demonstração da teoria

previamente exposta em sala de aula. Segundo eles, é essencial que o professor de ciências entenda que a aula experimental pode e deve ser utilizada como uma importante ferramenta, para estimular não só o aprendizado, como também o raciocínio e a convivência em grupo, desenvolvendo habilidades que normalmente não são possíveis em uma aula teórica expositiva.

Nessa mesma linha de pensamento, Silveira (1996) comenta que a crença na experimentação como fonte do conhecimento científico é comum em concepções positivistas sobre a natureza da Ciência, para as quais não há espaço para a imaginação e a criatividade, diferentemente de concepções mais modernas que reconhecem as influências de aspectos políticos, sociais, culturais e até psicológicos na construção das teorias científicas (OLIVA,2012).

Apesar de Popper (2007) entender a experimentação como um procedimento lógico e racional a partir do qual não se pode confirmar, mas falsear uma teoria, Khun (2010) defende que o teste experimental não tem papel decisivo nem para negação e nem mesmo para aceitação de uma teoria. Para o autor o que define de fato a supremacia de uma teoria científica em relação à outra é a concordância da maioria dos cientistas. Isso, portanto, corrobora com Oliveira et.al (1999) quando enfatizam que mais importante do que a atividade experimental em si é a metodologia como o professor conduz esse tipo de atividade em sala de aula.

Nesse caso, trabalhos como os de Compiani (1996) e de Monteiro e Teixeira (2004) enfatizam a importância do ensino de ciências em dar destaque à construção de argumentos por parte dos alunos de forma a justificarem os dados experimentais obtidos nas atividades realizadas. Assim, não se trata de realizar uma atividade meramente verificacionista da teoria exposta pelo professor em sala de aula, mas de envolver os estudantes em práticas nas quais a investigação desencadeada pela proposta de um problema se expande em direção ao levantamento e o teste de hipóteses e à busca por explicações que deem suporte aos dados coletados.

Esse tipo de prática pedagógica poderá contribuir, não somente para a compreensão dos conceitos envolvidos no fenômeno físico estudado, como também auxiliará os estudantes na compreensão da natureza da Ciência e no desenvolvimento de uma competência crítica.

Porém, essa criticidade precisa ser ampliada para além dos limites restritos da Ciência. É fundamental que o estudante possa ser capaz de traçar paralelos entre aquilo que se aprende na escola com as vivências que experimenta em sua realidade social.

Dessa forma, como destaca Trivelato (1995)

Nas escolas a Ciência é transmitida como una, sem dissensões, sem divergências, sem competições internas, sem disputa – uma instituição capaz de alcançar “a verdade” singular, segura; fora das escolas as “verdades”, plurais se contrapõem, há controvérsias, há valores que representam parcelas sociais (econômicas, culturais, raciais e políticas) distintas. Durante o ensino, o estudante é solicitado a identificar o que é certo (a distinguir o “correto” do “errado”, o “bem” e o “mal”); em outras situações ele se depara com várias versões que podem ser apresentadas como corretas, de acordo com diferentes pontos de vista ou valores (TRIVELATO, 1995, p. 122).

Por isso, não há como não trazer para dentro da escola as ações que oportunizem aos estudantes maneiras de mergulhar mais profundamente na realidade social em que vivem, utilizando o conhecimento científico como ferramenta para exercitar e desenvolver sua competência crítica, sob pena de, em caso contrário

Formar indivíduos que aceitam regras, que não questionam pressupostos, que aceitam a autoridade de outros "mais competentes" e que encaram como natural a distribuição cultural combinada as diferenças econômico-sociais(...) (TRIVELATO, 1995, p. 122).

Nos tempos atuais vivemos na sociedade que alguns definem como “sociedade de informação” e outros chamam “sociedade do conhecimento” ou “do aprendizado” (STEHR, 1994; LASTRES & ALBAGLI, 1999). Isso significa dizer que o conhecimento, mais do que outro valor, tem papel estratégico na estruturação e desenvolvimento social.

Assim como no passado, é possível perceber processos de transformações que impactam na sociedade e determinam seu funcionamento econômico, político e social, caracterizando, infelizmente, o predomínio de determinadas forças sobre outras, reforçando as diferenças sociais.

Monteiro (2002) afirma que construímos uma sociedade cuja as estruturas mais básicas de seu funcionamento dependem fundamentalmente da Ciência e da Tecnologia. Se nossos avós iam ao médico e saíam de seu consultório com o remédio necessário para seus males, hoje, na maioria das vezes, nenhum diagnóstico é feito antes que seja realizada uma série de exames, cuja base está na Ciência e na Tecnologia. O mesmo ocorre quando

analisamos o processo e os meios de comunicação entre as pessoas, o acesso à informação, as formas de transporte e até mesmo em relação ao lazer.

No dizer do autor, o indivíduo que não tem acesso a esses recursos disponíveis pela sociedade atual dela está excluído. E mesmo aqueles que tendo acesso a todos esses serviços que o dinheiro pode pagar, se não for capaz de compreender as bases do conhecimento que estão por detrás dos processos de produção e de consumo de bens produzidos pela sociedade, estão também excluídos como cidadãos, na medida em que não são capazes de opinar sobre ela, de criticá-la e mesmo de contribuir com a solução de problemas próprios de sua estrutura complexa.

Como tomar decisões socialmente responsáveis em relação à produção, à reciclagem, ao reaproveitamento e à redução do lixo, ao consumo exagerado de energia e água, à poluição do ar e dos rios, ao consumo ou não de alimentos transgênicos, se ignoramos a Ciência e a Tecnologia? Se não somos capazes de relacionar os conteúdos científicos memorizados na escola, traçando paralelos com a vida cotidiana?

Freire e Papert (1996) em um diálogo relativo à escola do futuro afirmam que o desenvolvimento científico e tecnológico experimentado por nossa sociedade tem exigido uma escola diferente:

A minha questão não é acabar com escola, é mudá-la completamente, é radicalmente fazer que nasça dela um novo ser tão atual quanto a tecnologia. Eu continuo lutando no sentido de pôr a escola à altura do seu tempo. E pôr a escola à altura do seu tempo não é soterrá-la, mas refazê-la. (FREIRE & PAPERT, 1996)

Freire (2001) enfatiza a necessidade de se trazer a tecnologia para o contexto da escola para ser utilizada como ferramenta e também o fato de que o professor precisa saber utilizá-la no processo educacional:

A educação não se reduz à técnica, mas não se faz educação sem ela. Utilizar computadores na educação, em lugar de reduzir, pode expandir a capacidade crítica e criativa de nossos meninos e meninas. Dependendo de quem o usa, a favor de quem e de quem e para quê. O homem concreto deve se instrumentar com o recurso da ciência e da tecnologia para melhor lutar pela causa de sua humanização e de sua libertação (FREIRE, 2001, p.98).

Na mesma direção desse raciocínio, Kenski (2003) propõe que os procedimentos de gestão escolar pensem em oferecer espaço e tempo para que professores possam conhecer, refletir e avaliar novos recursos pedagógicos que contemplem o uso das novas tecnologias de informação e comunicação em sala de aula. Nessas oportunidades de reflexão, têm-se, então,

possibilidades de adaptação desses novos recursos para a exploração de todos os meios que tais ferramentas podem oferecer para as abordagens do conteúdo de ensino, objetos de sua disciplina, contextualizados em meios próprios da realidade de nossa sociedade.

Neste trabalho apresentamos e utilizamos uma plataforma robótica de baixo custo, desenvolvida com o intuito de oferecer uma atividade experimental de cinemática, conteúdo normalmente tratado nos currículos de física do Ensino Médio, proporcionando a contextualização da realidade social dos alunos.

Assim sendo, no capítulo inicial deste trabalho, abordamos a questão da experimentação no Ensino de Física: sua realidade, necessidade, importância, bem como aspectos que devem ser levados em conta num planejamento didático para sua aplicação efetiva no contexto de sala de aula. No capítulo 2, tratamos de definir a robótica, sua aplicação na sociedade atual, seu desenvolvimento ao longo da história e suas aplicações educacionais. No terceiro capítulo, descrevemos o protótipo da plataforma desenvolvida, sua caracterização em relação aos conteúdos de Física que poderá abordar, bem como aspectos didático-pedagógicos que podem ser explorados na utilização em sala de aula. No capítulo 4, detalhamos as bases da pesquisa realizada quanto ao impacto educacional da plataforma desenvolvida, para no quinto capítulo discutir os dados obtidos. No sexto e último capítulo, apresentamos nossas considerações finais.

CAPÍTULO 1 - O PAPEL DO LABORATÓRIO NO ENSINO DE FÍSICA

A questão da importância da experimentação para a construção do conhecimento científico é intensamente debatida no âmbito epistemológico.

A concepção empirista do conhecimento, em resumo, destaca que a origem do conhecimento se encontra na experiência, na observação, a partir de dados obtidos mediante o uso dos órgãos dos sentidos, assim, as teorias científicas seriam consequência do tratamento lógico-matemático desses dados obtidos pela observação (ARAÚJO, 2002). É possível observar essa concepção na prática de muitos professores de Física ou em muitos textos didáticos.

Segundo Araújo (2002), o Racionalismo, como o próprio nome indica, destaca que o conhecimento verdadeiro só pode ser proveniente da razão, uma vez que, àquele originário da observação, da experiência, pode nos levar ao erro. Os adeptos dessa forma de compreender a construção do conhecimento destacam que os sentidos podem ser iludidos e, dessa forma, induzir o pensamento ao erro, portanto negam a importância da experimentação. Assim, os conhecimentos provenientes da razão, da lógica, são os únicos que, de fato, podem ser considerados confiáveis. Muitos professores, nessa mesma linha de pensamento, chegam a dar muita ênfase às práticas lógico-matemáticas em suas aulas, entendendo que, dessa maneira, o aluno poderá desenvolver habilidades racionais que o levará, naturalmente, ao conhecimento.

Para Karl Popper não existe o conhecimento científico absoluto, pois não existem meios de se provar sua veracidade. Portanto, destacou que pela lógica e mediante a criticidade é possível observar a evolução da Ciência, tendo em vista os múltiplos embates que ocorrem entre teorias rivais. Nesse caso, para o autor a experimentação, que não pode provar que uma teoria é necessariamente verdadeira, tem como falseá-la, ou seja, tem como evidenciar sua incapacidade de fazer previsões (SILVEIRA, 1996). Assim a experiência seria um critério lógico de refutação de teorias incapazes de prever e explicar com sucesso determinados dados experimentais obtidos. Em sala de aula isso poderia funcionar como uma metodologia de promoção de desequilíbrios de estruturas cognitivas, capazes de explicitar para o estudante que suas concepções espontâneas acerca de determinado fenômeno são falsas (ROSA & ROSA, 2012).

Já Thomas Kuhn explicou que a Ciência é uma construção social produzida por uma comunidade formada por cientistas cujo objetivo é a busca por soluções de problemas, tendo como base uma teoria tomada como paradigma. No seu entender Kuhn definiu paradigma como sendo uma unidade metodológica nascida de realizações científicas que, uma vez reconhecida por todos os membros da comunidade de cientistas, por algum tempo, torna-se modelo para eles que a utilizarão como premissa a partir do qual novas respostas e novas perguntas serão geradas (Kuhn, 1991).

A partir desse pensamento Kuhn (1991) identifica duas fases da Ciência que se alterna em períodos:

- Fase de Ciência Normal: Nesta fase os cientistas tendem a explicar os dados experimentais que encontram a partir do paradigma vigente;
- Fase da Ciência revolucionária: esta fase é precedida de momentos de descontentamento por parte da comunidade científica em relação ao paradigma vigente, tendo em vista uma coleção de evidências que se acumulam e já não encontram a mesma sustentação que encontravam antes (anomalias). Inicia-se então uma disputa entre modelos explicativos pela condição de novo paradigma. O modelo que melhor convencer a comunidade científica a adotá-lo como referencial de seus trabalhos assume a condição de paradigma vigente. Assim sendo, a Ciência não evolui pela acumulação de conhecimentos que encontra em função dos trabalhos investigativos empregados, mas por revoluções de paradigmas. Isso leva a uma questão importante: que aspectos são levados em conta para que a comunidade científica desista do paradigma anterior por outro?

Para Kuhn (*opus cit.*) os fatores fundamentais que determinam o abandono de um paradigma pela adoção de outro não são determinados por provas irrefutáveis, mas por uma questão de persuasão.

Essa conclusão de Kuhn abre a possibilidade de interpretarmos uma prática de ensino de Física como uma ação na qual os alunos devem conhecer a prática social em que os cientistas transformam evidências experimentais em verdades científicas a partir do convencimento de seus pares. Nesse caso, a atividade experimental já não possui mais o *status* de prova, de teste da verdade, mas o de um elemento a ser considerado na cultura científica para que argumentos sejam construídos.

Zylbersztajn *apud* Ostermann (1996) propõe uma perspectiva kuhniana para o ensino de disciplinas científicas, sua estratégia é tratar os alunos como cientistas, os passos instrucionais são:

1. Os alunos devem conscientizar-se de suas concepções alternativas, ou seja, novas ideias adquiridas no processo de ensino passam a conviver com as ideias anteriores.
2. Introdução de anomalias: tem por objetivo criar um desconforto e insatisfação com as concepções existentes. É o equivalente ao modelo de ciência extraordinária kuhniano.
3. Apresentação da nova teoria: os alunos recebem um novo conjunto de ideias que irão tentar solucionar as anomalias e o professor faz o papel de um cientista tentando convertê-los ao novo paradigma.
4. Articulação conceitual: é o equivalente ao modelo de ciência normal. Os esforços são dirigidos para a interpretação das situações e resolução de problemas.

Nesta perspectiva Ebling (2012) acredita ser de extrema relevância investir na problematização do conhecimento como estratégia de abordagem educativa, pois estimula-se a atividade de reflexão e multiplicam-se as informações por meio do diálogo.

Para Imre Lakatos, a história da Ciência deve ser interpretada como a história do desenvolvimento de Programas de Pesquisa e não apenas de teorias isoladas. Assim, um Programa de Pesquisa seria composto por um conjunto de pressupostos básicos a partir do qual todos os cientistas utilizam como referencial, denominado de núcleo duro, a partir do qual se acumulam um conjunto de hipóteses ou teorias auxiliares (cinturão protetor) que o sustentam (Lakatos, 1979).

Desse modo, as anomalias observadas por Kuhn, ou seja, dados experimentais obtidos que não eram previstos pelo referencial teórico não refutam o núcleo duro do Programa de Pesquisa, pois incidem no seu cinturão protetor. Se esse fato leva, necessariamente, a um aperfeiçoamento do Programa de Pesquisa, sofisticando-o e ampliando as possibilidades explicativas dos cientistas, então Lakatos evidencia a existência de um Programa de Pesquisa progressivo. Esse aperfeiçoamento foi denominado por Lakatos de heurística positiva. Portanto, caso as anomalias encontradas não possibilitem aperfeiçoamento no cinturão protetor, ou seja, as transformações que precisam ser implementadas não levem a uma

sofisticação do Programa de Pesquisa, tem-se o que Lakatos chamou de heurística negativa e, portanto, o programa de pesquisa passa a ser regressivo. É nesse contexto, que o epistemólogo evidencia a existência de embates de Programas de Pesquisas que, lentamente, levam cientistas a debates que os farão optar por este ou aquele modelo (Lakatos, 1979).

Como destaca Monteiro (2002), este modelo epistemológico, analisado sob a perspectiva do ensino, gerou um modelo pedagógico conhecido como Mudança Conceitual com a publicação do artigo “Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change”, em 1982, POSNER, STRIKE, HEWSON & GERTZOG. Segundo esse modelo, o professor deveria envolver os estudantes em atividades didáticas, nas quais eles fossem motivados a mudarem suas concepções espontâneas por conceitos cientificamente corretos. A ideia era de que os alunos percebessem que suas concepções espontâneas não eram capazes de explicar certos dados, em situações experimentais propostas em sala aula, e que, portanto seus “Programas de Pesquisa” estavam regredindo ao invés de se aperfeiçoarem. A partir de então, o professor deveria apresentar a teoria científica para estudante, mostrando que a mesma se constituía em Programa de Pesquisa progressivo. Portanto, quatro passos eram indicados ao professor para que a mudança conceitual se processasse:

- Primeiro deveria levar o aluno a ficar insatisfeito com suas concepções espontâneas, isso aconteceria a partir de vivências de situações nas quais suas ideias não fossem capazes de prever os resultados experimentais obtidos;
- O segundo passo era o de apresentar a teoria científica para os alunos de tal forma que ela fosse inteligível, ou seja, fosse compreendida pelo estudante de modo que ele fosse capaz de construir representações coerentes com a teoria ensinada;
- O terceiro passo seria mostrar ao aluno a plausibilidade da teoria científica ensinada, ou seja, a aluno deveria ser capaz de resolver, de forma consistente e coerente, os problemas que suas concepções espontâneas resolviam e também aqueles que não eram capazes de explicar;
- O quarto passo era chamar a atenção dos alunos para a capacidade da teoria ensinada em ser frutífera, ou seja, de oferecer condições para sustentar outras situações investigativas.

Assim, como se pode ver, a experimentação, sendo considerada fonte original do conhecimento verdadeiro, ou uma atividade a partir da qual se levantam evidências para a construção de argumentos que dão sustentação às explicações que, uma vez consideradas e admitidas por uma comunidade, vão se constituir no conhecimento cientificamente correto, é aceita como importante no ensino.

Essa importância tem se refletido no ensino de física há muito tempo, Blosser (1980) afirma que em 1886 a Universidade de Harvard publicou uma lista de experimentos que deveriam constar obrigatoriamente no currículo de Física de alunos do Ensino Médio que desejassem estudar naquela Instituição de Ensino Superior.

Araújo e Abib (2003) afirmam que apesar de existir um consenso entre pesquisadores e professores em torno da importância do laboratório no Ensino de Física, há diferenças no tipo de experimentação que são propostas. Dessa forma os autores identificam uma categorização relativa aos objetivos preconizados para as atividades experimentais:

- 1) A primeira refere-se à ênfase matemática: nesse caso verifica-se o nível de matematização exigido no trabalho experimental. Há, portanto, a necessidade de classificar esses trabalhos em qualitativos (com menor ou nenhuma ênfase matemática, analisando mais as relações de causa e efeito dos fenômenos) e em quantitativos (com maior ênfase matemática, nesse caso, propõe-se a comparação entre os dados quantitativos obtidos com aqueles previstos na teoria);
- 2) A segunda está relacionada ao grau de direcionamento: Busca-se identificar o tipo de direcionamento que a atividade experimental tem em relação à demonstração de uma teoria ou verificação de sua validade, ou de propor situações investigativas;
- 3) A terceira diz respeito ao uso de novas tecnologias: Observa-se se na atividade experimental proposta há ou não o emprego das novas tecnologias de informação e comunicação;
- 4) A quarta faz referência às relações com o cotidiano: objetiva-se identificar se o experimento utilizado propõe situações que propiciem o estabelecimento de relações diretas entre o fenômeno observado com as vivências cotidianas experimentadas pelos alunos;

- 5) A quinta prevê a montagem de equipamentos: se envolve situações nas quais os alunos são levados a montar equipamentos para a realização de experimentos.

Araújo e Abib (*opus cit*) ao comentarem e analisarem essas atividades chamam a atenção para o fato de que as atividades experimentais de caráter qualitativo têm por meta envolver o estudante em torno de uma problematização, desencadeando nos alunos a motivação necessária para exporem suas concepções espontâneas, levantarem e testarem hipóteses, estabelecerem relações entre causa e efeito, visando justificar os dados obtidos. Em relação às atividades quantitativas, os autores evidenciam que preocupa-se mais em envolver os alunos com uma maior matematização do fenômeno estudado. Nesse caso, valoriza-se a teoria de erros, os algarismos significativos, construção de tabelas e gráficos, obtenção de equações, além da ideia de fazer o aluno analisar as diferenças entre os dados obtidos na experimentação com aqueles previstos na teoria exposta. Neste tipo de atividade experimental, há o interesse em propiciar ao aluno situações nas quais a apreensão de fenômenos seja estabelecida a partir de um nível mais concreto (na qual se mede grandezas) até atingir um grau maior de abstração, quando se equaciona o fenômeno observado. Nesse caso, os autores destacam a importância do cuidado que se deve ter na utilização de roteiros extremamente fechados que limitam o protagonismo dos alunos a meramente seguir uma receita pronta previamente definida pelo professor.

Com relação às atividades de demonstração, os autores destacam que são atividades que empregam equipamentos cuja intenção é reproduzir um fenômeno ilustrando aspectos próprios do fenômeno estudado. Essas atividades podem ser abertas ou fechadas. As atividades de demonstrações fechadas são centradas no professor. Nesse caso, ele demonstra, explica, chama a atenção para o fenômeno e ao aluno cabe o papel de apenas observar. Nas atividades de demonstração abertas, ao contrário, há uma preocupação em ouvir o estudante, discutir com ele suas ideias relativas ao que foi observado, identificando concepções espontâneas e diferentes linhas de raciocínio utilizadas para interpretar o fenômeno observado. É claro que os autores recomendam a realização de atividades de demonstração abertas, pois não se limitam apenas a ilustrar a teoria, vão além ao envolver os estudantes num processo de interação social rico e proveitoso.

Tanto as atividades de demonstração abertas quanto as fechadas têm por meta motivar o aluno para a aprendizagem e tornar menos abstratos os conceitos científicos estudados. Além disso, pode proporcionar maior facilidade para a abordagem de fatos da história da

Ciência que contribuem para uma melhor compreensão dos alunos sobre a natureza da Ciência e do fazer científico.

Em relação às atividades experimentais de verificação, Araújo e Abib (2003) destacam que tem a importância de motivar os estudantes e permitir que eles desenvolvam a capacidade de realizar generalizações, pois facilitam a interpretação, por parte dos alunos, dos parâmetros que determinam o comportamento dos sistemas físicos estudados. Na opinião dos autores, apesar de limitadas do ponto de vista de contribuir com o desenvolvimento da criatividade e do posicionamento crítico do estudante, estas atividades têm o mérito de

contribuir para um aprendizado significativo, propiciando o desenvolvimento de importantes habilidades nos estudantes, como a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações e de realização de atividades em equipe, bem como o aprendizado de alguns aspectos envolvidos com o tratamento estatístico de dados e a possibilidade de questionamento dos limites de validade dos modelos físicos (ARAÚJO & ABIB, 2003, p.184).

Com relação às atividades investigativas Araújo e Abib (2003) explicam que são atividades bem diferentes dos demais tipos de experimentação, pois não apresentam o uso de roteiros fechados e deixam os alunos mais livres em suas ações. Nesse caso, o papel do professor é o de estimular o aluno para que construa explicações causais do fenômeno. Essa metodologia de organização do laboratório envolve maior tempo e exige mais preparo do professor. Os trabalhos investigativos, não raro, exigem também o uso de equipamentos tecnológicos mais elaborados como interfaces computacionais para tomada de dados ou construção de tabelas e gráficos, bem como sensores, etc. Além de envolverem tratamentos estatísticos de medidas.

Para os autores as atividades investigativas são importantes porque cobrem uma vastidão de objetivo por apresentarem maior flexibilidade metodológica.

No caso destas atividades o próprio caráter de investigação das mesmas pode ser considerado como um elemento facilitador para uma abordagem que seja centrada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, intrínsecos de uma metodologia que busca uma transformação mais profunda nos estudantes, seja ela vinculada aos aspectos conceituais, relacionados aos conteúdos de Física, ou mesmo comportamentais, como a capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e de senso crítico (ARAÚJO & ABIB, 2003, p.186).

As atividades experimentais relacionadas com o uso de novas tecnologias são citadas pelos autores como um tipo cada vez mais frequentemente recomendadas pelas pesquisas. Dentre elas destacam-se as simulações e animações computacionais de fenômenos físicos. Essas atividades facilitam o estudo de situações difíceis ou inviáveis na prática.

Sobre as atividades experimentais relativas ao cotidiano, os autores destacam o fato de serem as que mais propiciam ao professor conhecer as concepções espontâneas dos alunos, haja vista o fato delas nascerem exatamente na experiência do indivíduo com o meio onde vive.

Enfim, sobre os experimentos que envolvem a construção de equipamentos, os autores destacam que essa modalidade de atividade experimental pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades procedimentais dos estudantes.

Em resumo da caracterização dos tipos de atividade experimental proposta por Araújo & Abib (2003), montamos a tabela a seguir:

Quadro 1 – Categorização dos tipos de atividades experimentais em função dos objetivos a que se propõem

Categorização de atividades experimentais identificadas pelas pesquisas	Caracterização			
Ênfase Matemática: destaca a ênfase da atividade numa abordagem qualitativa ou quantitativa do fenômeno	Qualitativo: Enfatiza os aspectos qualitativos do fenômeno como o levantamento de concepções espontâneas e a discussão de explicações dos dados obtidos		Quantitativo Enfatiza os aspectos quantitativos do fenômeno envolvendo medidas, equações, tratamentos de dados estatísticos.	
Grau de direcionamento: caracteriza o objetivo que se direciona a atividade	Demonstração		Verificação	Investigação
	Abertas Visa motivar os alunos a discutirem o assunto proposto	Fechadas Centrada na explicação do professor que a utiliza para ilustrar a explicação dada.	Tem o intuito de comparar dados obtidos com a teoria.	Visa envolver os alunos em torno de um problema em busca de soluções a partir da relação de causa e efeito.
Uso de tecnologias:	Trata de verificar se há a utilização das novas tecnologias da informação e comunicação			
Cotidiano:	Evidencia se há a preocupação de estabelecer fato do cotidiano com a atividade realizada			
Montagem de equipamentos	Diz respeito às atividade que envolvem os alunos no desenvolvimento de equipamentos para a realização de atividades			

Nesse nosso trabalho buscamos contribuir com o ensino de Física no Ensino Médio, propondo atividades experimentais que possam oferecer mais ferramentas ao professor em sua tarefa em sala de aula.

Desta forma, pensando em utilizar atividades experimentais que possibilitem uma reflexão sobre o cotidiano do aluno na sociedade atual, propomos a avaliação de uma plataforma de robótica a partir da qual se possam realizar experimentos de Física envolvendo conceitos de cinemática.

Escolhemos o tema de cinemática por se tratar de um assunto introdutório nos cursos de Física do Ensino Médio.

Assim sendo, buscaremos idealizar atividades que possam atender a todas as especificidades identificadas por Araújo & Abib (2003) e às orientações metodológicas que estão em consonância com visões mais modernas na natureza da Ciência e do fazer científico.

No capítulo a seguir, abordaremos aspectos relacionados à robótica e em especial à robótica educacional e suas possibilidades de exploração no contexto de aulas experimentais de Física.

CAPÍTULO 2 – A ROBÓTICA E SUA APLICAÇÃO EDUCACIONAL

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

Segundo o autor, o grande desafio da robótica é buscar meios de integrar as informações vindas do mundo real, a partir dos sensores, de tal forma que elas possam gerar comandos em outros atuadores, definindo as ações de um robô.

Ullrich (1987) define um robô como sendo um equipamento com multifunções que pode ser reprogramável para produzir movimentos e realizar um número ilimitado de tarefas.

2.1 – Um breve histórico da robótica

Historicamente, Pires (2002) explica que a palavra robô deriva do tcheco *robot* cujo significado é trabalho e foi utilizado pela primeira vez em 1921 pelo escritor checo Karel Capek em seu romance intitulado “Rossum's Universal Robots”, que narrava a história de cientista que produzia máquinas de aparência humana (humanoides) com o objetivo de que eles realizassem incansáveis tarefas.

O autor destaca que, ao longo da história, muitos pensadores imaginaram projetar máquinas automatizadas, capazes de realizar tarefas com o mínimo de intervenção humana, dentre eles destacam-se Ctesibius, um engenheiro grego (270 aC), que construiu entre outras máquinas a clepsidra ou relógio de água (Figura 1), Heron, engenheiro grego (85 aC), que inventou o motor a vapor, Leonardo Da Vinci (Figura 2), Nicola Tesla (Figura 3), entre outros.

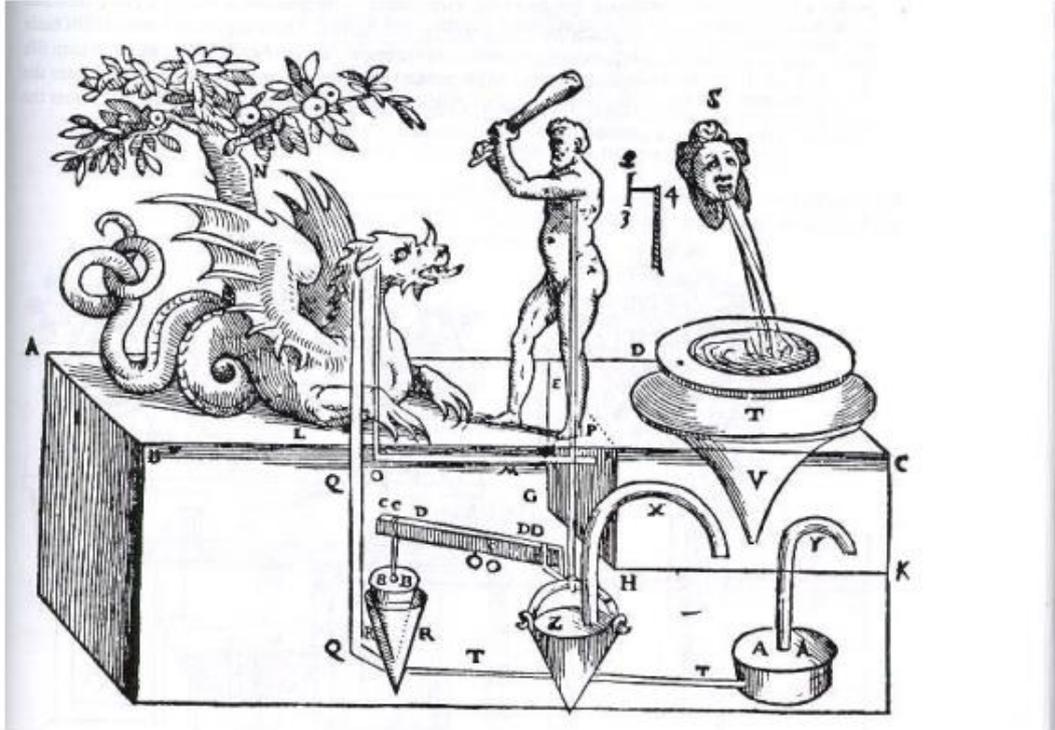


Figura 2.1 – A clepsidra – Relógio de água. (Fonte: Pires 2002)

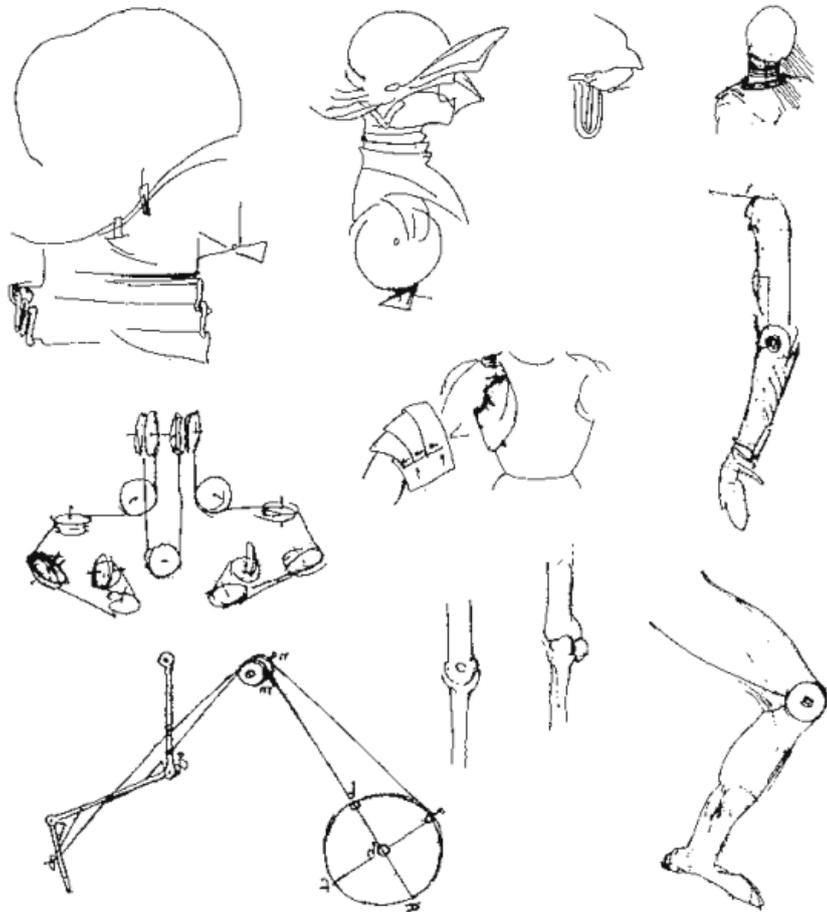


Figura 2.2 – Estudos de Leonardo da Vinci sobre robôs. (Fonte: Pires 2002)

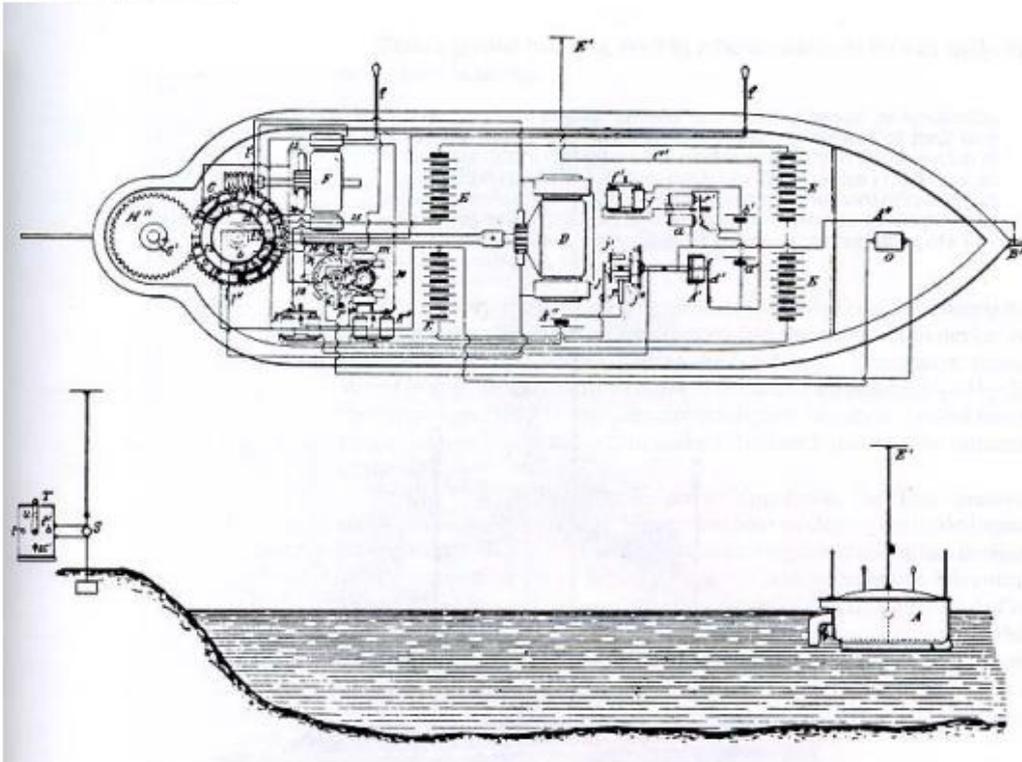


Figura 2.3 – Nicola Tesla e seu esboço de um submarino teleguiado a distância. (Fonte: Pires 2002)

Ribeiro (2006) destaca que no início de seu desenvolvimento a robótica atual está intimamente ligada ao processo de automação das indústrias e, portanto, sua gênese se estabeleceu logo no início do século XVIII com a indústria têxtil e os primeiros teares mecânicos. Com a revolução industrial, procurou-se maximizar a produtividade através da automação de muitas tarefas.

No entanto, a evolução das ideias de robótica só tem grande impulso a partir da invenção do computador em 1940. Em meados do século XIX, o processo de desenvolvimento das máquinas ferramentas com elevada precisão permitiu o estudo de diferentes fontes de energia para produzir seu funcionamento (hidráulicas, pneumáticas) e produção de variados sistemas mecânicos como elementos de transmissão mecânica, motores, suspensões e sensores. Isso possibilitou que, após a segunda guerra mundial os primeiros

trabalhos de robótica de manipulação pudessem ser desenvolvidos, como as máquinas Master-Slave (desenvolvida entre os anos de 1940 e 1950) cujo objetivo era manipular materiais perigosos como era o caso dos radioativos (PIRES, 2002).

Entre os anos de 1950 e 1962, temos o desenvolvimento do primeiro robô industrial por Joseph Engelbert que foi chamado de Unimate (Figura 4). Este robô, comprado pela General Motors, desenvolvia diferentes funções a partir da adaptação de diversas ferramentas.

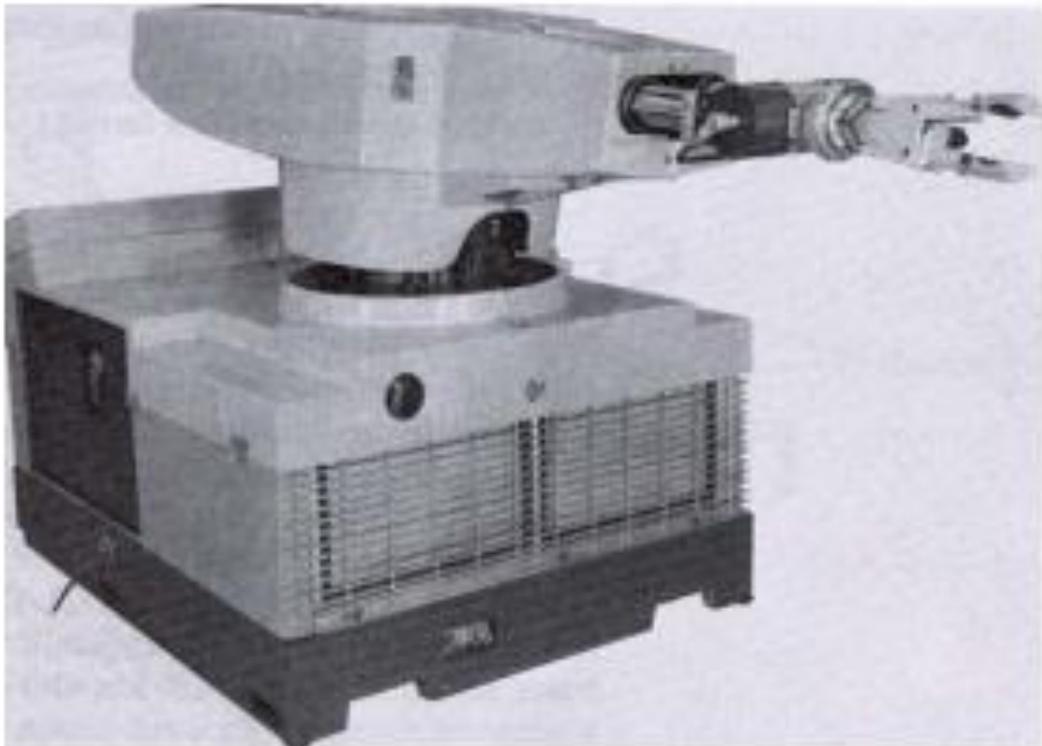


Figura 2.4 – Foto do robô Unimate. (Fonte: Pires 2002)

A partir da década de 1970, os avanços da década de 60 deram condições para o desenvolvimento dos robôs controlados por computador mediante o uso de sensores, como é o caso do T³ (Tool of the future) (Figura 5) e o braço de Stanford que mais tarde deu origem ao Puma da Unimation Inc em 1978 (Figura 6).

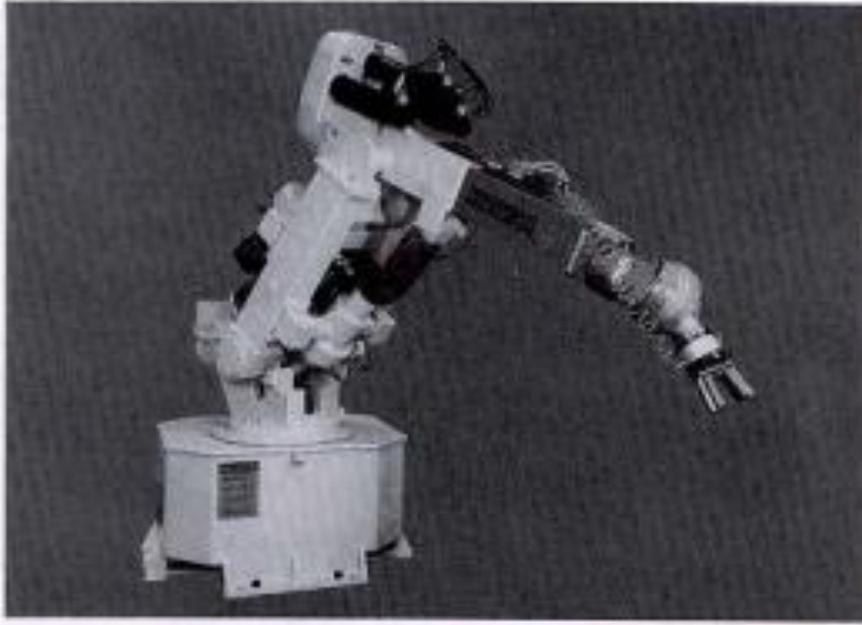


Figura 2.5 – Foto do robô T³. (Fonte: Pires 2002)

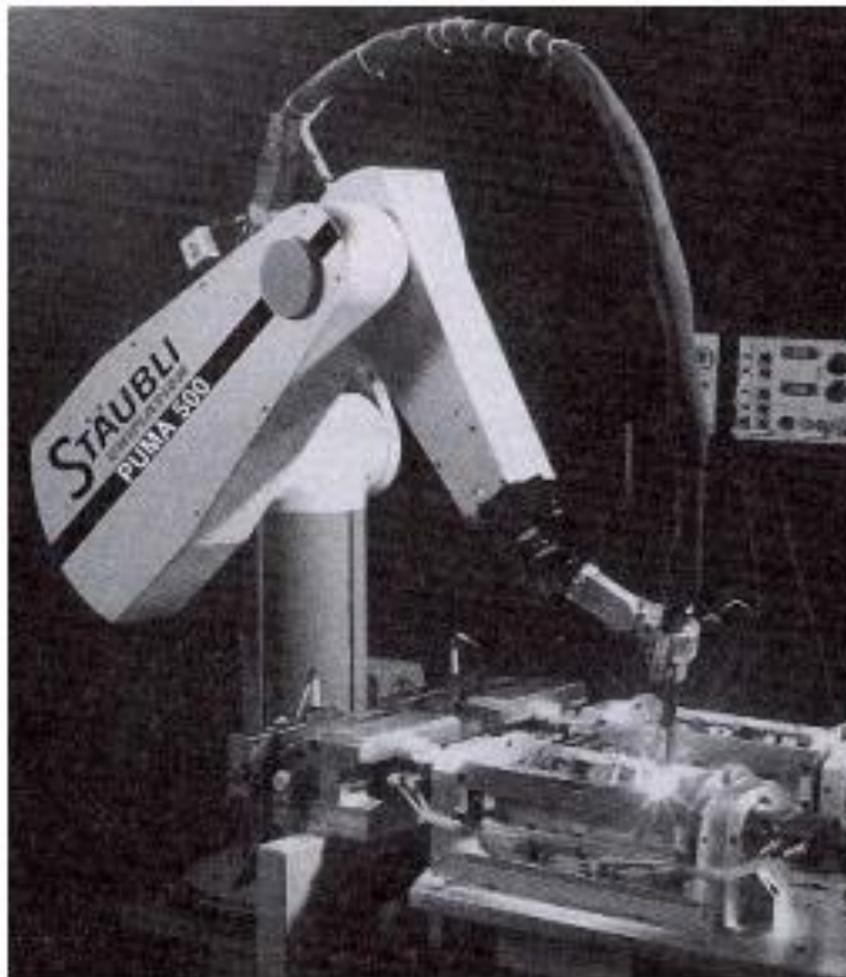


Figura 2.6 – Foto do robô Puma. (Fonte: Pires 2002)

Nos últimos anos, temos presenciado a evolução dos robôs móveis autômatos (RMAs). Os RMAs, além da capacidade de locomoção, apresentam condições de operação sendo semi ou totalmente autônomos (JUNG, 2005). Para tanto, dispõem de sensores que lhes permitem “ler” o ambiente, tornando-os capazes de se locomover, seguindo uma determinada trajetória, desviando de qualquer obstáculo existente no caminho. Possuem também atuadores (elementos que permitem a atuação do robô) para que possam realizar determinadas tarefas. Exemplos famosos de robôs móveis autômatos são os utilizados na exploração espacial, tais como o *Mars Pathfinder's Sojourner* (Figura 7), o *Spirit* (Figura 8) e o *Opportunity Rovers* (Figura 9) (BAJRACHARYA, 2008).

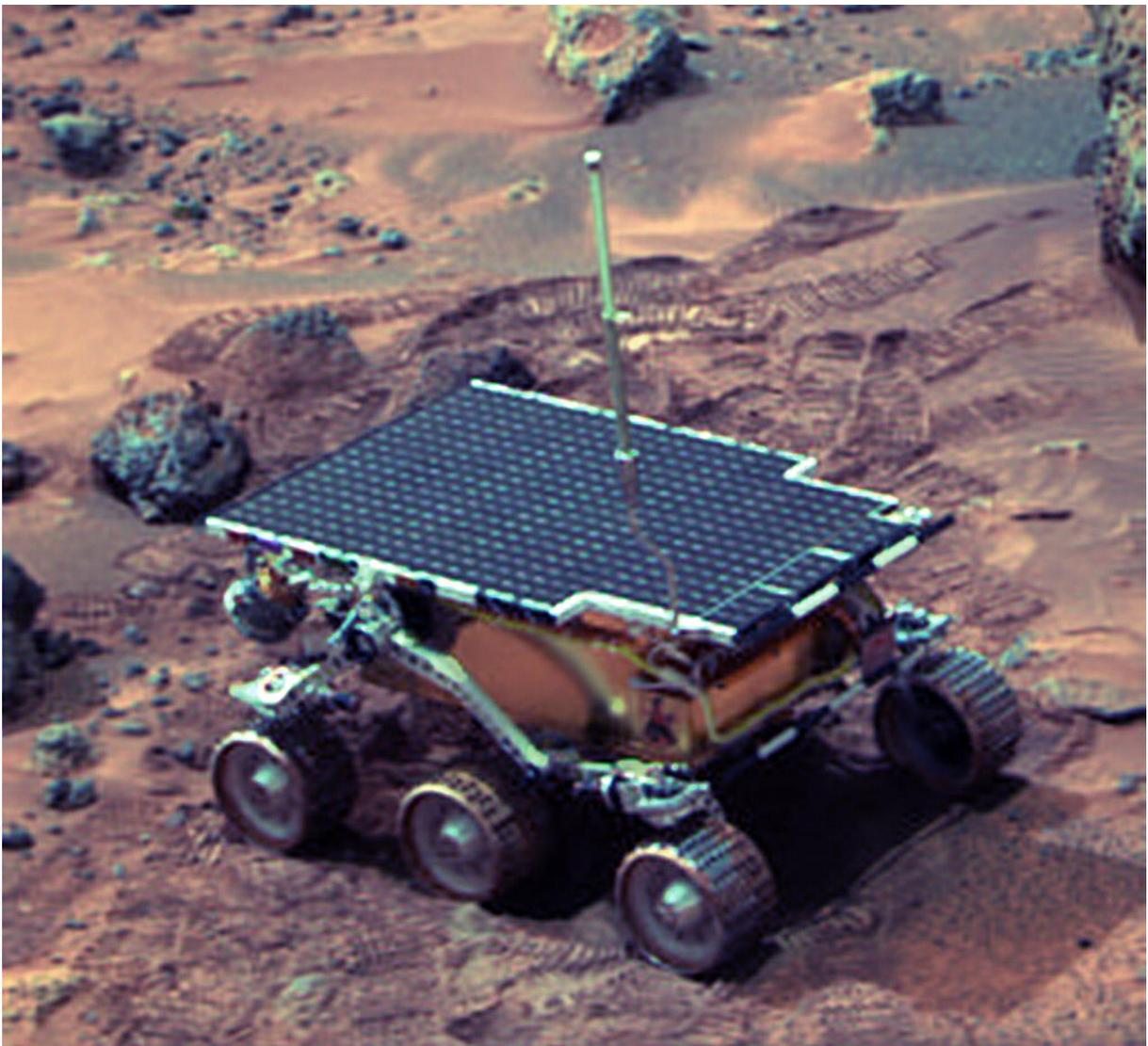


Figura 2.7 – O *Mars Pathfinder's Sojourner*.



Figura 2.8 – O *Spirit*.

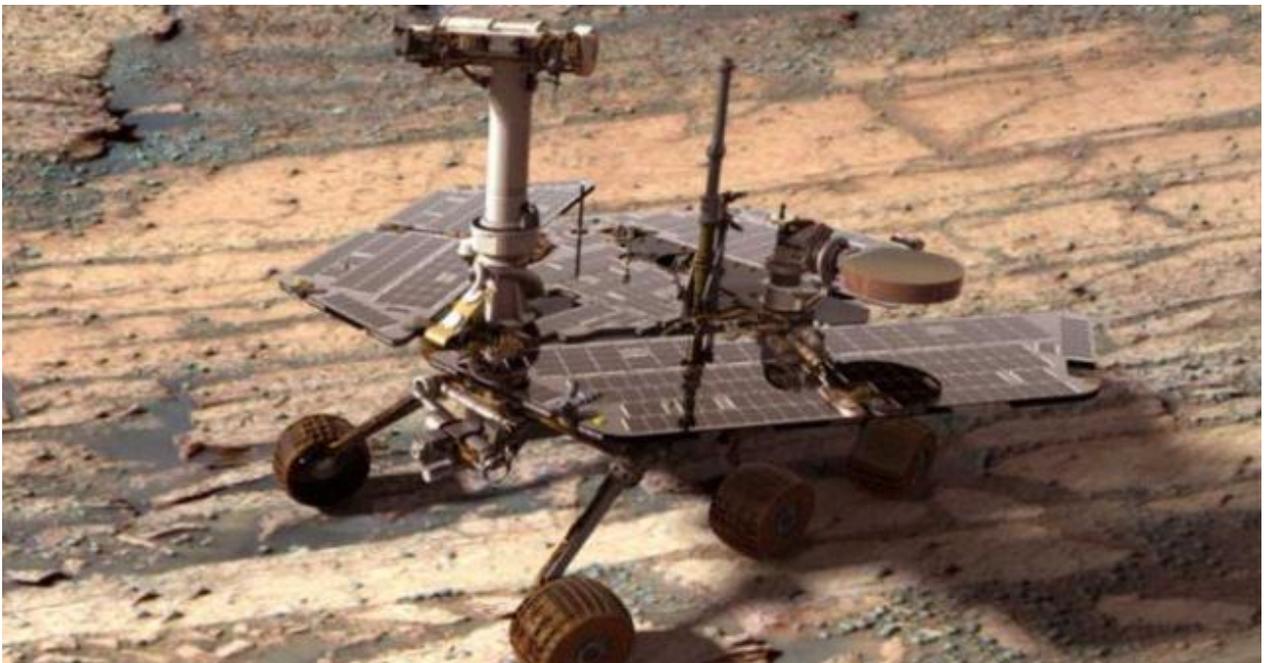


Figura 2.9 – O *Opportunity Rovers*.

Nas tabelas I e II a seguir apresentamos os diferentes tipos de sensores e de atuadores utilizados em robôs móveis autômatos.

Tabela I – Tipos de sensores utilizados em robôs móveis. (Fonte: WOLF et.al., 2005)

Sensor	Principal Função	Exemplos
De Posição e Orientação	Determinar a posição absoluta ou direção de orientação do robô	GPS (Sistema de Posicionamento Global)
		Bússola [Compass]
		Inclinômetro
		Triangulação usando marcas (Beacons)
De Obstáculos	Determinar a distância até um objeto ou obstáculo	Sensor Infra-Vermelho (IR - Infrared)
		Ultrassom (Sonar)
		Radar
		Sensor Laser (Laser rangefinder)
De Contato	Determinar o contato com um objeto ou posição de contato com marcação	Sensores de Contato (Bumpers, Switches)
		Antenas e "bigodes" (Animal whiskers)
		Marcações (barreiras óticas e magnéticas)
De Deslocamento e Velocidade	Medir o deslocamento do robô e Medidas relativas da posição e orientação do robô	Inercial (Giroscópio, Acelerômetros)
		Odômetro (Encoders: Optical, Brush)
		Potenciômetros (Angular)
		Sensores baseados em Visão
Para Comunicação	Envio e recepção de dados e sinais externos (troca de informação)	Sistemas de Visão e Sensores Óticos
		Sistemas de Comunicação (RF)
Outros tipos	Sensores magnéticos, indutivos, capacitivos, reflexivos Sensores de temperatura, carga (bateria), pressão e força, etc. Detectores: detector de movimento, de marcações, de gás/odores	

Tabela II – Principais tipos de atuadores em robôs móveis. (Fonte: WOLF et.al., 2005)

Atuador	Principal Tipo/Função	Exemplos
Base Fixa	Braço robótico com base fixa	Robôs industriais PUMA
Base Móvel: Rodas	2 Rodas independentes (diferencial)	Robôs Khepera e Pioneer P3-DX
	3 Rodas (triciclo, omni-directionais)	Robô BrainStem PPRK
	4 Rodas (veículos robóticos - ackermann)	Stanley - Stanford (Darpa Challenge)
Base Móvel: Esteira	Esteira (Slip/Skid locomotion - tracks)	Tanques e veículos militares
Base Móvel: Juntas e Articulações	Bípedes	Robôs Humanóides
	4 Patas (quadpods)	Robôs Sony Aibo, BigDog
	6 Patas (hexapods)	Robôs Inseto (Lynxmotion Hexapods)
Base Móvel: Propulsão Hélices ou Turbinas	Veículos aéreos com hélices	Aviões, Helicópteros e Dirigíveis
	Veículos aquáticos com hélices	Barcos autônomos
	Veículos sub-aquáticos	Submarinos autônomos
Outros tipos	Braços manipuladores com base móvel	Garras (Grippers) embarcadas
	Garras com ou sem feed-back sensorial	Mão robótica
	Mecanismos de disparo	Disparo do chute (futebol de robôs)

De forma geral, como destaca Wolf (2005), nos últimos anos tem sido cada vez maior o desenvolvimento de pesquisas e aplicações de robótica móvel autônoma e inteligente, tanto no Brasil quanto no exterior, por isso, cada vez mais essa tecnologia, que já faz parte da realidade de muitos brasileiros, se ampliará e precisará ser alvo de reflexão no espaço escolar.

2.2 – Aplicações educacionais da robótica

Do ponto de vista oficial, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) destacam a importância de, no Ensino Médio, cada área do conhecimento fazer uso das tecnologias disponíveis, isso porque mais do que uma aprendizagem mecânica e cumulativa, visa-se uma ação pedagógica capaz de formar um sujeito em condições de utilizar o conhecimento para intervir na sociedade em que vive.

Nesse caso, o ensino praticado nas escolas precisa, de alguma forma, trazer para dentro da sala de aula aspectos do cotidiano a fim de problematizá-lo e estudá-lo de maneira crítica. Isso significa que todo conteúdo escolar deva ser contextualizado de forma a se poder estabelecer relações entre aquilo que se aprende e aquilo que se vive, estimulando o protagonismo do estudante para que ele desenvolva uma autonomia intelectual (MENEZES E SANTOS, 2007).

As tecnologias novas não poderiam ser indiferentes a nenhum professor, por modificarem as maneiras de viver, de se divertir, de se informar, de trabalhar e de pensar. Tal evolução afeta, portanto, as situações que os alunos enfrentam e enfrentarão, nas quais eles pretensamente mobilizam e mobilizarão o que aprendem na escola. (Perrenoud, 2000, p.138)

Para Demo (2011), a melhor forma de estudar a realidade é por meio da pesquisa. Portanto, no caso do ensino de Física, estudar a realidade deve envolver pesquisas sobre as tecnologias que nos rodeiam em nosso cotidiano. Porém, a inexistência de simples instrumentos mecânicos, elétricos e eletrônicos disponíveis na escola e a falta de preparo do professor para a utilização desses recursos dificulta a ação investigadora.

Há algum tempo, propostas relacionadas à incorporação da robótica no currículo escolar têm sido testadas. Em 1986, a empresa LEGO criou os robôs “Lego TC Logo”, que poderiam ser montados a partir de pequenas peças e programados usando uma linguagem criada por Seymour Papert no *MIT Media Lab* em 1980. Nessa época, foram vendidas mais de quinze mil unidades do produto para escolas de nível fundamental e médio nos Estados Unidos. (Martin *et al*, 2000)

Em 1989, Papert se junta a LEGO e em 1998 a empresa lança a série Lego Mindstorms (RIBEIRO, 2006). Este produto se constituía em um kit com 717 peças, incluindo peças de LEGO, além de motores, engrenagens, sensores diferentes e um bloco controlador RCX que contém três portas de entrada e três portas de saída ligados a um computador (McWHORTER, 2005).

A primeira geração do *kit Lego Mindstorms* foi substituído pelo *kit Lego Mindstorms NXT* (Figura 10) em 2006. Esse novo sistema conta com o bloco NXT - um controlador multiuso que interage facilmente com a interface gráfica de computador. O processador principal do NXT é um ARM® Atmel® 32-bit operando a 48 MHz, com 256 kB de memória flash e 64 kB de RAM; uma 8 bits e o co-processador de 8 MHz. Como interface apresenta quatro botões e um display LCD (100 x 64 pixels), podendo se comunicar com um computador desktop ou laptop. Além do bloco NXT, o kit Lego Mindstorms NXT consiste de 577 partes, incluindo: 3 servo-motores, quatro sensores (ultra-som, som, tato e de linha) e inclui NXT-G, um ambiente de programação gráfica que permite a criação e download de programas para o NXT (Figura 12) (ÜÇGÜL, 2013).



Figura 2.10 – Kit Lego Mindstorms NXT.

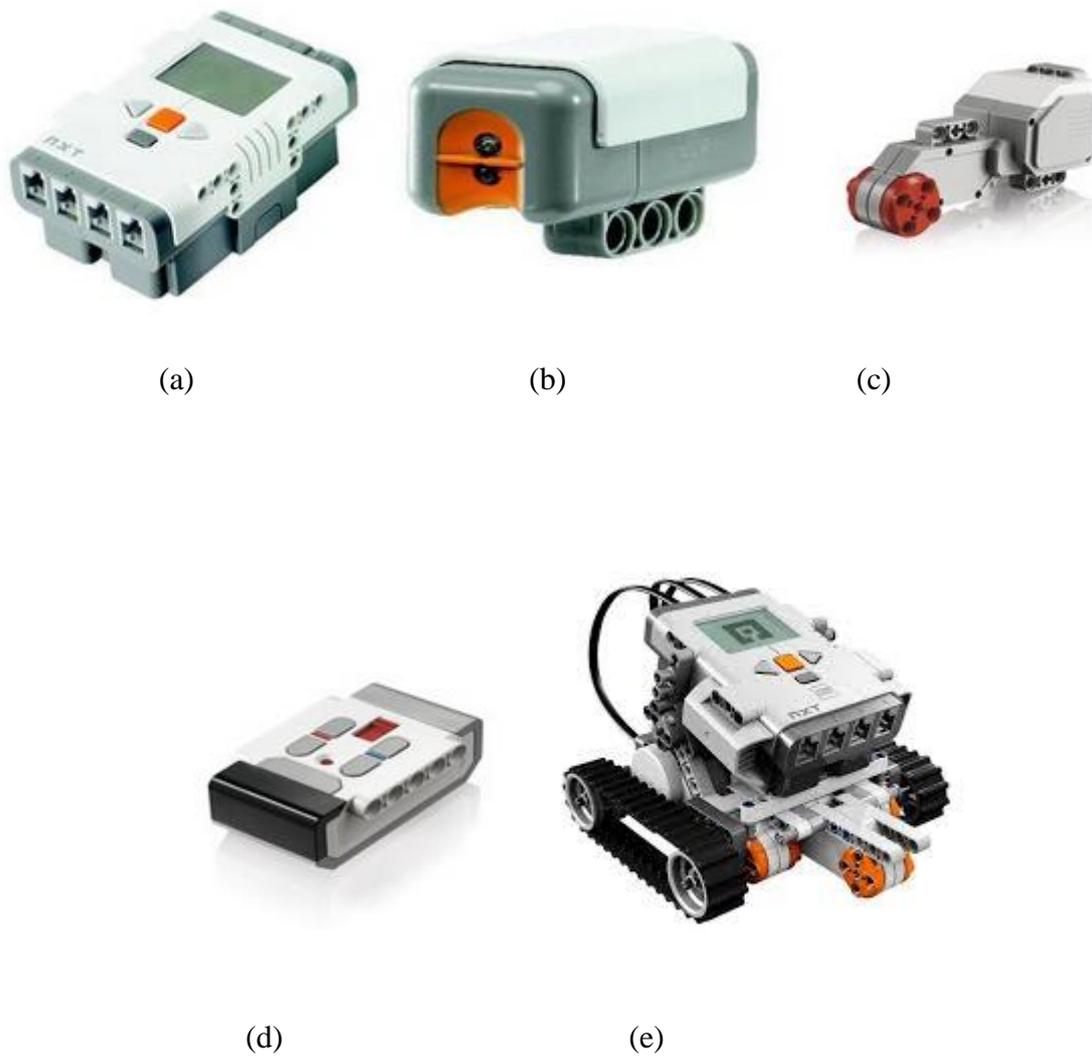


Figura 2.11 – Alguns componentes e robô montado do kit LEGO Mindstorm: a) bloco controlador; b) sensor de luz; c) servo motor; d) sensor infravermelho; e) robô montado.

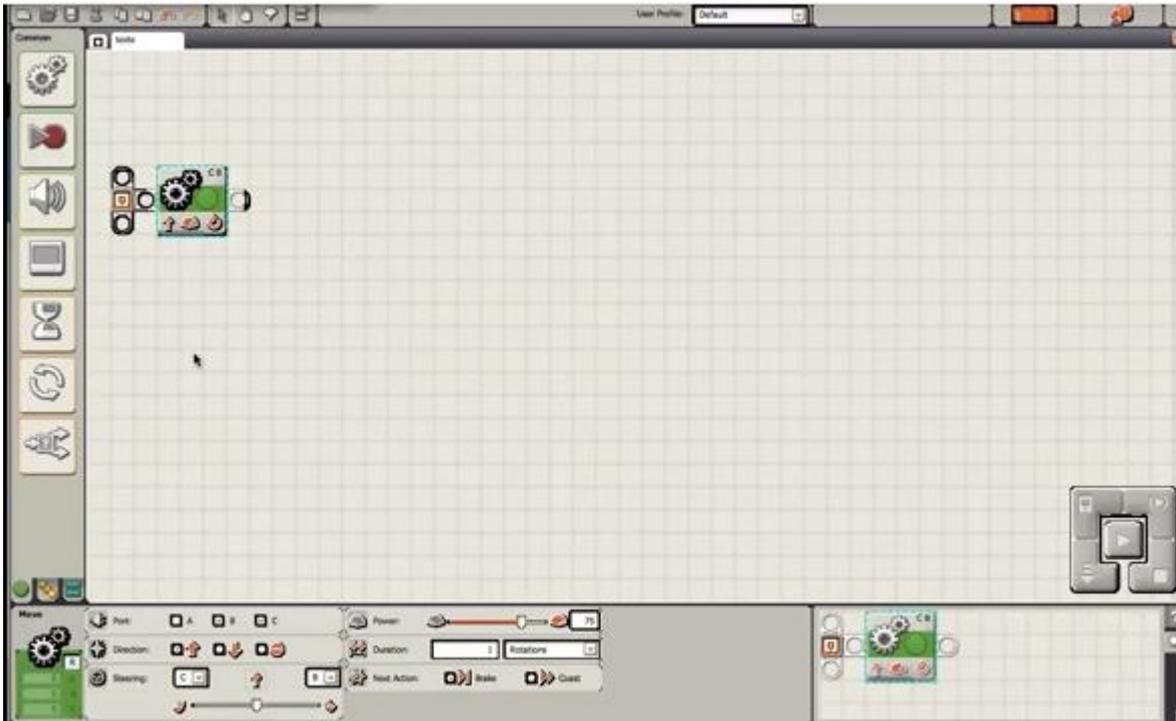


Figura 2.12 – Tela de programação no LEGO Mindstorm NXT-G.

A partir de então, a robótica tornou-se uma aplicação tecnológica de apoio à educação em especial para o ensino de Ciências nos Estados Unidos. Autores como Cannon *et al* (2006), Keathly & Akl (2007) e Nordstrom *et.al.* (2009) afirmam que muitas escolas e universidades americanas realizam frequentemente cursos de verão relacionados ao uso de tecnologia e robótica voltados para crianças com abordagem de conceitos científicos.

Para Maxwell (2006), Papert e Piaget eram adeptos da ideia de que as crianças constroem seus próprios conhecimentos a partir de sua interação com o objeto de aprendizagem. Contudo, Papert propunha um ambiente bem mais rico de estímulos e possibilidades de experiência. Ele acreditava que o processo de aprendizagem é cada vez mais eficaz quanto mais o contexto de ensino oferecer possibilidades de atividades concretas em que o estudante não apenas experimente, teste, mas construa um produto significativo após suas interações com objetos. Assim, o produto pode ser uma peça de arte, uma história, ou um equipamento tecnológico.

Papert estava interessado em como os alunos precisam se envolver em uma conversa com artefatos [suas próprias ou de outras pessoas], e como essas conversas aumentam sua autoaprendizagem, e, assim, facilitar a construção de novos conhecimentos (ACKERMANN, 2001, p. 1).

Nesse ponto, destaca-se a crença que Papert depositava no papel importante que diferentes ferramentas baseadas nas Novas Tecnologias desempenham no desenvolvimento humano (Ackermann, 2001).

Üçgül (2013) cita diferentes estudos que foram realizados utilizando a robótica no processo de ensino e de aprendizagem. O autor, por exemplo, relata a pesquisa realizada por Williams *et.al.* (2008) no contexto de um acampamento de verão organizado para alunos do Ensino Médio nos Estados Unidos. O estudo envolveu conceitos de Física a partir do desenvolvimento de projetos de robótica. Os autores concluíram após a análise comparativa de um pré e pós-testes, que houve um incremento significativo no conhecimento científico dos estudantes que participaram do evento.

Nessa mesma direção, Robinson (2005), após entrevistar professores de Ciências que utilizavam o Robolab (ambiente de programação do Mindstorms), verificou que os docentes observaram uma melhora significativa na motivação e na atitude dos alunos para a aprendizagem de conceitos de Física. Além disso, os professores também relataram que houve uma significativa melhora na capacidade dos estudantes em adotar estratégias consistentes para a resolução de problemas, trabalhar em grupo e em conhecer princípios de eletrônica e programação.

Além dos *kits* Lego Mindstorms há, atualmente, diferentes opções de plataforma para o desenvolvimento de atividades de robótica educacional como destaca Ribeiro (2006). A seguir apresentamos uma tabela com uma breve descrição de algumas dessas opções:

Tabela III – Principais tipos de plataformas robóticas utilizadas na educação (construída a partir de informações obtidas em (RIBEIRO, 2006).

PLATAFORMAS	DESCRIÇÃO
<p data-bbox="472 412 644 439">Robô Roamer</p> 	<p data-bbox="914 412 1442 853">Esta plataforma constitui-se em um robô que pode ser utilizado em níveis bem básicos da educação (a partir dos 4 anos) apresenta uma linguagem semelhante ao LOGO. Além de movimentar-se em qualquer direção o robô emite sons e, se equipado com canetas próprias é capaz de fazer desenhos no solo. Foi criado pela companhia Valiant Inc. É normalmente utilizado no ensino de matemática.</p>
<p data-bbox="472 875 644 902">Fischertechnik</p> 	<p data-bbox="914 875 1442 1133">É uma plataforma de origem alemã, com kits desenvolvidos para diferentes idades. Os kits são muito semelhante à proposta da LEGO: blocos que se encaixam e permitem aos estudantes a montagem de seus projetos.</p>
<p data-bbox="507 1274 609 1301">Parallax</p> 	<p data-bbox="914 1274 1442 1760">Esta empresa produz diferentes plataformas de robô pré-programados e reprogramáveis. O Scribbler 2 (S2) é um robô que propicia o desenvolvimento de habilidades de programação. Já traz uma pré-programação com oito modos de demonstração: detecção de objetos, evasão objeto, seguidor de linha, etc. Também apresenta canetas marcadoras que propiciam a realização de desenhos no solo.</p>
<p data-bbox="507 1785 609 1812">Sucata*</p> 	<p data-bbox="914 1785 1442 2042">São plataformas construídas a partir de prototipagens eletrônicas de hardware livre, bem como outros componentes eletrônicos e mecânicos existentes disponíveis no mercado separadamente. Tem a vantagem de ter um custo bastante reduzido.</p>

*Os autores desse trabalho não consideram a placa Arduino como sucata, apenas utilizamos a denominação proposta por Ribeiro (2006).

2.3 – Uma Perspectiva vigotskiana para Ensino de Física a partir da robótica

De forma geral, pode-se afirmar que Vigotski se estabelece a partir da ideia de que o processo de aprendizagem ocorre mediante as interações sociais desencadeadas entre o aprendiz e um parceiro mais capaz (IVIC, 2010).

Deste ponto de vista, como destacam Mortimer e El-Hani (2013), a aprendizagem se estabelece, basicamente, em duas etapas:

- A primeira, a partir de um processo interpsicológico. Nessa fase o aprendiz, a partir das diversas interações sociais que estabelece com outros parceiros (pais, professores, etc.), tem a possibilidade de entrar em contato com diferentes ferramentas socioculturais, desenvolvendo funções psíquicas importantes. A linguagem, portanto, evidencia-se como importante elemento a ser considerado, pois consiste em formas simbólicas que permitem a mediação entre os seres e destes com o mundo. Coelho e Pizoni (2012) destacam que a partir da atividade prática com a participação de outro parceiro mais capaz, utilizando a linguagem, há a apropriação dos objetos físicos de sua cultura.
- A segunda, em um processo intrapsicológico. Nesta fase o aprendiz, após o processo interpsicológico, progressivamente, vai internalizando as ferramentas culturais que apreendeu no processo de interação social. Ou seja, o indivíduo vai reconstruir internamente as operações que se estabeleceram externamente.

É importante destacar, portanto, que para Vigotski (2001) pensamento e linguagem apresentam independência um do outro na fase pré-verbal do ser humano. Assim, a partir de então, eles se encontram interligados de tal forma que o pensamento torna-se verbal (pois é mediado por signos) e a fala intelectual, pois os símbolos, resultado da interação social, são internamente organizados.

Em face ao exposto, o desenvolvimento, segundo Vygotsky, ocorre do social para o individual; da fala social para a fala interior, ou seja, o sujeito internaliza a linguagem utilizada em sua sociedade, para isso, passa pela fala egocêntrica (fala que acompanha a ação e se dirige para o próprio sujeito da ação – o sujeito planeja

em voz alta) e culmina com a fala interior (a criança pode agora dizer para si mesma apenas o indispensável) (FITTIPALDI, 2006, p.52).

Para caracterizar melhor o processo de inter-relação entre as interações sociais e o desenvolvimento cognitivo do ser, Zanella (2004) explica que Vigotski caracteriza o desenvolvimento humano a partir de dois níveis. Um real, no qual o ser compreende e realiza sozinho as ações que deve executar. Ou seja, as atividades propostas exigiam um nível de desenvolvimento psicológico que o ser já alcançou plenamente.

Porém, há um segundo nível, o potencial, onde o ser não é capaz de realizar sozinho as ações que o desafiam. Porém, caso receba a ajuda de um parceiro mais capaz, mais experiente, ele consegue resolver.

O desnível entre os níveis de desenvolvimento real e potencial indica o que Vigotski chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Assim, para o autor, o ensino deve ser desenvolvido na ZDP do estudante, pois

O bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento, ou seja, que se dirige às funções psicológicas que estão em vias de se completarem. Essa dimensão prospectiva do desenvolvimento psicológico é de grande importância para a educação, pois permite a compreensão de processos de desenvolvimento que, embora presentes no indivíduo, necessitam da intervenção, da colaboração de parceiros mais experientes da cultura para se consolidarem e, como consequência, ajuda a definir o campo e as possibilidades da atuação pedagógica. (REGO, 1999, p. 107).

Portanto, para Vigotski (2007) a escola não deve contentar-se com aquilo que o aluno já sabe, domina, é preciso ir além, adiantar-se ao desenvolvimento. Por isso, o professor deve propor atividades desafiadoras, que envolvam ações de cooperação em grupos, trocas de ideias.

As crianças podem imitar uma variedade de ações que vão muito além dos limites de suas próprias capacidades. Numa atividade coletiva ou sob a orientação de adultos, usando a imitação, as crianças são capazes de fazer muito mais coisas. Esse fato, que parece ter pouco significado em si mesmo, é de fundamental importância na medida em que demanda uma alteração radical de toda a doutrina que trata da relação entre aprendizado e desenvolvimento em crianças (VYGOTSKI, 2007, p. 101).

[...] um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança

interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros [...] (VYGOTSKI, 2007, p. 103).

Um aspecto importante com relação ao conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, destacado por Zanella (1994), é a de que ele se configura como resultado da ação recíproca do processo de maturidade do sistema nervoso central do aprendiz com o contexto histórico sociocultural no qual está inserido. Portanto, se caracteriza pelas funções psíquicas superiores que estão por se completar, tornando-se base para novas aprendizagens em nível mais complexo.

Mas como atuar de forma a produzir a ZDP no processo de ensino e de aprendizagem?

Wertsch (1984, *apud* GASPAR e MONTEIRO, 2005) propõe três constructos teóricos que, segundo o autor, são indícios de um processo interativo entre professor e alunos em sala de aula a partir do qual a ZDP é estabelecida. Os constructos são:

A definição de situação - constructo que pode ser definido como a forma com que o participante da interação social compreende o problema que busca resolver na atividade proposta em sala de aula. Em função de suas características próprias, cada indivíduo apresenta um entendimento e atribui significado pessoal para a situação, assim, apresentará estratégias ou formas de buscar soluções completamente diferentes dos demais. Por isso, é fundamental que, num planejamento de ação didático-pedagógica, a situação-problema deve ser pensada em função das especificidades próprias do grupo e, por isso, o professor precisa contar com uma estratégia que facilite a compreensão única do problema proposto.

Intersubjetividade - constructo que se refere à ação que irá se estabelecer entre os sujeitos da atividade em busca de definir a situação proposta. Assim, as interações sociais desencadeadas, após a problematização proposta, devem se configurar em processos de negociação entre os membros de um mesmo grupo a partir dos quais a redefinição de situação é estabelecida. Nesse caso, não prevalecem as interpretações individuais, mas a compreensão coletiva do grupo. Nesse ponto, o parceiro mais capaz tem papel importante no sentido de auxiliar o processo para que a proposta compreendida por todos seja aquela planejada inicialmente pelo professor.

A Mediação semiótica - constructo que se refere aos recursos disponíveis aos membros envolvidos na interação social a partir dos quais a intersubjetividade se torna

possível. Assim, podemos destacar as palavras, os gestos, os símbolos, equações matemáticas, gráficos, apresentações experimentais que facilitem a ocorrência do processo interativo.

As propostas em robótica educacional têm por meta envolver os estudantes em grupos de trabalho com o intuito de que eles possam resolver um problema proposto. Assim, oportunidades de interação social não faltam. Além disso, dependendo da maneira como o professor organizar e dirigir a atividade, podem-se adaptar diversos problemas de diferentes níveis de exigência de desenvolvimento cognitivo, atendendo aos variados perfis dos estudantes.

Os componentes dos *kits*, bem como a interface de programação, podem se constituir de elementos concretos que facilitem a definição de situação e a intersubjetividade quando se nomeia e se atribui papel a cada um deles no processo.

A partir destas considerações, acreditamos poder afirmar que as diferentes possibilidades oferecidas pela robótica por si só não se constituem em um produto que tem a capacidade de ensinar e produzir a aprendizagem. Portanto, dependendo da maneira com que o professor (parceiro mais capaz) dirigir a atividade, poderá possibilitar situações nas quais cada aprendiz poderá, de fato, aprender.

Neste trabalho estamos particularmente interessados em apresentar uma proposta para o estudo de conceitos de cinemática a partir de uma plataforma de baixo custo. Nosso intuito é o de apresentar uma atividade experimental por meio de uma plataforma robótica que permita o estudo de diferentes tipos de movimentos.

No capítulo seguinte, descrevemos em detalhes a metodologia de pesquisa que implementamos, buscando caracterizar os instrumentos de coleta de dados e o referencial de análise. Além disso, apresentamos o protótipo da plataforma robótica de baixo custo desenvolvida.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA

Para Demo (1989), metodologia deve ser entendida como o conhecimento nascido da crítica dos caminhos do processo científico a partir do qual se questiona e se estabelecem limites e possibilidades da busca por respostas a um problema.

Nossa pergunta neste trabalho diz respeito ao intuito de se propor uma plataforma de robótica para o desenvolvimento de experimentos de cinemática em aulas de Física no Ensino Médio. Quais contribuições essa plataforma pode trazer para as adversidades relacionadas ao problema de ensino e de aprendizagem em Física? Quais características deve ter para possibilitar essas contribuições?

Nosso intuito é incorporar os resultados de pesquisa em robótica educacional, assim como em experimentação para o ensino de Física, visando propor uma plataforma que, de fato, possa trazer contribuições ao professor e aos alunos.

Entretanto, só um levantamento bibliográfico não basta, pois isso só traria resposta para a segunda pergunta. É preciso que, também, realizemos uma avaliação do impacto educacional que a utilização desse recurso pode trazer para o contexto de sala de aula que temos hoje nas escolas brasileiras.

Portanto, em busca de um conhecimento crítico sobre o caminho científico a ser trilhado, com vistas a obter as respostas necessárias a nossa primeira pergunta de pesquisa, escolhemos optar por uma metodologia de pesquisa qualitativa.

Para Minayo (1993) as pesquisas quantitativas são mais adequadas às pesquisas cujo objetivo está voltado para a compreensão de fenômenos relacionados aos valores, crenças, hábitos, atitudes, representações e opiniões. Dessa forma, exige-se a imersão do pesquisador no contexto sociocultural da pesquisa, portanto, relativo ao universo subjetivo e simbólico daqueles que de lá fazem parte.

Diferente dos estudos quantitativos, mais voltados para medir a frequência de uma ou de outra característica do fenômeno, as metodologias qualitativas buscam evidenciar os aspectos próprios dessas características, aprofundando questões até compreendê-las em detalhes.

Em nosso trabalho estamos mais preocupados em compreender como valores, crenças, hábitos, atitudes, representações e opiniões do contexto de uma sala de aula de Física do Ensino Médio se transformam na medida em que atividades relacionadas ao uso de uma plataforma robótica é implementada para o estudo da cinemática.

A seguir caracterizaremos melhor os procedimentos envolvidos na coleta de dados.

3.1 - Metodologia de coleta de dados

A coleta de dados de nosso trabalho, numa primeira medida, visa identificar aspectos próprios da plataforma de robótica desenvolvida a partir das exigências que as atuais pesquisas em ensino de Ciências fazem em torno de práticas pedagógicas desenvolvidas para a implementação de um ensino significativo para os alunos.

Nesse caso iremos caracterizar as possibilidades de exploração da plataforma desenvolvida em relação aos indicadores de pesquisa em Ensino de Ciências quanto ao que se espera de práticas experimentais, tendo em vista que exploraremos o potencial experimental que a plataforma pode oferecer ao professor e aos alunos. Para tanto, iremos comparar as indicações que Araújo & Abib (2003) destacam para uma atividade experimental, identificando quais aspectos a plataforma permite serem explorados no contexto do processo de ensino e de aprendizagem.

Em uma segunda abordagem avaliaremos o impacto da utilização da plataforma em situações reais de sala de aula de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de escola pública, do interior do Estado de São Paulo.

A intenção é videografar a aula e dar especial atenção às formas de interação sociais desencadeadas entre alunos e professor, a partir das possibilidades de exploração da plataforma em contribuir para a definição de situação, mediação semiótica e intersubjetividade, como destacado por Wertsch (1984).

Cada uma das falas de alunos e do professor será devidamente transcrita para ser, posteriormente, analisada.

Os alunos serão divididos em grupos e a interação com a plataforma será realizada nas seguintes etapas:

- a) Conhecendo a plataforma: momento em que o professor faz uma apresentação da plataforma, suas características, seu princípio de funcionamento e apresenta o problema a ser resolvido pelos alunos.
- b) Obtendo dados a partir da plataforma: são as ações dos alunos entre si, utilizando a plataforma, no sentido de obter os dados experimentais para resolver o problema proposto pelo professor.
- c) Organizando, representando os dados obtidos na plataforma: ações dos alunos relacionadas à maneira como organizam os dados obtidos em tabelas e os utilizam para construir gráficos e obterem equações que descrevem o fenômeno estudado.
- d) Apresentando e discutindo os dados obtidos na plataforma: momento em que os alunos apresentam os dados obtidos e, em plenária, discutem explicações que justifiquem os resultados alcançados.

A seguir descreveremos detalhadamente a maneira que escolhemos para analisar os dados coletados.

3.2 - Metodologia de análise de dados

A partir da descrição de Araújo & Abib (2003) sobre os tipos de atividades experimentais comumente recomendadas pelas atuais pesquisas em ensino de Ciências, procuraremos evidenciar os aspectos que melhor caracterizam a plataforma robótica desenvolvida, buscando avaliar o potencial educacional que ela pode oferecer ao professor de Física.

Com relação às falas desencadeadas no processo de interação entre professor e alunos pela plataforma, após serem devidamente transcritas, serão categorizadas em função dos constructos propostos por Wertsch (1984) para identificar quais formas que possibilitam o estabelecimento de interações sociais. Nesse caso, utilizaremos como categorias: a definição de situação, a mediação semiótica e a intersubjetividade.

A partir dessa perspectiva procuraremos compreender o potencial que a plataforma robótica pode trazer no sentido de contribuir para a ação didática do professor e para a formação dos alunos.

CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 - Descrição da plataforma robótica desenvolvida

A plataforma robótica desenvolvida se constitui em um carro robô simples, visando proporcionar a professores e alunos meios para o estudo dos movimentos. A ideia do robô é ter uma plataforma que se movimenta reproduzindo os movimentos retilíneos: uniforme e uniformemente variado. Tecnicamente, o experimento funciona da seguinte maneira: o usuário lê, numa tela LCD, uma mensagem de boas vindas e, logo em seguida, tem a sua disposição duas diferentes opções de movimento para selecionar. Selecionando a opção MRU ele deverá, em seguida, escolher uma de três opções de velocidade. Se o usuário selecionar o MRUV ele poderá escolher uma entre três opções de velocidade inicial e uma opção entre três de aceleração. Todo o processo de seleção realizado pelo usuário será feito por meio de um controle remoto. Após fazer as escolhas das opções de funcionamento e acionar o carro robô para que este reproduza o experimento escolhido, o carro robô se movimentará sobre uma pista provida de uma fita métrica e de pontos (devidamente posicionados à escolha do usuário) que ao serem detectados pelo sensor de posição (instalado no carro robô) irá disparar e travar um cronômetro disponível para visualização no display de cristal líquido, efetuando a marcação do intervalo de tempo decorrido entre os pontos previamente escolhidos pelo usuário. Após o término do experimento, o aluno poderá visualizar no display os dados dos intervalos de tempo medidos.

Na construção da plataforma robótica utilizamos:

4.1.1 – Materiais utilizados na plataforma robótica desenvolvida

- Uma placa Arduino UNO: é o modelo mais simples da plataforma Arduino. Dispõe de 14 pinos digitais de entrada/saída, seis entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, um fone de poder, um cabeçalho ICSP e um botão reset. A placa Arduino, como descreve Monteiro et.al (2013) é uma plataforma de código aberto com microcontrolador cuja versatilidade possibilita mais do que a aquisição de dados, permite também, o controle de diferentes dispositivos, tais como motores e outros atuadores. A linguagem de programação do Arduino pode se comunicar com outros softwares tais como Flash e o MaxMSP. As placas podem ser

montadas manualmente ou adaptadas a partir de kits pré-montados, de acordo com a necessidade do usuário.



Figura 4.1 – Placa Arduino modelo UNO.

- Um controlador tipo L298N: Para que os motores se movam é necessária uma interface eletrônica para controlar os mesmos e a escolhida para este projeto se chama L298N, que é um circuito integrado (um circuito inteiro encapsulado em um chip), que comanda o acionamento dos motores por sinais que são enviados em seus terminais. Este controlador é acionado pelo Arduino por meio de uma programação apropriada, que será explicada no decorrer da documentação. Todavia, apenas o CI não é suficiente, é necessário um circuito ao redor dele que garanta a proteção e

funcionamento do sistema, a placa usada no projeto já contém isso. O controle do motor é feito por meio de um circuito conhecido na eletrônica como Ponte H. Um dos circuitos mais importantes na elaboração de sistemas automatizados é a ponte H. Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador. Devido à disposição dos seus componentes, torna-se extremamente fácil selecionar o sentido da rotação de um motor, apenas invertendo a polaridade sobre seus terminais. Também é importante para a utilização com circuitos digitais, pois como os sinais de saída dos microcontroladores não suportam a corrente necessária e nem possuem a tensão adequada para acionar um motor, é necessária uma unidade de potência que possa alimentá-lo convenientemente. Quando ligamos um motor DC com uma bateria, observamos que ele gira numa velocidade constante e em uma única direção. Para alterarmos o sentido da rotação do motor, basta apenas ligar os terminais do motor de forma invertida. Para que não seja necessário fazer essa operação manualmente, podemos utilizar uma ponte H. Uma ponte H básica é composta por quatro chaves mecânicas ou eletrônicas posicionadas formando a letra “H”, sendo que cada uma localiza-se num extremo e o motor é posicionado no meio

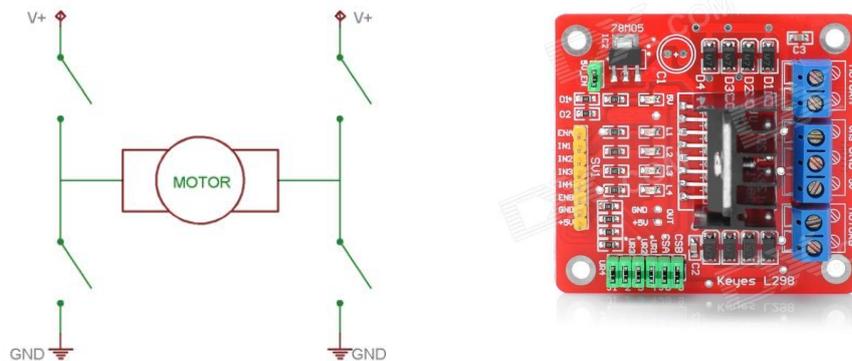


Figura 4.2 – Ponte H: a) esquema de uma ponte H; b) controlador tipo L298N.

- Um Display LCD 16x2: é uma tela de cristal líquido, descritos AxB, onde A é o número de colunas e B é o número de linhas. Cada célula do display é associada a um endereçamento e a um espaço na memória. Este endereçamento permite que escolhamos um lugar específico no display para a escrita de mensagens ao usuário. É a partir desse display que a interação entre usuário e plataforma se estabelece. As ações de ligar e desligar, bem como as de escolher o tipo de movimento a ser executado,

além dos resultados obtidos no experimento, são estabelecidas a partir desse display. O LCD usado é do tipo paralelo que usa muitos fios, mas seu controle é bastante simples usando a programação Arduino.

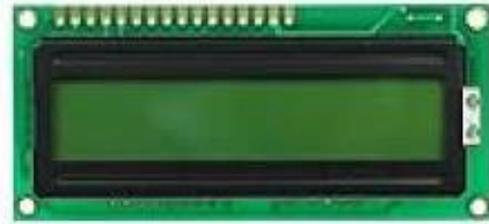


Figura 4.3 – Display de cristal líquido.

- Um sensor de distância Sharp 1-10cm: Para que o robô funcione da maneira mais autônoma possível ele precisa ser capaz de perceber o ambiente em que se encontra, existem diversos sensores que permitem ao robô perceber, e com o auxílio de um processamento, reagir ao ambiente. No caso desta plataforma, o sensor precisa ser capaz de identificar pequenas e finas barras na lateral do seu percurso que definem os pontos em que as medições de tempo serão realizadas. Assim, optamos por um sensor infravermelho capaz de captar distâncias de até 10 centímetros e enviar um sinal que será processado e interpretado pelo Arduino.



Figura 4.4 – Sensor de distância.

- Um receptor IR: é um receptor de infravermelhos para detectar sinais de um controle remoto.



Figura 4.5 – Receptor infravermelho.

- Um controle remoto: é o aparelho utilizado para controlar o funcionamento do carro robô à distância. O controle remoto serve para facilitar o controle prévio do experimento, como selecionar a velocidade desejada naquele momento, parar o robô por qualquer motivo e iniciar o uso do mesmo. Para que isso seja possível é necessário também um elemento eletrônico que receba o sinal infravermelho, ou seja, o receptor IR descrito acima.



Figura 4.6 – Controle remoto.

- Duas baterias: servem para alimentar eletricamente a placa Arduino e os motores DC. Optamos pelo tipo LiPo. Existem diversos tipos de baterias para fornecer energia ao sistema, cada célula (que contém 3,7 volts) é composta por uma camada de um polímero e uma camada de lítio. Ela foi escolhida devido a sua boa relação entre fornecimento de tensão / peso. Isso permite que o experimento seja executado por um tempo maior antes de recarregar ou trocar a bateria, se comparado ao tempo que seria necessário entre uma troca e outra de bateria convencional alcalina.

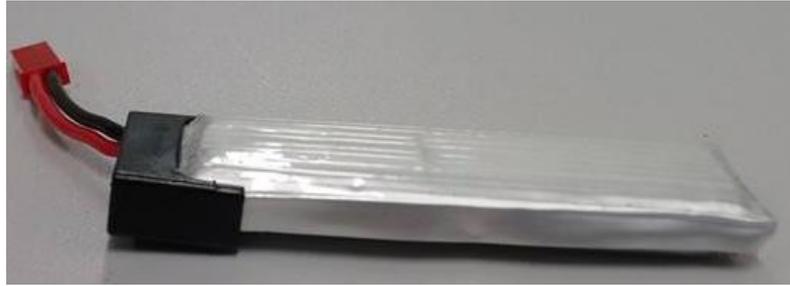


Figura 4.7 – Bateria.

- Um kit de montagem de um carro com esteiras: é um kit com partes desmontadas (esteiras, rodas, engrenagens e dois motores DC) que servem para construir um carro robô. Todos os itens acima devem estar agrupados em uma estrutura robusta e simétrica que permita que o movimento seja o mais retilíneo possível e que dê espaço para que os mesmos sejam distribuídos por sua carcaça. O kit utilizado foi de uma empresa japonesa chamada Tamiya que contém um jogo de esteiras que montadas fornecem um movimento simétrico nos dois lados do experimento, além de uma placa com furações colocada na parte superior do mesmo, a fim de acoplar os outros componentes do projeto.

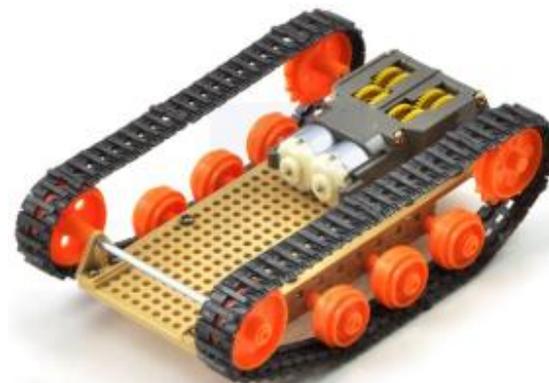


Figura 4.8 – Kit carro com esteira.

4.1.2 – Montagem da plataforma

A montagem final dos elementos eletrônicos contará com um *shield* que está sendo desenvolvido, visando tornar a montagem mais limpa e versátil. *Shields* são placas que expandem a capacidade do Arduino por meio de funções específicas que estão contidas no seu circuito conectando-se logo acima da placa original, mantendo todas as suas portas, mas adicionando um circuito diferenciado. Algumas destas placas de expansão fornecem conectividade *Wi-Fi*, controle de motores, conectividade *bluetooth* entre outras

funcionalidades. A placa desenvolvida para o projeto contém conectores para os motores, para o *display* LCD e para os sensores, visando diminuir a quantidade de fios e facilitar o uso da plataforma. Na figura a seguir é apresentado um esquema do circuito do *shield* que estabelece a montagem eletrônica do carro robô.

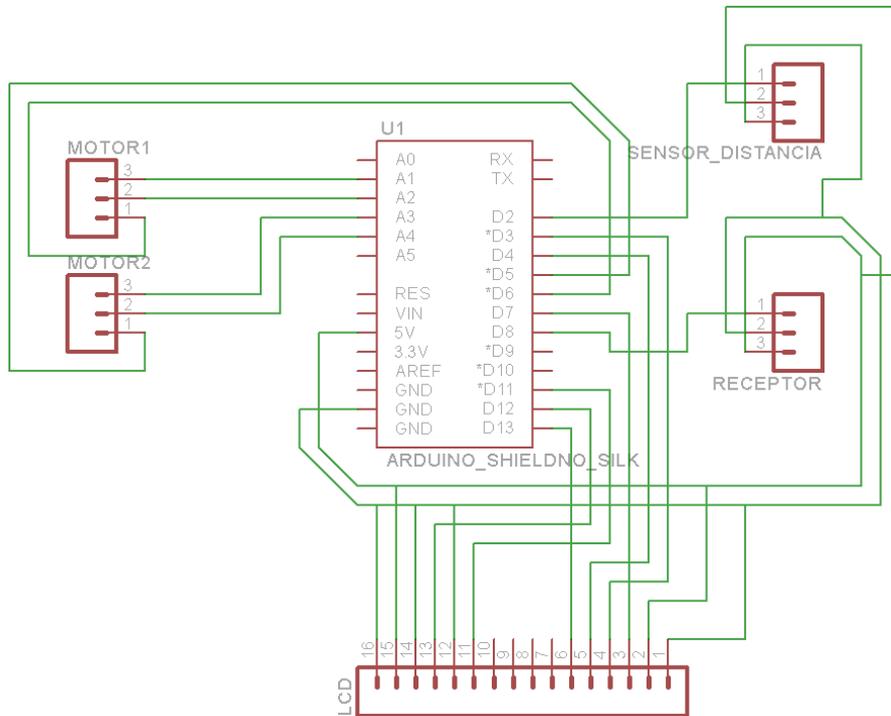


Figura 4.9 – Shield.

Dessa forma nosso carro robô fica montado da maneira como está indicado na figura a seguir.

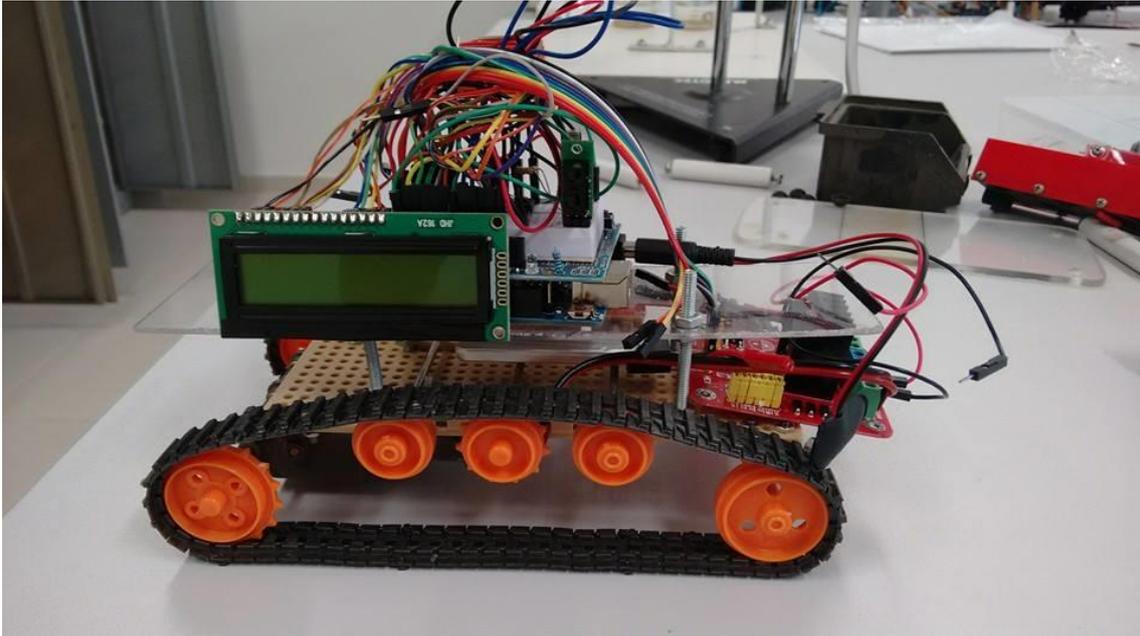


Figura 4.10 – Montagem do carro robô.

4.1.3 – Montagem da pista para o estudo dos movimentos

Para que o estudo da cinemática possa ser possível, uma pista retilínea deve ser utilizada. Nesse caso, propomos uma pista construída a partir de uma tábua, duas guias metálicas, uma fita métrica e cinco palitos de picolé com cinco ímãs pequenos que servirão de pontos de referência para marcação dos intervalos de tempo.



Figura 4.11 – Pista e os referenciais de estudo.

4.1.4 – O funcionamento e a programação do carro robô

O experimento começa com uma mensagem de boas vindas que é apresentada no LCD e após isso a primeira aceleração ou velocidade é indicada por “Aceleração 1” ou “Velocidade 1”. Após isso o usuário pode usar o controle remoto para selecionar alguma velocidade ou aceleração utilizando um dos botões e com outro botão (ambos bastante intuitivos) iniciar o experimento. O Robô irá então dar início a seu movimento passando pelas marcações externas de sua pista e ao achar a última marcação irá parar. Ao fim o display LCD irá mostrar a medição de tempo entre cada ponto da pista (os pontos podem ser rearranjados de acordo com a preferência do professor). A figura 2 mostra o fluxograma do programa desenvolvido que indica a sequência de tomada de decisões e ações que foram inseridas no experimento por meio do Arduino utilizando linguagem de programação.

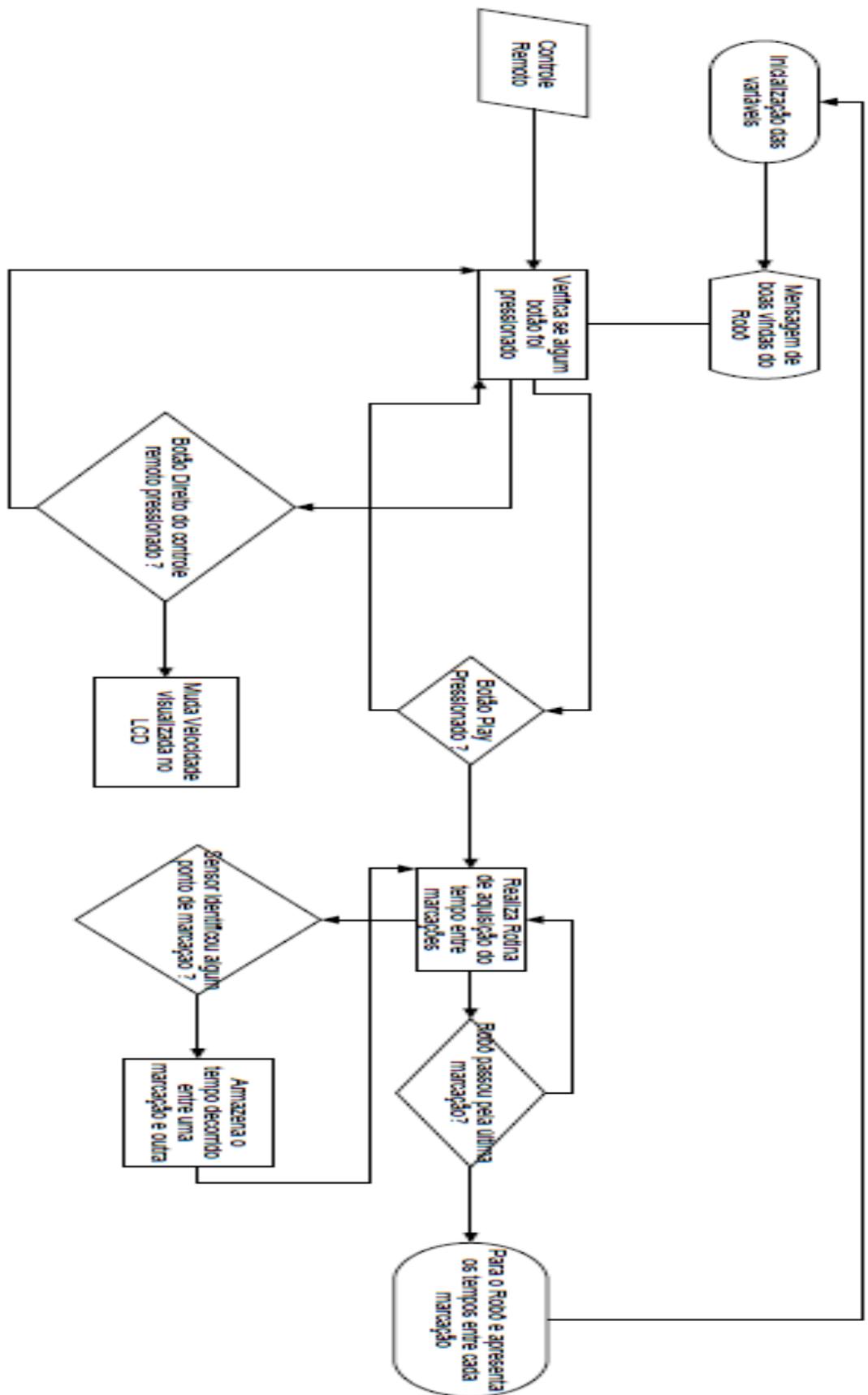


Figura 4.12 – Fluxograma.

A seguir será apresentado o código desenvolvido para o experimento. Será dado enfoque em cada estrutura usada e sua função, separadamente, além do uso das bibliotecas desenvolvidas e outras utilizadas no processo. O programa já está em sua maioria bastante comentado e disponível integralmente no apêndice 2.

O programa se inicia com a declaração das bibliotecas que serão usadas no decorrer do código. Bibliotecas são conjuntos de funções, ações que o programa poderá realizar, geralmente elas têm um propósito específico, como controlar um motor, controlar um display LCD, entre outras.

```
//declaração de bibliotecas
#include <IRremote.h> // biblioteca para usar o controle remoto
#include<LiquidCrystal.h> //biblioteca para usar o display LCD
#include <Bounce.h> //biblioteca para evitar trepidação
#include <l298n.h> //biblioteca de controle de motores
#include <StopWatch.h> //biblioteca de cronometro
```

Figura 4.13 - Declaração de bibliotecas do programa.

A biblioteca IRremote é responsável pelas funções que recebem e interpretam os sinais provenientes do controle remoto para que os mesmos sejam usados para acionar o experimento como será visto posteriormente. A biblioteca LiquidCrystal facilita em muito com suas funções o uso do display LCD, que sem ela teria um acionamento muito complexo, então sempre que for preciso apresentar algo no LCD alguma função desta biblioteca é chamada. A biblioteca Bounce é usada para evitar a trepidação que o sensor infravermelho oferece, pois muitas vezes, por ser uma leitura bastante rápida a passagem por um dos pontos de marcação, o sensor lê mais vezes do que o necessário. A biblioteca foi feita principalmente para chaves mecânicas como botões comuns, mas também é viável e útil para o caso deste projeto e o deixa mais confiável e estável. A biblioteca l298n foi desenvolvida junto ao experimento especificamente para tornar mais intuitivo o controle dos motores, ela leva esse nome, pois é a denominação do circuito integrado responsável pelo controle eletrônico dos motores. Por último, a biblioteca Stopwatch é a responsável por funcionar como um verdadeiro cronômetro que pode contar em segundos, milisegundos e até microsegundos, ela é usada para marcar o tempo entre os pontos de marcação e apresentá-los ao fim do experimento.

Em seguida são definidos os pinos nos quais serão conectados a parte do circuito. Definir neste início do código usando o comando `#define` estes valores é muito importante e quando o programa já está muito longo fica muito mais fácil alterar nesta parte novamente do que alterar em todas as linhas em que aqueles valores foram chamados no decorrer do código.

```
//definição do pino do sensor|
#define sensor 2 //sensor infravermelho

//definição dos pinos dos motores
#define M1_IN1 A1 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 1
#define M1_IN2 A2 //pino 2 de sinal para a ponteH motor1
#define M1_EN 6// pino PWM para a ponteH motor 1

#define M2_IN3 A3 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 2
#define M2_IN4 A4 //pino 2 de sinal para a ponteH motor 2
#define M2_EN 5 // pino PWM para a ponteH motor2

//declaração variaveis do display LCD
LiquidCrystal lcd (12, 11, 13, 4, 3, 7); // declaração do display lcd
```

Figura 4.14 - Declaração da maioria dos pinos usados do Arduino.

Para controlar um motor é necessário usar três pinos, sendo que dois são para controle e alternam seu valor dependendo do sentido que deseja-se que o motor gire, enquanto que o outro controla a velocidade por meio do método PWM, que é explicado em detalhes no apêndice 3. Mas basicamente quanto maior o valor do pino de PWM (que neste caso vai de 0 a 255), maior será a velocidade do motor. O display LCD precisa, neste momento, ser inicializado definindo-se os pinos que são utilizados para seu funcionamento por meio de uma função da sua própria biblioteca.

A primeira parte do programa então acaba com a declaração das últimas variáveis ou objetos que serão usados futuramente.

```
int tela; //variavel de controle da tela do lcd
int selecao = 0; //variavel controle selecao velocidade
int ponto_medicao = 0; //inicializaãção dos pontos de medição|
int tempo1,tempo2,tempo3,tempo4; //variavel do cronometro
int RECV_PIN = 8; //pino do receptor do controle remoto
float armazenavalor; //valor recebido pelo controle remoto
```

Figura 4.15 - Declaração de variáveis.

As variáveis podem ser de diversos tipos e essa é a primeira coisa que é preciso definir ao se declarar uma. Na figura acima existem algumas do tipo `int` e outras do tipo `float`. O

primeiro quer dizer que os valores armazenados naquelas variáveis devem pertencer apenas ao grupo dos números inteiros, enquanto a segunda quer dizer que aquela variável deve armazenar número com vírgulas. A variável `tela` representa qual a tela do experimento está sendo visualizada naquele momento, sendo que a tela 1 é entendida como a tela onde aparece no display LCD escrito “Velocidade 1” ou “Aceleração 1” e assim por diante. A variável `seleção`, por sua vez, indica se a velocidade que está sendo apresentada foi também selecionada e, portanto, com o robô em movimento; estas duas variáveis são inicializadas no início do programa com “0” pois nenhuma velocidade está sendo mostrada no início antes da mensagem de boas vindas do projeto. As variáveis `tempo` que vão de 1 a 4 indicam as medições de tempo que serão realizadas. A próxima variável representa em qual pino está conectado o receptor do controle remoto, ela poderia também ser declarada usando `#define`. Por último, a variável `valor` vai receber e armazenar o código que é interpretado pelo receptor do controle remoto. Cada botão do controle tem uma decodificação diferente que é usada para que o programa saiba qual botão foi apertado. Tudo isso feito com o auxílio da biblioteca para controle remoto que foi declarada no início.

Agora serão declarados os objetos a serem usados. Objetos ao contrário de variáveis não armazenam apenas um determinado tipo de valor, eles podem ter seus comandos e ações próprias e tem também mais de um tipo de valor que pode ser armazenado dentro deles. Geralmente um objeto tenta por meio de seus comandos, chamados de métodos e suas variáveis chamadas de parâmetros, representar pelos códigos algum objeto ou fenômeno do mundo real.

```
//declaração de objetos com debouncing para os motores e sensores
Bounce bounce_sensor = Bounce(sensor,10);

//declaracao do objeto cronometro
StopWatch sw_millis;

//declaração de objetos dos motores
1298n motor1(M1_IN1, M1_IN2, M1_EN);
1298n motor2(M2_IN3, M2_IN4, M2_EN);
```

Figura 4.16 - Declaração de objetos.

O primeiro objeto declarado pertence à biblioteca responsável por eliminar a trepidação do sensor. Então ele é usado para associar o sensor ao “filtro” de trepidação. Ao declarar uma variável só é preciso definir o seu tipo e o seu nome, enquanto que no objeto é necessário definir seu tipo, seu nome e dependendo é também necessário inserir alguns

parâmetros, neste caso os parâmetros foram o pino em que está conectado o sensor (que ao invés de ser um número, foi o próprio nome que foi definido no início do programa) e o valor “10” que representa um valor importante na hora de tratar a trepidação. Depois, é declarado o objeto que representa um cronômetro, eles provêm da biblioteca `Stopwatch` declarada previamente, ao contrário do objeto anterior que precisava de parâmetros para ser declarado, este define em qual unidade de tempo irá medir de acordo com o nome dado, no caso `sw_millis` quer dizer que a medição será em milissegundos. Os dois próximos objetos são declarados de maneira semelhante. Ambos são provenientes da biblioteca desenvolvida especificamente para este projeto. Ao criar este objeto é necessário dizer quais serão os pinos que irão controlar cada motor, novamente a indicação dos parâmetros é feita sem usar os números em si, mas sim os nomes aos quais os mesmos estão associados.

Todo código desenvolvido em Arduino é dividido em duas principais partes: `void setup` e `void loop`. A primeira reúne o grupo de comandos que irá ser executado ao iniciar o Arduino, enquanto o outro será executado repetitivamente até que o dispositivo reinicie ou desligue. Esse último é extremamente importante, porque o Arduino repete este último grupo de comandos mais de mil vezes por segundo e isso é um fator extremamente importante para o funcionamento correto do sistema. A figura 7 apresenta a função `loop` que basicamente inicializa alguns parâmetros e dá a mensagem de boas vindas do experimento.

```
void setup()
{
  //Rotina de inicialização do LCD
  Serial.begin(9600); // comando de inicialização da comunicação serial entre o arduino e o computador
  lcd.begin(16, 2); // comando de inicialização do LCD indicando o tamanho dele

  //declaração do dispositivo de entrada
  pinMode(8, INPUT);

  //comandos para enviar mensagem de boas vindas do software no LCD
  lcd.setCursor(0,0); //define que o cursor do lcd esteja na posição inicial
  lcd.print("Robo"); //escreve a palavra Robo a partir da posição que o cursor se encontra
  lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor em outra posição
  lcd.print("MRU"); //escreve a palavra MRU a partir da posição em que o cursor se encontra
  delay(3000); //faz o software esperar por 3 segundos para que o usuário possa visualizar a mensagem
  lcd.clear(); //limpa o display lcd
  tela = 1; //inicializa a variável que indica qual velocidade o usuário está visualizando |
  irrecv.enableIRIn(); // Inicializa o receptor IR
}
```

Figura 4.17 - Função `loop`.

Primeiramente, a comunicação entre o computador e a placa é estabelecida, ela é muito útil durante o processo de desenvolvimento para fazer `debugging` que nada mais é do que verificar em que ponto o programa está chegando, o valor de variáveis em determinados

pontos do programa, tudo que for útil para entender melhor como o que foi digitado está sendo interpretado pela placa em tempo real. Para o Arduino cada porta pode servir tanto como entrada quanto como saída, portanto cada uma delas deve ser especificada como entrada ou saída como é feito com o pino 8 que é onde o receptor do controle é conectado, por isso ele é declarado como INPUT(entrada). A seguir o display LCD recebe seus parâmetros iniciais que primeiramente definem qual o tamanho dele (no caso 16x2, 16 colunas e 2 linhas) e depois onde o curso dele irá iniciar. Em seguida a mensagem de boas vindas aparece por 3 segundos, a função delay para o programa por um tempo definido em milisegundos e continua executando a última ação que foi enviada, no caso a mensagem de boas vindas. A função delay geralmente é evitada dentro da função loop, pois toda a velocidade que o processador do Arduino possui é “jogada fora” toda vez que o programa para por um tempo determinado. Parte-se então para o mais importante: a função loop. A mesma é longa e cheia de diferentes estruturas que serão apresentadas separadamente na ordem em que aparecem no código. A primeira delas é a interpretação dos sinais vindos do controle remoto.

```

if (irrecv.decode(&results)) //verificação se algum botão foi pressionado do controle remoto
{

    armazenavalor = (results.value); // armazena código recebido pelo receptor do controle rem
    if (armazenavalor == 0xFF02FD){ // verifica se o código recebido representa o botão de mu

        motor1.parar(); //manda o comando para a ponteH parar o motor1
        motor2.parar(); //manda o comando para a ponteH parar o motor1
        lcd.clear(); //limpa o display lcd
        selecao = 0; //inicializa variável que indica e alguma velocidade está selecionada,
        if(tela == 1) tela++; //avança a e tela que o usuário está visualizando
        else if(tela == 2) tela++; //avança a tela que o usuário está visualizando
        else if(tela == 3) tela = 1; //volta para a primeira tela
    }
}

```

Figura 4.18 - Primeira interpretação de comandos do controle remoto.

Primeiramente o Arduino verifica se algum botão foi pressionado e, como mencionado anteriormente, isso somente é eficiente devido a quantidade de vezes por segundo que todos os comandos dentro da função loop são executados. Isso permite com que a ação de verificar se um botão foi pressionado seja executada quase que o tempo todo. Após isso, caso seja identificado que algum botão foi pressionado, o programa verifica se o botão acionado foi o que avança as telas, uma vez apertado este botão, os motores param (para o caso de estarem em movimento) e a tela avança para a próxima, o fato dele parar o motor torna esse botão também um botão para interromper o experimento. É bem importante notar que para avançar de uma tela para outra é preciso limpar o que está escrito no LCD por meio do comando

lcd.clear, porém caso esse comando seja usado muitas vezes o display começa a piscar e prejudica a visualização das informações. Outra opção é que o botão pressionado tenha sido o que ativa a velocidade.

```

if(armazenavalor == 0xFFC23D) // verifica se
{
    if(tela == 1){ //verifica se o usuário está
        selecao = 1; //seleciona a velocidade q
        sw_millis.start(); //começa a contagem de
    }

    else if(tela == 2){ //verifica se
        selecao = 2; //seleciona a velocidade que
        sw_millis.start(); //inicia o cronômetro
    }

    else if(tela == 3){ //verifica se o usu
        selecao = 3; // seleciona a velocidade
        sw_millis.start(); //inicia o cronômetro
    }
}
irrecv.resume(); //lê o próximo valor

```

Figura 4.19 - Comandos quando o botão play é pressionado.

Caso o botão que aciona a velocidade seja apertado, o cronômetro já dá início à contagem para representar o tempo entre o repouso e o primeiro ponto, o código também identifica qual a velocidade em que o usuário estava visualizando para acionar a velocidade certa no restante do código. Após a tentativa de identificar se algum dos botões configurados foi pressionado, o programa dá prosseguimento para iniciar o experimento em si.

```

switch(tela){ //switch que executa uma série de ações de acordo com o valor que tela tiver quando ele for chamada

    case 1: // caso em que o usuário está na primeira velocidade
        lcd.setCursor(0,0); //coloca o cursor na posição inicial
        lcd.print("Velocidade 1"); //indica a velocidade que pode ser selecionada com o botão "play"

        //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
        lcd.setCursor(6,1);

        if(selecao == 1){ //verifica se a velocidade 1 foi selecionada
            motor1.set_vel(127); //determina a velocidade em que o motor1 irá girar
            motor2.set_vel(127); //determina a velocidade em que o motor2 irá girar
            motor1.mover_sentido1(); //move o motor1 em um sentido
            motor2.mover_sentido1(); //move o motor2 em um sentido

            lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
            lcd.print("Selecionada"); //mostra na tela de LCD para o usuário que a velocidade desejada foi selecionada

```

Figura 4.20 - Estrutura switch.

A estrutura switch é essencial nesse programa, é uma maneira simples de tomar diferentes decisões para diferentes valores de uma mesma variável, no caso a variável é a tela. Então cada tela tem uma tomada de decisões bem semelhante, mas essencialmente distintas, será mostrado neste documento apenas o exemplo de uma tela o mesmo se repetiria para um número qualquer de telas e conseqüentemente de velocidades. Quando a tela assume o valor 1, ela irá mostrar a velocidade correspondente e caso além disso aquela velocidade esteja selecionada, o que é verificado a partir da estrutura if, ele roda os dois motores do experimento a uma velocidade de 127. Importante notar que no uso desta biblioteca que controla motores é preciso definir primeiramente a velocidade e depois mandar o motor se mover em um dos sentidos. Uma vez em movimento é hora de verificar o sensor para identificar os pontos de medição e acionar o cronômetro.

```

if (bounce_sensor.update()){ //verifica se o sensor teve uma mudança de estado
if (bounce_sensor.fallingEdge()){ //verifica se a mudança foi de um nível lógico alto para um nível lógico baixo(HIGH para LOW)
if(ponto_medicao == 0){ //verifica se o robô ainda não passou por nenhum ponto de medição
tempo = sw_millis.elapsed(); //armazena na variável o tempo decorrido desde o início do experimento
ponto_medicao = 1; //estabelece que o móvel já passou pelo primeiro ponto de medição
sw_millis.reset(); //reseta o cronômetro
sw_millis.stop(); //para o cronômetro
sw_millis.start(); //inicia o cronômetro
}
}
}

```

Figura 4.21 - Utilização do sensor para identificar os pontos de medição.

Neste momento a biblioteca que filtra a trepidação deve ser chamada e consulta-se se o sensor identificou um objeto e com o auxílio da biblioteca confirma-se que o ponto foi visto apenas, uma vez ao invés de causar a situação em que um objeto só é visto, mas o sensor é acionado diversas vezes. Caso o sensor tenha mesmo visto um objeto, ele para o cronômetro e salva o tempo decorrido desde que ele havia sido ligado e o liga novamente para prepará-lo para a próxima medição. A variável ponto_de_medicao indica qual ponto de medição já foi passado. Ao chegar ao último ponto, a variável tela recebe o valor de 99 e vai para a última tela que mostra os resultados do experimento.

```

case 99: //caso para quando todas as medições já foram realizadas em qualquer velocidade

lcd.setCursor(0,0); //coloca o cursor do LCD em sua posição inicial
lcd.print("Tempo 1"); //apresenta a mensagem Tempo1 no display lcd a partir da posição do cursor
lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
lcd.print(tempo1); //mostra na tela do display LCD o tempo entre o início e o primeiro ponto de medição
delay(2000); //para o programa por 2 segundos mostrando a ultima mensagem
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo2);
delay(2000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 3");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo3);
delay(2000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 4");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo4);
delay(2000);
lcd.clear();//limpa o display lcd
tela = 1; //volta para a tela inicial
break;

```

Figura 4.22 - Última tela e exibição dos resultados.

Esse último grupo de comandos tem apenas a função de apresentar a medida de tempo entre cada ponto de medida com uma diferença de 2 segundos entre a exibição de cada um. Por fim o programa é reiniciado e o ciclo se inicia novamente, o professor pode selecionar outra velocidade ou apenas repetir o experimento como se fosse a primeira vez.

4.2 – Guia de estudo para ser utilizado pelo aluno em seu trabalho em sala de aula

Para que o aluno possa interagir com a plataforma na realização dos experimentos, um guia de estudos lhe é oferecido.

Neste guia, além dos objetivos a serem alcançados pelos estudantes, há indicações de como o carrinho funciona, uma breve introdução teórica sobre os conteúdos de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV). Além disso, há orientações procedimentais para a coleta de dados, preenchimento de tabelas, construção de gráficos, bem como definição de equações e perguntas que auxiliem os alunos em suas conclusões.

A versão final dos guias de estudo está no anexo I deste trabalho.

4.3 – Resultados do teste da plataforma para a realização dos experimentos de Física sobre Cinemática

Dados obtidos em um teste da plataforma

Realizamos um teste para movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e anotamos os dados na tabela.

t (ms)	X (cm)
0	30
1894	60
3501	90
4946	120
6209	150

A partir dos dados da tabela extraímos outros dados e montamos a equação:

Parciais de tempo medidas pelo carrinho

t (ms)	V (cm/ms)
1894	0,0101583943
1607	0,018668326
1445	0,020761246
1263	0,023752969

Soma dos tempos das parciais

t (s)	V (m/s)
1,894	0,158395
3,501	0,186683
4,946	0,207612
6,209	0,23753

Aceleração média = 0,012745 m/s²

Velocidade inicial = 0,134256 m/s

Equação Geral

$$V = 0,13 + 0,012t$$

E a partir dos dados montamos o gráfico

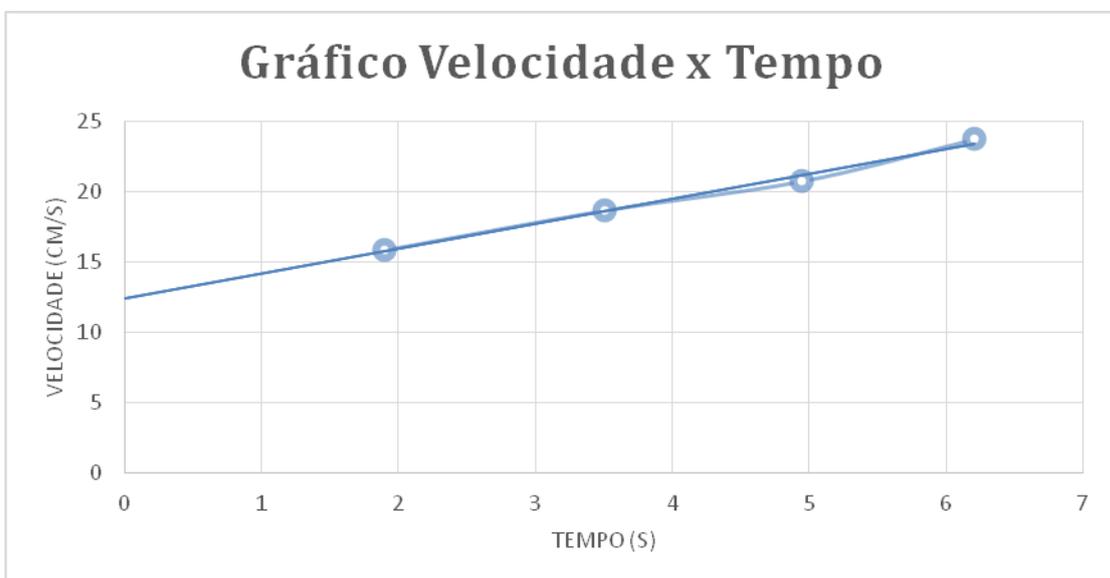


Figura 4.23 - Gráfico Velocidade X Tempo.

Para a realização do experimento do encontro de dois móveis fizemos o carrinho movimentar-se no sentido adotado como positivo da trajetória e anotamos os dados na tabela.

X (cm)	t(10 ⁻⁶ s)
60	21462
90	133462
120	132362
150	145962

Consideramos o espaço inicial como 60 cm, pois o carrinho ainda estava acelerando antes desta posição, descaracterizando o Movimento Retilíneo Uniforme.

A partir dos dados da tabela montamos a equação do movimento.

$$X_1 = 0,6 + 0,22t$$

Como não temos dois carrinhos para a realização do experimento, fizemos com que o mesmo carrinho se movimentasse da marcação de 150 cm para a de 0 cm, como se outro carrinho estivesse vindo na direção contrária e montamos outra tabela.

X (cm)	t(10 ⁻⁶ s)
120	29577
90	149577
60	131177
30	129977

A partir dos dados da tabela montamos a equação do movimento.

$$X_2 = 1,2 - 0,2t$$

Igualando as duas equações encontramos o tempo de encontro.

$$X_1 = X_2$$

$$0,6 + 0,22t = 1,2 - 0,2t$$

$$0,22t + 0,2t = 1,2 - 0,6$$

$$0,42t = 0,6$$

$$t = \frac{0,6}{0,42}$$

$$t = 1,48 \text{ s}$$

Substituindo o tempo encontrado, encontramos a posição do encontro.

$$X_1 = 0,6 + 0,22t$$

$$X_1 = 0,6 + 0,22 * 1,48$$

$$X_1 = 0,92 \text{ m}$$

Com o auxílio do programa Microsoft Excel, geramos o gráfico com os dados coletados e percebemos que o resultado teórico é bem próximo do resultado obtido experimentalmente.

Movimento Progressivo

X (cm)	t(10 ⁻⁶ s)
60	21462
90	154924
120	287286
150	433248

Movimento Retrogrado

X (cm)	t(10 ⁻⁶ s)
120	29577
90	179154
60	310331
30	440308

Note que para aproveitar a precisão do cronometro da placa Arduino, utilizamos o tempo em 10^{-6} s.

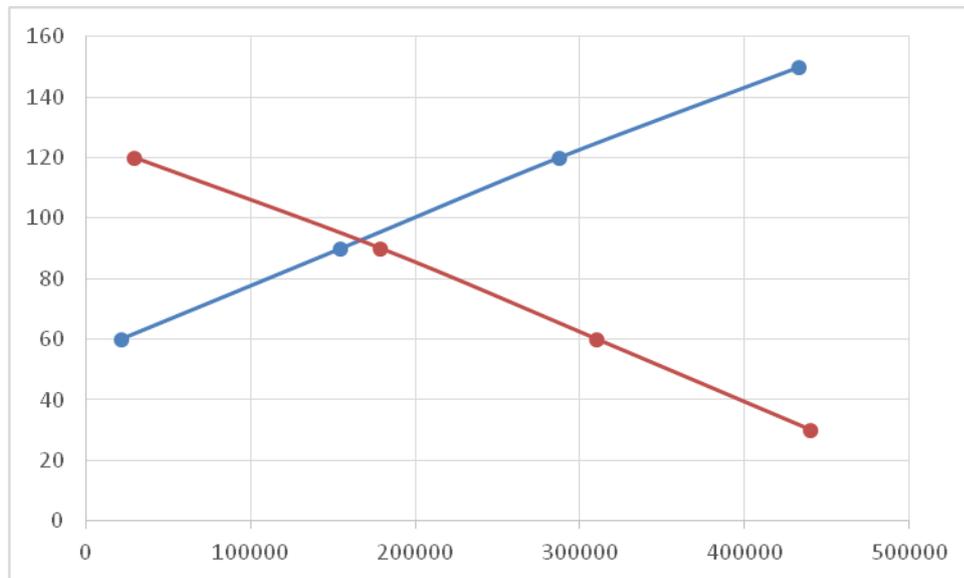


Figura 4.24 – Encontro de dois móveis.

4.4 – Resultados relativos à avaliação do protótipo quanto à sua utilização no contexto de ensino de Física

Em relação às orientações ao professor de como explorar a plataforma robótica desenvolvida (ANEXO III), comparamos as possibilidades recomendadas com a classificação proposta por Araújo e Abib (2003).

Na tabela a seguir apresentamos os tipos de experimentação que a plataforma pode atender em função de suas características.

Tabela IV – Categorias de atividades experimentais que são atendidas pela plataforma robótica desenvolvida.

Categorias de atividades experimentais identificadas por Araújo e Abib (2003)	Aspectos contemplados na Plataforma robótica desenvolvida
Ênfase matemática	A plataforma atende esse tipo de atividade experimental, permitindo tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa.
Grau de direcionamento	A plataforma atende desde as atividades de demonstrações, como as de verificações e de investigação.

Uso de tecnologias	A própria concepção da plataforma já envolve o uso de tecnologias. Porém é válido destacar que o uso de softwares para a construção de gráficos, bem como para a apresentação dos dados e das conclusões obtidas, podem ser utilizados.
Cotidiano	O professor pode produzir discussões sobre a presença do movimento no dia a dia, como a questão do trânsito e também a poluição, propondo discussões sobre os impactos da Ciência na sociedade. Além, é claro, de possibilitar abordagens sobre a questão do crescente uso da robótica na sociedade moderna: suas contribuições e seus impactos sobre a economia, o emprego, etc.
Montagem de equipamentos	O professor tem a opção de entregar a plataforma pronta para o estudante realizar as atividades como pode desafiá-los a construir e programar a plataforma.

A plataforma robótica pode ser utilizada pelo professor, dependendo de seus objetivos, interesses e concepções, de várias maneiras. Utilizando as categorias desenvolvidas por Araújo e Abib (2003) podemos notar que:

- a) A plataforma atende à categoria de ênfase matemática de forma ampla. Isso porque o professor pode apresentar a plataforma ressaltando apenas o aspecto qualitativo dos tipos de movimento, chamando a atenção dos alunos para o fato de que no MRU o carrinho robô percorrer distâncias iguais em tempos iguais e, no caso do MRUV, as distâncias aumentarem ou diminuir com o passar do tempo. Pode-se destacar também, a questão do ritmo constante no primeiro movimento e variado no segundo, bem como classificar o movimento em progressivo ou retrógrado, retardado ou acelerado dependendo da orientação que se escolher para o movimento do carrinho robô em relação ao referencial adotado e ao sinal da aceleração. Com relação a este aspecto é importante destacar que o tamanho do carrinho robô também permite ao professor destacar a diferença entre ponto material e corpo extenso: pode-se comentar que se o estudo for feito mediante um cronômetro o observador deve escolher um ponto referência do corpo, porém, se escolher estudar o movimento pelos dados

coletados pelo próprio carrinho robô, então se deve considerar o ponto onde o sensor de posição está localizado. A ideia de movimento relativo também pode ser trabalhada tendo em vista que dependendo da velocidade da pista o carrinho robô, mesmo em movimento, pode ser considerado parado. Enfim, outra exploração qualitativa que pode ser trabalhada com a plataforma é em relação à diferenciação do conceito de velocidade média e velocidade instantânea. O professor pode, dependendo da posição dos palitos marcadores, fazer o tempo tender a zero e, nesse caso, obter uma velocidade mais próxima de um determinado instante.

- b) Com relação ao aspecto quantitativo o estudante pode ser desafiado a estudar o movimento levantando dados e tratando-os estatisticamente a partir de cálculos de média, desvio padrão e Algarismos Significativos. Há também a exploração quanto à determinação de funções horárias que descrevem o movimento a partir da construção de tabelas e gráficos.
- c) Em relação ao grau de direcionamento das atividades experimentais que podem ser realizadas, há que se considerar a possibilidade de o professor utilizar o carrinho robô para demonstrações. Podendo ser fechadas ou abertas. Se o docente desejar utilizar o carrinho robô como um instrumento de demonstração fechada, basta manuseá-lo sozinho, explicando os conceitos relativos à cinemática que destacamos no item a. Por outro lado, ele pode fazê-la de maneira aberta, apresentando situações que desencadeiem discussões com alunos. Assim, por exemplo, ele pode colocar o carrinho para movimentar-se sobre a pista e, em seguida, puxar a pista longitudinalmente com uma velocidade igual em intensidade, direção e sentido oposto ao do movimento do carrinho robô e perguntar se o carrinho robô está ou não em movimento: esta demonstração, bem como outras, podem permitir uma participação mais ativa dos alunos em sala de aula, mesmo sem manipular o instrumento.
- d) Do ponto de vista de um direcionamento para a verificação da teoria, o carrinho é programado para deslocar-se com determinado tipo de movimento: com velocidade constante ou com aceleração constante. A partir daí, o professor pode solicitar aos alunos para verificar o poder de previsão das equações horárias em relação às posições ocupadas pelo carrinho robô sobre a pista.
- e) Se considerarmos a proposição de um problema, como por exemplo: “Qual será a posição de encontro de dois carrinhos robôs se estes entrarem em movimento quando distantes entre si 60 cm?” o professor levará os alunos à busca por respostas e muitas possibilidades de exploração. Note que, por exemplo, se pode perguntar: “Ambos os

carrinhos se movem em MRU, em MRUV ou um se move em MRU e o outro em MRUV?"; "Será que se a pista estiver recoberta por uma lixa isso influenciará na posição de encontro ou não? Por quê?"

- f) O uso do carrinho robô pode permitir ao estudante e ao professor a oportunidade de contatos com as novas tecnologias, não somente pela questão da robótica, mas como outros instrumentos acessórios, como por exemplo, o uso de softwares para construção de tabelas e de gráficos e para a apresentação de dados e discussão de resultados. O uso dos softwares *Excel* e do *Power Point*, por exemplo, podem ser recursos disponíveis nas escolas que podem ser utilizados com facilidade em sala.
- g) A relação com o cotidiano pode ser fartamente explorada em sala de aula a partir do uso da plataforma, pois há motivação para discussões relativas à questão histórica do desenvolvimento dos motores, dos automóveis e a facilitação dos transportes que antes eram feitas por tração animal. Por outro lado, pode-se problematizar essa situação propondo a análise da questão do tempo perdido nos congestionamentos de trânsito, dos acidentes provocados pela violência do trânsito, além dos problemas gerados pela poluição. Há espaço também para reflexões sobre o avanço da robótica na sociedade, suas contribuições e seu impacto no emprego, tendo em vista a automatização da indústria, etc.
- h) Enfim, se o professor desejar realizar uma atividade na qual o estudante construa o próprio equipamento experimental, pode solicitar que ele monte a plataforma, programando-a utilizando os próprios comandos de programação disponíveis no anexo III deste trabalho como base para suas ações.

4.5 – Análise do protótipo em condições reais de sala de aula

Com relação ao potencial do protótipo em desencadear interações sociais úteis ao processo de ensino e de aprendizagem em Física, buscamos categorizar a fala dos estudantes e do professor a partir dos constructos propostos por Wertsch (1984).

Nossa intenção foi identificar a existência ou não de situações dialógicas que oportunizassem interações estabelecidas dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos alunos.

Em função do protótipo foi possível o estabelecimento de uma definição de situação inicial: “Quanto tempo demora para que esse carrinho, saindo daqui, chegue na cidade de Roseira”? (distância de 5 km informada durante a aula)

Foi a partir dessa situação problema que se buscou envolver os estudantes em interações sociais que lhes propiciassem compreensão e entendimento sobre os conceitos relativos à cinemática: referencial, trajetória, distância percorrida, posição, deslocamento, velocidade e aceleração.

A situação problema proposta foi avaliada pelo professor como adequada para se estabelecer na ZDP dos alunos. Em função das diferenças individuais de cada estudante, para que a questão fosse respondida, era de se esperar que desafios preliminares exigissem reformulações da definição de situação, ou seja, que ocorresse a intersubjetividade na interação social.

Para facilitar esse processo, o professor propôs um guia de estudo para os alunos seguirem com vistas à realização da tarefa. Nesse guia, o professor propõe uma sequência de tarefas que, se executadas, permitem a resolução do problema. Assim sendo, cada tarefa já se constitui, por si só, numa redefinição da situação.

A seguir apresentamos excertos das interações dialógicas estabelecidas entre os alunos e destes com o professor que caracterizam situações de intersubjetividade:

27- Aluna Bar: O tempo está errado “Sor”, deu 1200 segundos

28- Professor: Presta atenção aqui pessoal, na verdade o tempo está sendo marcado em milissegundos e a unidade de distância a ser utilizada é centímetro, são essas as unidades que vocês vão colocar na tabela para depois construir o gráfico.

74- Aluno Abn: Meu tempo “tá” dando 1300 e pouco, “tá” certo?

75- Professor: É que o tempo está em milissegundos, dá uma olhada aí.

263- Aluno Gus: A velocidade está estranha aqui, “tá” dando 73,33 m/s, e ele não anda nem a pau 73 metros em um segundo.

Por essas falas é possível notar que os alunos têm dificuldades em trabalhar com as unidades na determinação da velocidade do carrinho. Mesmo o professor avisando e estando indicado isso no guia de estudo, o aluno evidencia sua dificuldade e, por isso, há oportunidade de reformulação na definição de situação proposta.

29- *Professor: Coloque os marcadores na posição que quiser e aperte o “play” no controle remoto para o carrinho andar, depois selecione uma velocidade e fique ali para gravar os tempos com o celular. (Indicando onde o aluno deveria ficar)*

30- *Aluno Fla: Não pode deixar assim mesmo? (Falando sobre os marcadores)*

31 – *Professor: Poder pode, mas ai perde a graça, você vai ter um gráfico com os mesmos pontos do outro grupo.*

36- *Aluno Mat: Posso colocar onde eu quiser, né “Sor”?* (Com as mãos nos marcadores)

Na sequência destacada, o aluno Fla demonstra não compreender o objetivo de se poder alterar os marcadores de posição. Isso reflete uma dúvida quanto ao significado de referencial. Já o aluno Mat, em função da fala do professor, busca adotar o procedimento indicado. Como destaca Vigotski (2001), as interações que ocorrem na ZDP dos estudantes requerem que o professor esteja disponível para servir de modelo às suas ações, pois, num primeiro momento o aprendiz copia a ação do parceiro mais capaz em nível interpsicológico para, em um segundo momento, em nível intrapsicológico, interiorizar o aprendizado e adiantar seu desenvolvimento.

69- *Aluno Mat: “Sor”, o X_0 é Zero ou o 20 (cm)?*

70- *Professor: Foi o ponto que você colocou o primeiro marcador.*

106- *Aluna Mel: “Sor”, eu tenho cinco posições e só quatro tempos, não está faltando um tempo?*

107- *Professor: Não, é que o primeiro tempo é zero, quando ele passa pelo primeiro marcador o cronômetro dispara e ele começa a marcar.*

112- *Aluno Gus: O primeiro tempo aqui é Zero, né “Sor”?*

113- *Professor: Isso, é no primeiro marcador que ele começa a contar.*

Professor chama a atenção da sala.

114- *Professor: Galera, presta atenção aqui rapidinho. Na tabela de vocês está assim, né? X_0 , X_1*

Professor desenha a tabela na lousa.

115- *Professor: A posição X_0 é o primeiro marcador, onde estava o primeiro palitinho.*

Por essa outra sequência de falas nota-se outra dificuldade dos alunos: a de se montar a tabela com os dados. Mais uma vez o professor intervém e oferece explicações aos estudantes.

134- *Aluno Fla: Como eu monto o gráfico? Se eu fizer aqui de 10 (cm) em 10 (cm) não vai caber.*

Referindo-se as marcações na folha milimetrada para construir o gráfico.

135- *Professor: Não mesmo, ai a gente vai ter que pensar um pouco, o seu gráfico tem que ir até quanto?*

136- *Aluno Fla: vai até 146.*

137- *Professor: E quantos marcações grandes tem na folha?*

138- *Aluno Fla: tem 10*

139- *Professor: Então use cada marcação grande dessa equivalente a 15 cm.*

140- *Aluno Fla: Vai dar certinho “Sor”.*

167- *Professor: Para montar o gráfico, basta fazer igual batalha naval, lembra do joguinho? Coloco o meu lápis na posição 20 cm e 0 no eixo do tempo, depois 40 cm e faço um pontilhado até o 1000 ms no eixo do tempo, e assim vai. Certo, galera? Façam esse gráfico ai, não se esqueçam de somar os tempos.*

Nessa outra sequência, o professor tem a oportunidade de identificar as dificuldades dos alunos com a construção de gráficos em escala.

Em outra circunstância em sala de aula, sem a atividade experimental proposta, os estudantes teriam dificuldade em expor e o professor encontraria obstáculos para identificar as principais dúvidas dos estudantes.

A partir das constantes oportunidades de redefinir a situação, há um avanço significativo na superação das limitações de comunicação em sala de aula.

Outra contribuição para essa superação diz respeito à atribuição de significados dados às novas palavras, símbolos, e representações. Esse processo ocorre quando se estabelece oportunidades de mediação semiótica. A seguir apresentamos alguns trechos que enfatizam esse aspecto da interação social desencadeada pela proposta experimental:

1- *Professor: Bom dia alunos, este carrinho que vocês estão vendo faz parte de um projeto de mestrado e a turma de vocês foi escolhida para testá-lo e ver se com ele vocês fixam melhor o conteúdo e também se gostam de trabalhar com ele. Esta é uma plataforma para o estudo de cinemática, a diferença desse carrinho para um carrinho de controle remoto comercial é que ele possui dois motores independentes que podem operar tanto com velocidade constante, como acelerar durante o percurso e fazer movimentos circulares com velocidade constante ou acelerando, ou seja, apenas alterando a programação dessa placa azul chamada Arduino (o professor aponta para a placa Arduino), podemos executar quatro tipos de experiências diferentes com esse mesmo carrinho. Esses “palitinhos” fixados aqui nesta pista (mostrando a pista com os marcadores) são marcadores para o sensor de presença do carrinho.*

2- *Aluno Mat: Igual aquele do banco?*

3- *Professor: Do banco?*

4- *Aluno Mat: Aqueles de filme, que o cara entra e dispara o alarme.*

11- *Aluna Bar: Ele anda no chão?*

12- *Professor: Anda, mas no chão não vai ter os marcadores então ele vai embora até acabar a pilha.*

13- *Aluna Bar: Ah é mesmo.*

Na fala inicial do professor, percebe-se que o experimento ofereceu oportunidade de contextualização para explicar o significado que atribuía à palavra “marcadores”. Além disso, a explicação da montagem experimental permitiu que o aluno estabelecesse uma relação com a aplicação de uma palavra que era utilizada por ele em outra condição do seu cotidiano (momento em que se refere ao uso de sensores para disparar alarmes em banco).

69- Aluno Mat: “Sor”, o X_0 é Zero ou o 20 (cm)?

70- Professor: Foi o ponto que você colocou o primeiro marcador.

106- Aluna Mel: “Sor”, eu tenho cinco posições e só quatro tempos, não está faltando um tempo?

107- Professor: Não, é que o primeiro tempo é zero, quando ele passa pelo primeiro marcador o cronômetro dispara e ele começa a marcar.

108- Aluna Mel: Entendi...

Aqui o professor aproveita para mediar o significado da simbologia X_0 como posição inicial assumida pelo móvel no início do movimento.

De forma geral, pode-se notar que a atividade experimental contribuiu para o desencadeamento de interações sociais dentro da ZDP dos alunos, pois ocorreram oportunidades de mediação semiótica, definição de situação e intersubjetividade.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em um Programa de Pós-Graduação de mestrado profissional. Assim sendo, tem como característica importante o desenvolvimento de um produto que, nascido da pesquisa e da inovação, possa contribuir com a melhoria do Ensino de Ciências.

A análise em sala de aula da plataforma robótica que foi concebida para atender às expectativas de um recurso experimental rico em opções a serem exploradas pelo professor no sentido de dinamizar suas aulas, mostrou que oferece diferentes potenciais ao processo de ensino e de aprendizagem nas aulas de cinemática.

Nossa avaliação da utilização deste recurso mostrou que ele tem potencial para contribuir, e muito, com a realidade das aulas de Física, em especial das escolas públicas, no sentido de alterar a posição passiva que boa parte dos estudantes ocupam no processo de ensino e de aprendizagem dessa Ciência tão importante para a compreensão da sociedade em que vivemos.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. **Future of learning group publication**, 5(3), 438.2001.
- AGUIRRE, L. A.; DA SILVA, A.P.A.; CAMPOS, M.F.M; DO AMARAL, W.C. **Enciclopédia de Automática: Controle e Automação**. Editora Blucher: São Paulo, Vol.3 (Robótica). 2007.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.
- BAJRACHARYA, M.; MAIMONE, M.W.; HELMICK, D. Autonomy for Mars Rovers: Past, Present, and Future". **IEEE Computer**, Vol. 41, Issue 12, Dec. 2008 p.44-50, 2008.
- BLOSSER, P. E. A Critical Review of the Role of the Laboratory in Science Teaching. Columbus, OH. **ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education**, 1980.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares nacionais: Ensino Médio, bases legais**. Brasília: MEC, 1999.
- BRASÍLIA. **Anuário Brasileiro da Educação Básica** 2012. 160p. Disponível em: <http://pnld.moderna.com.br>. Acesso em 04/06/2015.
- CANNON, K.; LAPOINT, M. A.; BIRD, N., PANCIERA, K., VEERARAGHAVAN, H., PAPANIKOLOPOULOS, N.; GINI, M. No fear: University of Minnesota Robotics Day Camp introduces local youth to hands-on technologies. Robotics and Automation, 2006. ICRA. **Proceedings 2006 IEEE International Conference** (pp. 363–368). 2006.
- COELHO, S. M et al. Conceitos, Atitudes de Investigação e Metodologia Experimental como Subsídio ao Planejamento de Objetivos e Estratégias de Ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 122-49, 2000.
- COELHO L.; PISONI ,S. Vigotsky: sua teoria e a influência na educação. **Revista e - p e d - f a c o s / c n e c o s ó r i o**, v o l . 2 - n ° 1 - a g o / 2 0 1 2.

REGO, C. T, **Vygotsky**: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1999.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

DEMO, P. **Pesquisa**: princípio científico e educativo. São Paulo: Cortez, 2001.

EBLING, S. D. Reflexões sobre a educação na contemporaneidade. Revista Eletrônica de Ciências da Educação, n.9, v.2, 2012.

FITTIPALDI, C. B. Conceitos centrais de Vigostki: implicações pedagógicas. **Revista Educação**. I (2), 2006.

FREIRE & PAPERT. **O futuro da escola**. São Paulo: TV PUC, 1996.

FREIRE, Paulo. **A Educação na Cidade**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001

GASPAR; MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 2, p. 2, 2005.

GASPAR. Museus e centros de Ciências. In: ARAÚJO, E.S.N.N; CALUZI, J.J; CALDEIRA, A.M.A. **Divulgação científica e ensino de Ciências**: Estudos e experiências. São Paulo: Escrituras, 2006. 7, cap. 6, p.141-189.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS EDUCACIONAIS – INEP. **Resultados preliminares PISA 2009**. Disponível em http://www.inep.gov.br/downloads/internacional/pisa/2010/pisa2009/apresentacao_resultados_divulgacao.ppt. Acesso em 10 de jun. de 2015.

IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky**. Recife, Fundação Joaquim Nabuco: Editora Massangana, 2010, 140 p.

JUNG, C. R.; OSÓRIO, F. S.; KELBER, C.; HEINEN, F. Computação embarcada: Projeto e implementação de veículos autônomos inteligentes”, In: Anais do CSBC’05 **XXIV Jornada de Atualização em Informática** (JAI). São Leopoldo, RS: SBC, v. 1, p. 1358–1406, 2005. Disponível em: <http://osorio.wait4.org/palestras/jai2005.html> (Acesso em 08/02/2015).

KEATHLY, D.; AKL, R. Attracting and Retaining Women in Computer Science and Engineering: Evaluating the Results. **ASEE Annual Conference**. 2007.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias de Ensino Presencial e a Distância**. Campinas: Papyrus, 2003.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A Relação com o Saber Profissional do Professor de Física e o Fracasso da Implementação de Atividades Experimentais no Ensino Médio. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

LASTRES, H. M. M.; ALBAGLI, S. (Orgs.). **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

MARTIN, F.; MIKHAK, B.; RESNICK, M.; SILVERMAN, B.; BERG, R. **To mindstorms and beyond: Evolution of a construction kit for magical machines**. Robots for kids: Exploring new technologies for learning (pp. 9–33). San Francisco: Morgan Kaufmann. 2000.

MAXWELL, J. W. Re-situating Constructionism. **The International Handbook of Virtual Learning Environments**, 279–298, 2006.

MCWHORTER, W. **Turtles and beyond: A history of programmable robots**. Unpublished manuscript, 2005.

MENEZES, E. T. de; SANTOS, T. H. dos. Contextualização (verbete). **Dicionário Interativo da Educação Brasileira** - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002, disponível em: <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=55>, visitado em 4/7/2015.

MINAYO, M.C.S. (1993) **O Desafio do Conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 2.ed., São Paulo: Hucitec/ Abrasco.

MONTEIRO, M. A. A. **Interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais: um estudo do discurso do professor e as argumentações construídas pelos alunos**. Bauru/SP, 2002.204p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências), UNESP, Campus de Bauru.

MONTEIRO, M.A.A; GERMANO, J. S. E.; MONTEIRO, I.C.C. a utilização de recursos multimídias em aulas de física a partir do referencial teórico de Vigotski. In: **XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, 2008, Curitiba.

MONTEIRO, M.A.A.; MONTEIRO, I.C.C.; GERMANO, J.S.E.; SIEVERS JUNIOR, F. **PROTÓTIPO DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL O ESTUDO DA**

CINEMÁTICA REALIZADA REMOTAMENTE Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 1: p. 191-208, abr. 2013

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C.N. Uma visão sócio-interacionista e situada dos conceitos e a internalização em Vygotsky. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em ciências**. Atas. Águas de Lindóia, 2013.

NORDSTROM, G.; REASONOVER, G.; Hutchinson, B. Attracting Students to Engineering Through Robotics Camp. **ASEE Southeast Section Conference**, 2009.

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

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno catarinense de ensino de Física**. Florianópolis. Vol. 13, n. 3, 1996, p. 184-196.

PIRES, J.N. Robótica: das máquinas gregas à moderna robótica industrial. **Jornal Público**. Caderno de computadores de 1 a 8 de julho de 2002.

PORTUGAL, C. A. Discussão sobre Empirismo e Racionalismo no problema da origem do conhecimento. **Diálogos & Ciência**, Ano I, n. 1, dez. 2002.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A. ; HEWSON, P. W. ; GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception : toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66 , n.2, 1992. p. 211-227.

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

Ribeiro, Célia Rosa. "**Robôcarochinha: um estudo qualitativo sobre a robótica educativa no 1º ciclo do ensino básico.**" (2006).

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

ROSA, C. W.; ROSA, A.B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación** n.º 58, V. 2. Disponível em: <http://www.rieoei.org/deloslectores/4689Werner.pdf>. Acesso em 15/02/12.

SARGENT, R.; RESNICK, M., MARTIN, F.; SILVERMAN, B. Building and learning with programmable bricks. Constructionism in **practice**: Designing, thinking and learning in a digital world, 161–174, 1996.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: O Racionalismo Crítico **Cad.Cat.Ens.Fis.**, v.13,n3: p.197-218, dez.1996.

STEHR, N. **Knowledge societies**. Londres: Sage, 1994.

TRIVELATO, S.F. Perspectivas para a formação de professores. In: **3ª Escola de verão para professores de prática de ensino de Física, Química e Biologia**, 1994. São Paulo. Coletânea. São Paulo: FEUSP, 1995.

ÜÇGÜL, M. History and Educational Potential of LEGO Mindstorms NXT. **Mersin University Journal of the Faculty of Education**, Vol. 9, Issue 2, August 2013, pp.127-137.

ULLRICH, R. A. **Robótica – Uma Introdução**. O porquê dos robôs e seu papel no trabalho. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WILLIAMS, D., Ma, Y., PREJEAN, L., & FORD, M. Acquisition of Physics Content Knowledge and Scientific Inquiry Skills in a Robotics Summer Camp. **Journal of Research on Technology in Education**, 40(2), 201–216, 2008.

WOLF, D. F. and SUKHATME, G. S. Mobile Robot Simultaneous Localization and Mapping in Dynamic Environments. **Autonomous Robots**, v.19, n.1, pp. 53-65. 2005.

ZANELLA, A.V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Temas psicol.** vol.2 nº.2 Ribeirão Preto ago. 1994.

Anexo I – Guia de estudo MRU

1 – Objetivos:

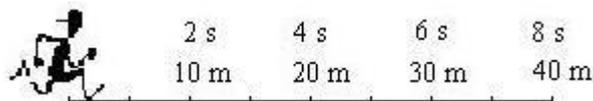
Neste experimento você irá aprender a:

- Coletar dados relativos a um movimento;
- Organizar os dados obtidos em uma tabela;
- Construir gráficos a partir dos dados de uma tabela;
- Escrever equações que descrevem um movimento retilíneo uniforme;
- Compreender a velocidade como uma grandeza vetorial e que, portanto, tem módulo, direção e sentido;
- Diferenciar um movimento progressivo de um movimento retrógrado em função do sinal da velocidade;
- Determinar a posição de encontro de dois móveis.

2 – Introdução Teórica:

Quando um móvel descreve uma trajetória em linha reta com velocidade constante dizemos que ele realiza um **movimento retilíneo uniforme** - MRU.

Para estudarmos este tipo de movimento usamos a **função posição em relação ao tempo** que é obtida a partir da equação de determinação da velocidade média, tendo um sistema de referência adequado como o demonstrado abaixo:



Nesse sistema, que é apenas um exemplo, temos a origem em 0 e a posição inicial $X_0 = 0$ no tempo inicial $t_0 = 0$. A posição final é $X = 40$ m no instante $t = 8$ s.

Deduzindo a Função posição em relação ao tempo:

$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{(X - X_0)}{(t - t_0)}$ → Podemos admitir que $t_0 = 0$, para isso basta supor o início da cronometragem do movimento tenha sido feito com o cronômetro zerado. Assim:

$$V = \frac{(X - X_0)}{t} \rightarrow V \cdot t = (X - X_0) \rightarrow \boxed{X = X_0 + V \cdot t}$$

Função horária da posição

O estudo de um movimento pode ser feito tanto pela função matemática que o descreve como por meio dos gráficos correspondentes. Os gráficos permitem uma melhor visualização da forma como variam as grandezas que descrevem o movimento.

Gráfico posição versus tempo do MRU

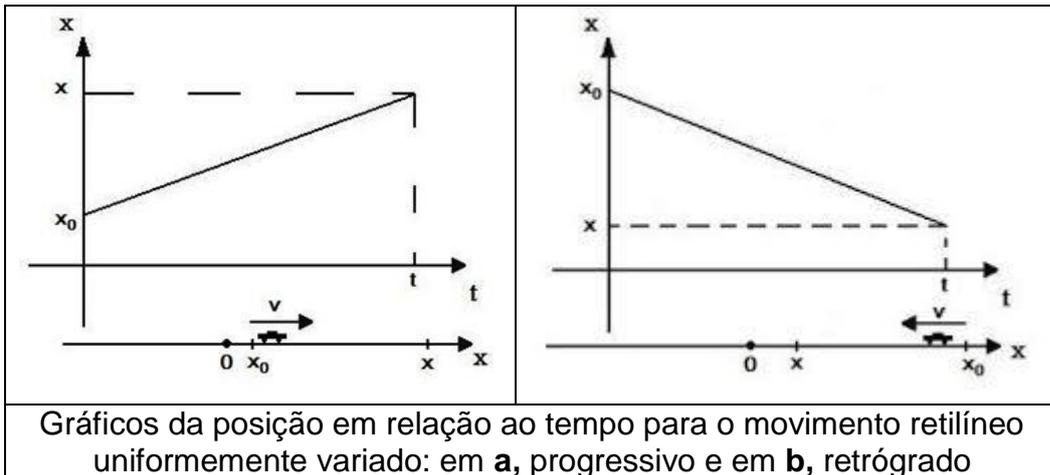
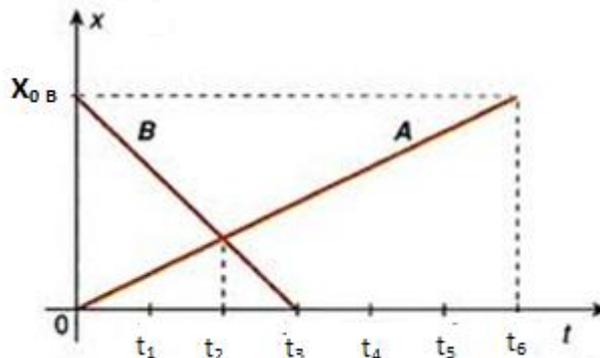


Gráfico do encontro de dois móveis em MRU



No gráfico acima no cruzamento das retas que representam o movimento do móvel A (movimento retrógrado) e do móvel B (movimento progressivo) se dá a posição e o instante de encontro entre os dois.

3 – Material Utilizado:

- 1 cronômetro;
- 1 carrinho robô;
- 1 pista com marcadores.

4 – Procedimentos:

1. Conecte o cabo USB que liga a placa Arduino ao computador e abra o programa feito com o Arduino com o nome do módulo desejado, no caso MRU.
2. Carregue a programação na placa Arduino clicando na seta para a esquerda logo abaixo da aba “Edit”, ou ir na aba “File”, e clicar no comando “Upload”, se preferir use as teclas de atalho CTRL + U.
3. Conecte as baterias.
4. Coloque o carrinho robô no início da pista, fixe os palitos (marcadores) nas posições em que deseja coletar os dados. (Para que o carrinho pare no final do percurso são necessários que sejam colocados os cinco marcadores).
5. Agora, utilize o controle remoto para selecionar o MRU e inicie o movimento.
6. Quando o carrinho passar pelo primeiro marcadores dispare o cronômetro e anote os dados de posição ($X=0$) e tempo ($t=0$) na tabela no item resultados.
7. Quando o carrinho passar pelo segundo marcador anote o tempo e a posição na tabela e repita esse procedimento para todos os marcadores.
8. Com os dados construa da tabela construa o gráfico da posição *versus* tempo no espaço indicado no item resultados.
9. Trace a reta média que passa pela maioria dos pontos marcados no gráfico.
10. Calcule a velocidade do carrinho robô a partir da inclinação da reta do gráfico, como indicado no item resultados.
11. Com os dados da velocidade e da posição inicial, escreva a equação horária do movimento.
12. Agora, utilizando o controle remoto, consulte os dados indicados na tela do carrinho robô.
13. Com os dados obtidos pelo carrinho robô construa o gráfico da posição *versus* tempo no espaço indicado no item resultados.
14. Trace a reta média que passa pela maioria dos pontos marcados no gráfico.
15. Calcule a velocidade do carrinho robô a partir da inclinação da reta do gráfico, como indicado no item resultados.
16. Com os dados da velocidade e da posição inicial, obtidos no carrinho robô, escreva a equação horária do movimento.
17. Junte-se com outro grupo e faça os carrinhos se moverem um de encontro ao outro (movimento de mesma direção, porém de sentido contrário). Preveja, a partir das equações onde eles vão se encontrar. Observe a posição de encontro desses móveis e anote no item resultados.

5 – Resultados Obtidos:

TABELA I - POSIÇÃO VERSUS TEMPO (medidos por você)

Faça o cálculo da média e do desvio padrão

Alunos	Posição (cm)	t ₀ (s)	t ₁	dt ₁	t ₂ (s)	dt ₂	t ₃ (s)	dt ₃	t ₄ (s)	dt ₄
A	X ₀									
B	X ₁									
C	X ₂									
D	X ₃									
E	X ₄									
média	XXXXXXXX	XXXXX	\bar{t}_1	\overline{dt}_1	\bar{t}_2	\overline{dt}_2	\bar{t}_3	\overline{dt}_3	\bar{t}_4	\overline{dt}_4

$$\bar{t}_1 = \frac{t_{1A} + t_{1B} + t_{1C} + t_{1D} + t_{1E}}{5} =$$

$$\bar{t}_2 = \frac{t_{2A} + t_{2B} + t_{2C} + t_{2D} + t_{2E}}{5} =$$

$$\bar{t}_3 = \frac{t_{3A} + t_{3B} + t_{3C} + t_{3D} + t_{3E}}{5} =$$

$$\bar{t}_4 = \frac{t_{4A} + t_{4B} + t_{4C} + t_{4D} + t_{4E}}{5} =$$

$$dt_1 = |t_1 - \bar{t}_1| =$$

$$dt_2 = |t_2 - \bar{t}_2| =$$

$$dt_3 = |t_3 - \bar{t}_3| =$$

$$dt_4 = |t_4 - \bar{t}_4| =$$

$$\overline{dt}_1 = \frac{dt_{1A} + dt_{1B} + dt_{1C} + dt_{1D} + dt_{1E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_2 = \frac{dt_{2A} + dt_{2B} + dt_{2C} + dt_{2D} + dt_{2E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_3 = \frac{dt_{3A} + dt_{3B} + dt_{3C} + dt_{3D} + dt_{3E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_4 = \frac{dt_{4A} + dt_{4B} + dt_{4C} + dt_{4D} + dt_{4E}}{5} =$$

$$t_1 = \bar{t}_1 \pm \overline{dt}_1$$

$$t_2 = \bar{t}_2 \pm \overline{dt}_2$$

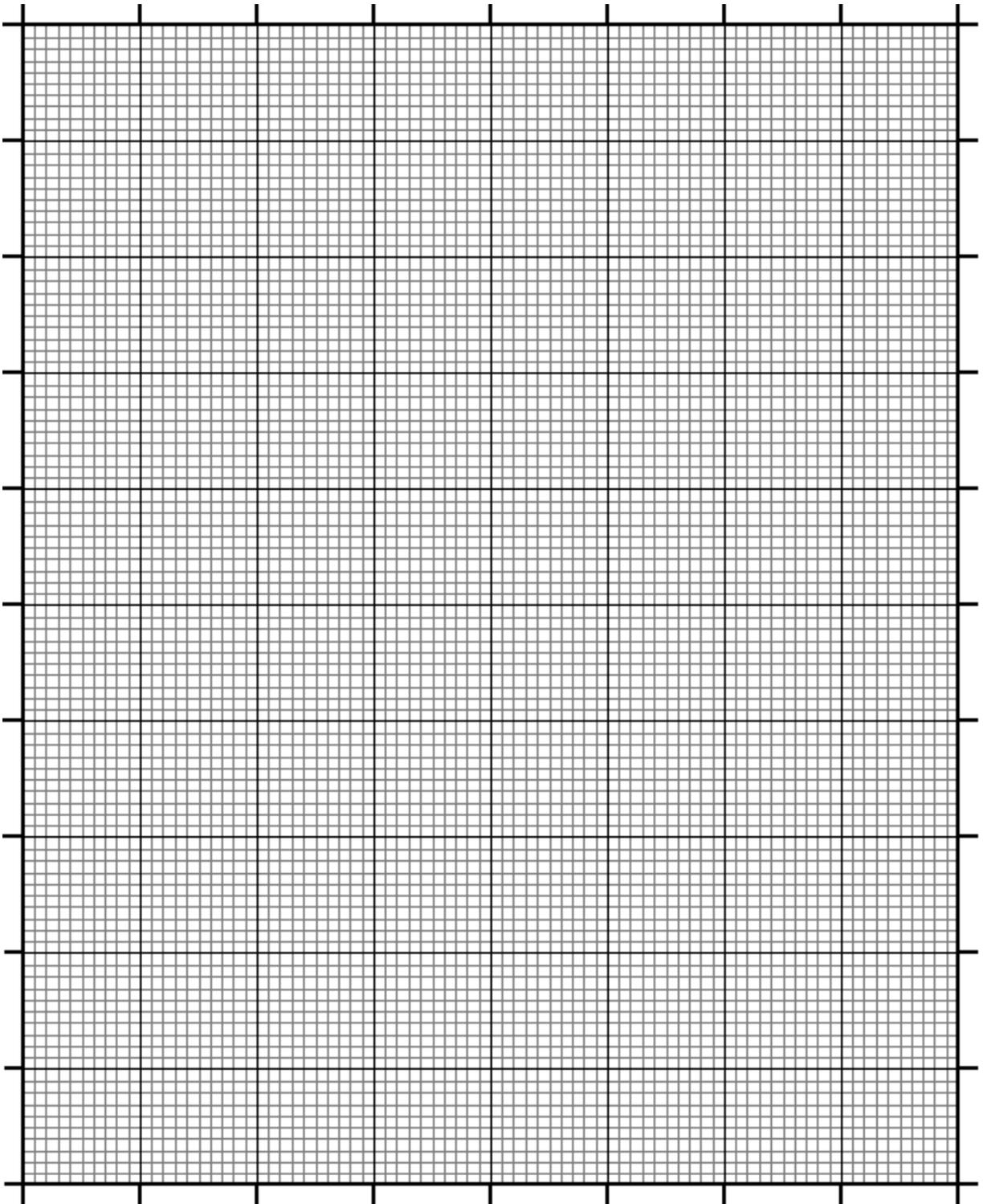
$$t_3 = \bar{t}_3 \pm \overline{dt}_3$$

$$t_4 = \bar{t}_4 \pm \overline{dt}_4$$

Tabela II – Posição versus o tempo (dados tratados)

Posição (cm)	Tempo (s)
\bar{X}_0	t_0
\bar{X}_1	t_1
\bar{X}_2	t_2
\bar{X}_3	t_3
\bar{X}_4	t_4

**GRÁFICO DA POSIÇÃO VERSUS O TEMPO (com os dados medidos por
você)**



CÁLCULO DA VELOCIDADE PELA INCLINAÇÃO DA RETA

$$V = \operatorname{tg}\theta = \frac{\text{CATETO OPOSTO}}{\text{CATETO ADJACENTE}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO:

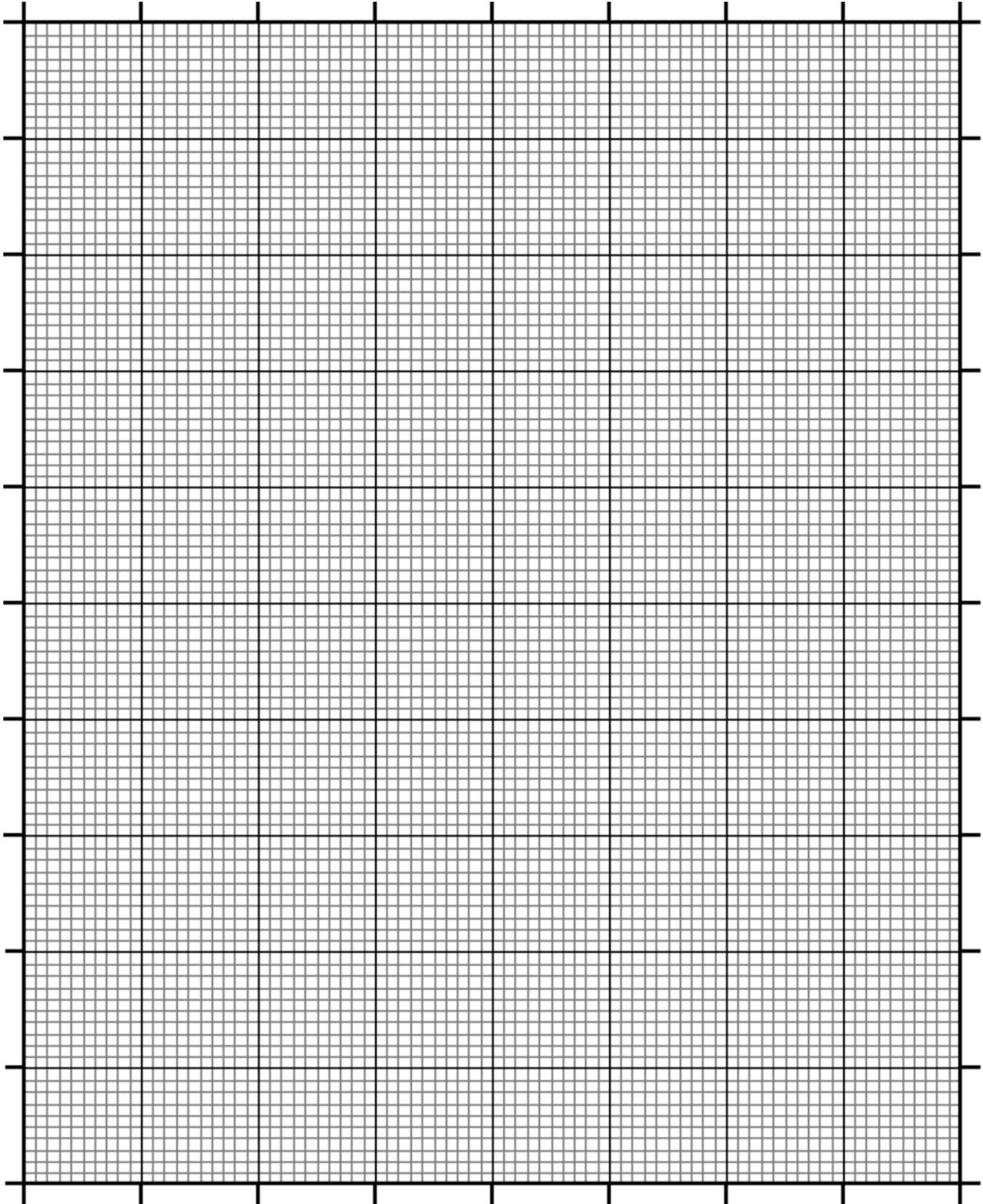
$X_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

$V = \underline{\hspace{2cm}}$

$$X = X_0 \pm vt$$

TABELA POSIÇÃO VERSUS TEMPO (medidos no carrinho robô)

x	t
$X_0 =$	
$X_1 =$	
$X_2 =$	
$X_3 =$	
$X_4 =$	

Gráfico da posição versus o tempo (com os dados do carrinho robô)**CÁLCULO DA VELOCIDADE PELA INCLINAÇÃO DA RETA**

$$V = \operatorname{tg}\theta = \frac{\text{CATETO OPOSTO}}{\text{CATETO ADJACENTE}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO:

$$X_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$X = X_0 \pm vt$$

DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE ENCONTRO DOS DOIS MÓVEIS:

Posição de encontro observada $X = \underline{\hspace{2cm}}$



$$X_A = X_{0A} + V_A t$$

$$X_B = X_{0B} - V_B t$$

Para o encontro

$$X_A = X_B$$

6 – Conclusão

Para sua conclusão, pense nas seguintes questões e discuta com seus colegas para depois apresentar sua opinião em plenária com toda a classe e o professor:

- 1 – Os Gráficos obtidos indicam uma função crescente ou decrescente?
- 2 – Qual a relação da função obtida (crescente ou decrescente) com relação ao sinal da velocidade?
- 3 – Por que o sinal da velocidade obtida foi positivo ou negativo? Qual a relação desse sinal com o referencial adotado? Nesse caso o movimento é progressivo ou retrógrado?
- 4 – Compare os dados obtidos por você e pelo carrinho robô. O que você conclui: tem diferença? A que você atribui essa diferença?
- 5 – A posição de encontro calculada foi aquela observada na situação experimental?

7 – Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Física**. v.1. São Paulo/BRA: Ática, 2000.

Anexo II – Guia de estudo MRUV

1 – Objetivos:

Neste experimento você irá aprender a

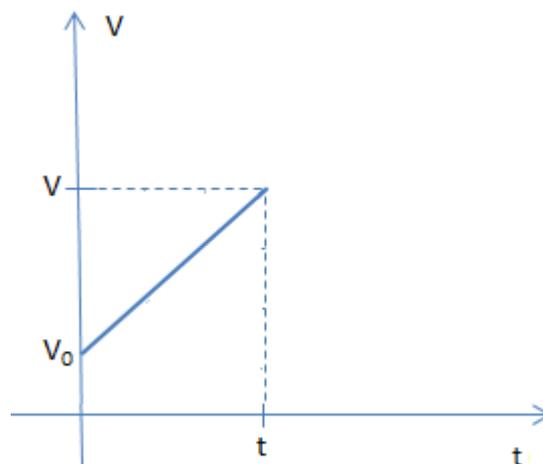
- Coletar dados relativos a um movimento;
- Organizar os dados obtidos em uma tabela com dados obtidos;
- Construir gráficos a partir dos dados de uma tabela;
- Escrever equações que descrevem um movimento retilíneo uniformemente variado;
- Compreender a velocidade e a aceleração como uma grandeza vetorial e que, portanto, tem módulo, direção e sentido;
- Diferenciar um movimento progressivo de um movimento retrógrado em função do sinal da velocidade e um movimento acelerado e retardado em função do sinal da aceleração;
- Determinar a posição de encontro de dois móveis: um descrevendo um MRU e outro descrevendo um MRUV.

2 – Introdução Teórica:

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), a trajetória é retilínea, mas a velocidade varia de maneira uniforme, ou seja, há uma aceleração constante.

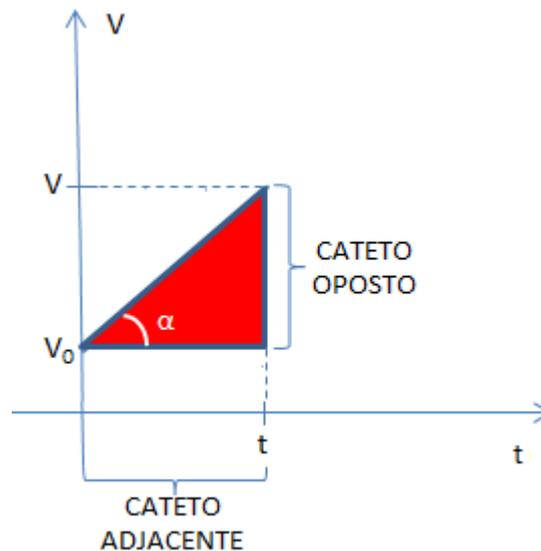
Nesse caso, imagine um automóvel em MRUV, que parte de uma posição inicial X_0 , como uma velocidade inicial V_0 e, ao longo do intervalo de tempo Δt varia sua velocidade para V . Assim, para um instante $t_0 = 0$ ele tem velocidade V_0 e, para um instante t , ele tem velocidade V .

Traçando o gráfico da velocidade pelo tempo desse automóvel em MRUV temos:



Esse gráfico, como você já sabe é o de uma função linear de primeiro grau, onde V é a variável dependente e t a variável independente.

Para calcular o coeficiente angular da reta, fazemos:



$$\operatorname{tg} \alpha = a = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - V_0}{t - t_0}$$

Considerando que o instante $t_0 = 0$, temos que

$$a = \frac{V - V_0}{t}$$

$$V - V_0 = at$$

$$V = V_0 + at \quad (\text{I})$$

A partir dessa função, conhecida como função horária da velocidade, você consegue determinar a velocidade de ponto material, em MRUV, em qualquer instante de sua trajetória.

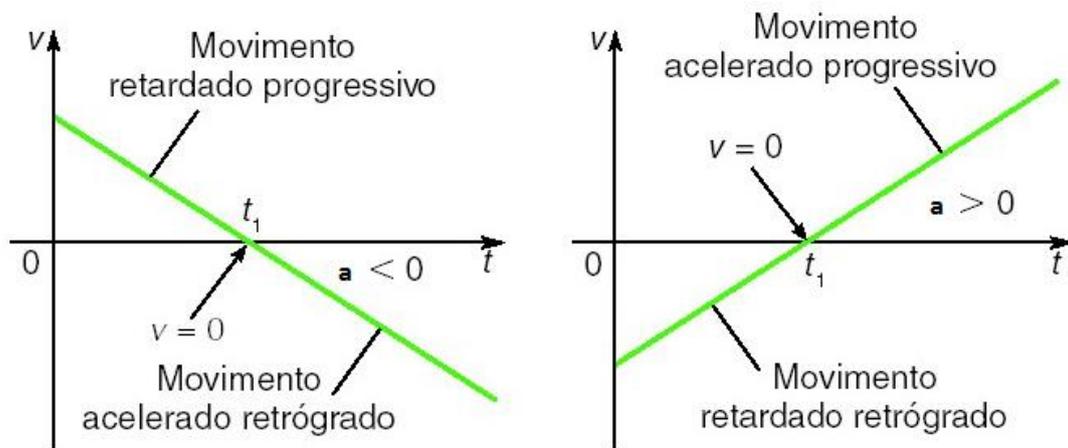
2.1 – Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado e Movimento Retilíneo Uniformemente Retardado

Como sabemos, a velocidade e a aceleração são grandezas vetoriais e, portanto, são bem caracterizadas quando são definidos o módulo, a direção e o sentido. Porém, por estarmos estudando movimentos de trajetória retilínea, a direção não muda. Contudo, é importante ficarmos atentos não só ao módulo dessas grandezas, mas também ao sentido delas.

Considerando o sentido da velocidade e da aceleração no MRUV, podemos classificá-los em: acelerado ou retardado.

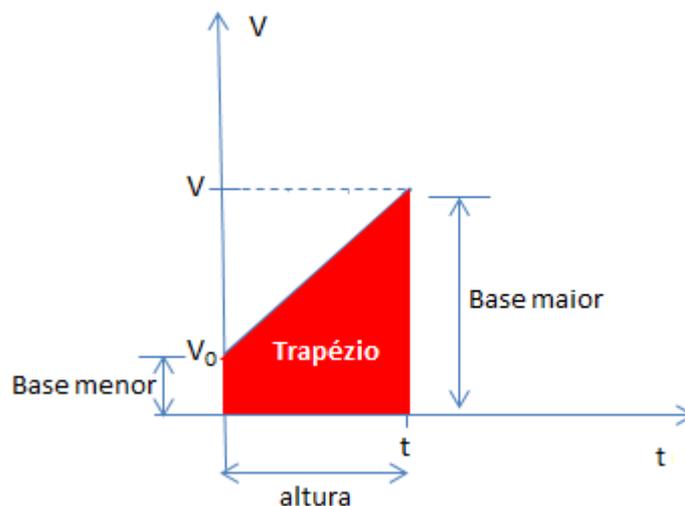
- No MRUV acelerado a velocidade e a aceleração têm o mesmo sentido, portanto, precisam ter o mesmo sinal, podendo então ser ambas positivas ou negativas.
- No MRUV retardado a velocidade e a aceleração têm sentidos contrários, portanto, precisam ter sinais contrários: uma negativa e outra positiva e vice-versa.

Agora, vamos fazer uma análise do MRUV, a partir do gráfico Velocidade versus o tempo:



2.3 – Função horária da Posição do MRUV

Para determinar a função horária da posição de um MRUV, podemos utilizar o gráfico da velocidade pelo tempo. É possível notar que a área da figura sob o gráfico V versus t é igual ao deslocamento do ponto material em movimento.



A figura sob o gráfico V versus t de um ponto material em MRUV é um trapézio. A área de um trapézio é dada expressão:

$$A_{\text{trapézio}} = \frac{\text{base maior} + \text{base menor}}{2} \cdot \text{altura}$$

Como a área da figura sob o gráfico V versus t de um ponto material em MRUV é igual ao deslocamento do móvel, então podemos escrever:

$$\Delta X = \frac{V + V_0}{2} \cdot t \quad (\text{V})$$

Como $\Delta X = X - X_0$, temos:

$$X - X_0 = \frac{Vt + V_0t}{2} \quad (\text{II})$$

Se retomarmos a função horária da velocidade de um ponto material em MRUV (I) e substituirmos na equação II, temos:

$$V = V_0 + at$$

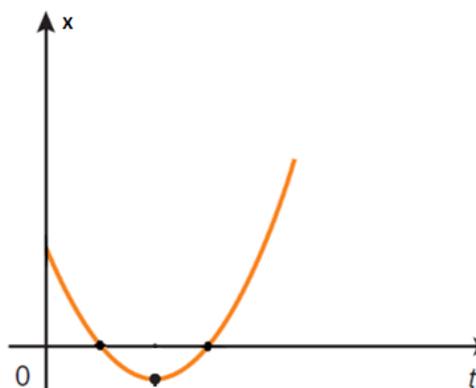
$$X - X_0 = \frac{V_0t + at^2 + V_0t}{2}$$

$$X - X_0 = \frac{2V_0t + at^2}{2}$$

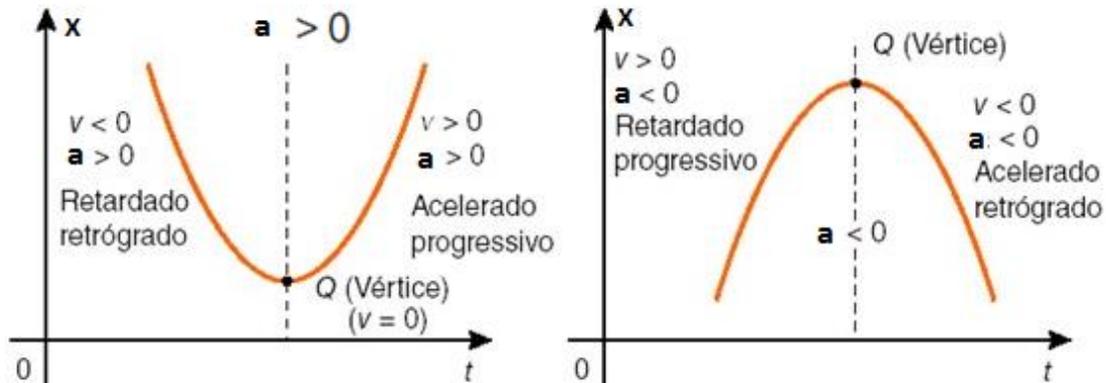
Assim, temos a função horária da posição de um ponto material em MRUV:

$$X = X_0 + V_0t + \frac{at^2}{2}$$

Perceba que é uma função típica de segundo grau, pois a posição X varia com o quadrado tempo. Portanto, o gráfico X versus tempo para um ponto material em MRUV é uma parábola, como pode se ver na figura a seguir:



Agora vamos fazer uma análise do MRUV, a partir do gráfico X versus t.



3 – Material Utilizado:

- 1 cronômetro;
- 1 carrinho robô;
- 1 pista com marcadores.

4 – Procedimentos:

1. Conecte o cabo USB que liga a placa Arduino ao computador e abra o programa feito com o Arduino com o nome do módulo desejado, no caso MRUV.
2. Carregue a programação na placa Arduino clicando na seta para a esquerda logo abaixo da aba "Edit", ou ir na aba "File", e clicar no comando "Upload", se preferir use as teclas de atalho CTRL + U.
3. Conecte as baterias.
4. Coloque o carrinho robô no início da pista, fixe os palitos (marcadores) nas posições em que deseja coletar os dados. (Para que o carrinho pare no final do percurso são necessários que sejam colocados os cinco marcadores).
5. Agora, utilize o controle remoto para selecionar o MRUV e inicie o movimento.
6. Agora, utilizando o controle remoto, consulte os dados indicados na tela do carrinho robô.
7. Com os dados obtidos pelo carrinho robô construa o gráfico da posição *versus* tempo no espaço indicado no item resultados.
8. Trace a curva média que passa pela maioria dos pontos marcados no gráfico.
9. Com os dados do construa o gráfico da velocidade versus o tempo do MRUV.
10. Com os dados do gráfico obtenha a função horária da velocidade.

11. Trace a reta média que passa pela maioria dos pontos marcados no gráfico.
12. Calcule a área sob o gráfico e compare com os dados de deslocamento real do carrinho robô.
13. Junte-se com outro grupo e faça os carrinhos se moverem um de encontro ao outro (movimento de mesma direção, porém de sentido contrário). Só que programe um para descrever um MRU e outro para descrever um MRUV. Preveja, a partir das equações, onde eles vão se encontrar. Observe a posição de encontro desses móveis e anote no item resultados.

5 – Resultados Obtidos:

TABELA I - POSIÇÃO VERSUS TEMPO

Faça o cálculo da média e do desvio padrão

Alunos	Posição (cm)	t ₀ (s)	t ₁	dt ₁	t ₂ (s)	dt ₂	t ₃ (s)	dt ₃	t ₄ (s)	dt ₄
A	X ₀									
B	X ₁									
C	X ₂									
D	X ₃									
E	X ₄									
média	Xxxxxxxx x	xxxx x	\bar{t}_1	\overline{dt}_1	\bar{t}_2	\overline{dt}_2	\bar{t}_3	\overline{dt}_3	\bar{t}_4	\overline{dt}_4

$$\bar{t}_1 = \frac{t_{1A} + t_{1B} + t_{1C} + t_{1D} + t_{1E}}{5} =$$

$$\bar{t}_2 = \frac{t_{2A} + t_{2B} + t_{2C} + t_{2D} + t_{2E}}{5} =$$

$$\bar{t}_3 = \frac{t_{3A} + t_{3B} + t_{3C} + t_{3D} + t_{3E}}{5} =$$

$$\bar{t}_4 = \frac{t_{4A} + t_{4B} + t_{4C} + t_{4D} + t_{4E}}{5} =$$

$$dt_1 = |t_1 - \bar{t}_1| =$$

$$dt_2 = |t_2 - \bar{t}_2| =$$

$$dt_3 = |t_3 - \bar{t}_3| =$$

$$dt_4 = |t_4 - \bar{t}_4| =$$

$$\overline{dt}_1 = \frac{dt_{1A} + dt_{1B} + dt_{1C} + dt_{1D} + dt_{1E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_2 = \frac{dt_{2A} + dt_{2B} + dt_{2C} + dt_{2D} + dt_{2E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_3 = \frac{dt_{3A} + dt_{3B} + dt_{3C} + dt_{3D} + dt_{3E}}{5} =$$

$$\overline{dt}_4 = \frac{dt_{4A} + dt_{4B} + dt_{4C} + dt_{4D} + dt_{4E}}{5} =$$

$$t_1 = \bar{t}_1 \pm \overline{dt}_1$$

$$t_2 = \bar{t}_2 \pm \overline{dt}_2$$

$$t_3 = \bar{t}_3 \pm \overline{dt}_3$$

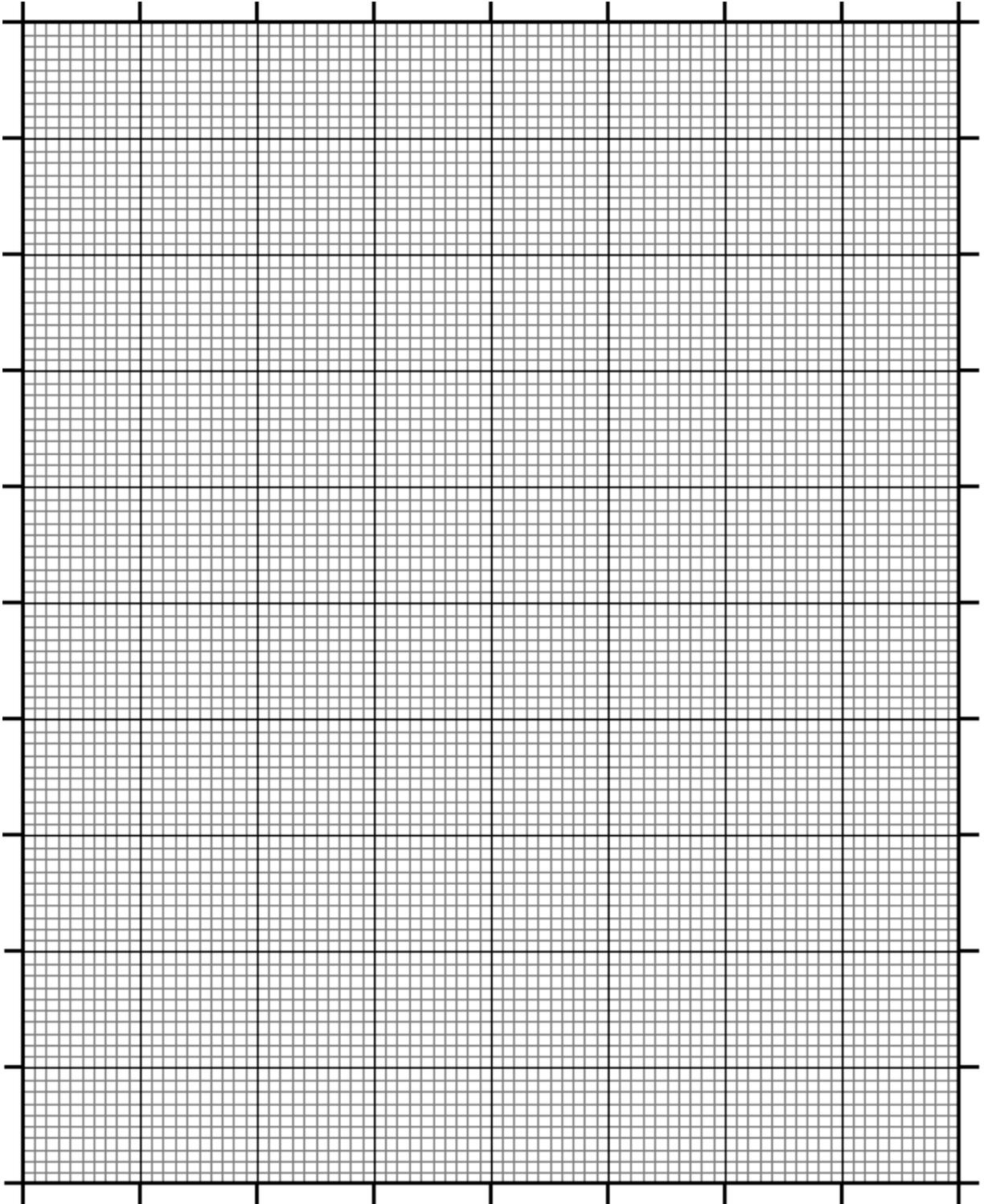
$$t_4 = \bar{t}_4 \pm \overline{dt}_4$$

Tabela II – POSIÇÃO VERSUS O TEMPO (dados tratados)

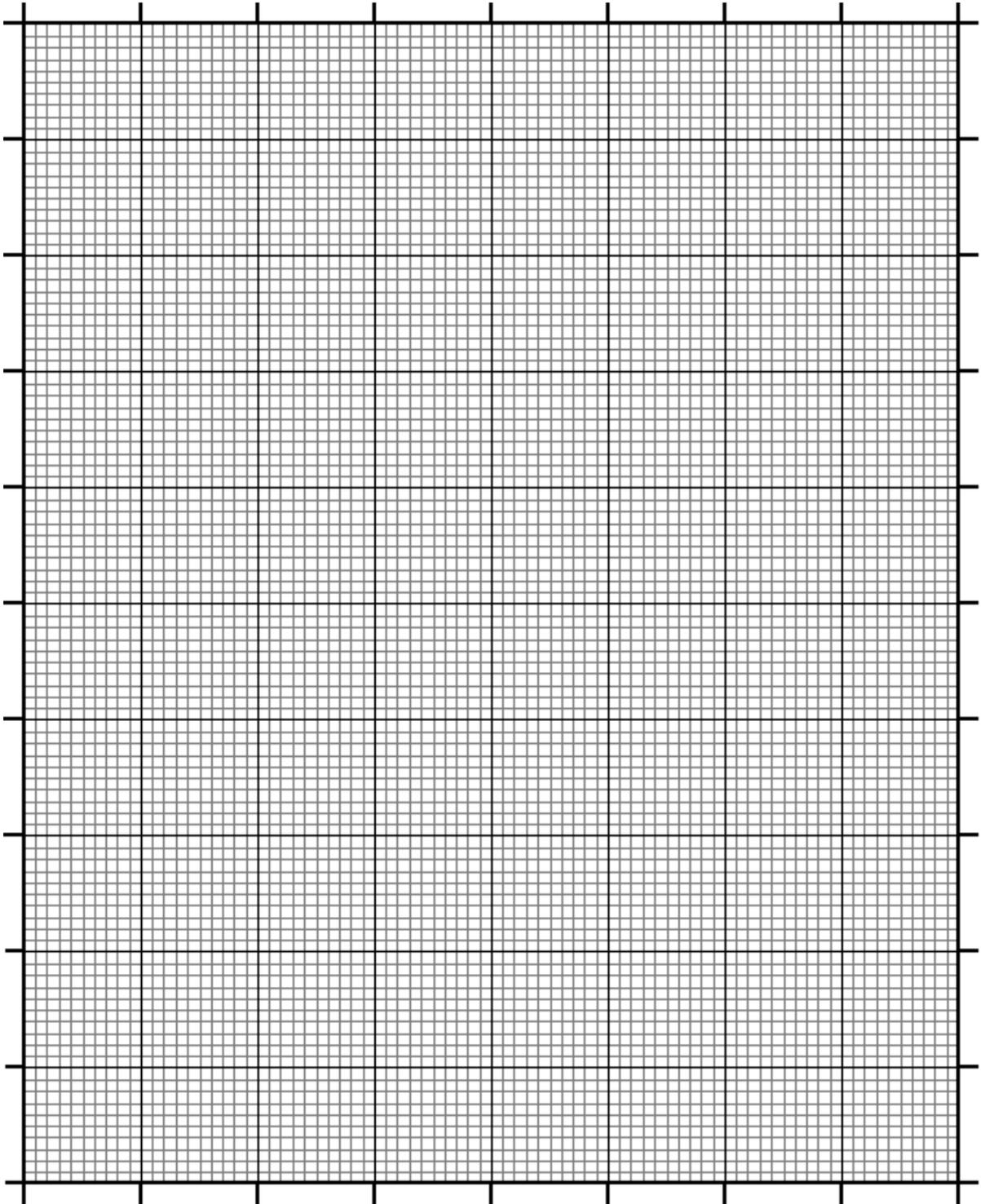
Posição (cm)	Tempo (s)
X ₀	t ₀
X ₁	t ₁
X ₂	t ₂
X ₃	t ₃
X ₄	t ₄

Tabela III - VELOCIDADE VERSUS O TEMPO

Posição (cm)	Tempo (s)	Velocidade
X ₀	t ₀	$v_1 = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$
X ₁	t ₁	$v_2 = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$
X ₂	t ₂	$v_3 = \frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2}$
X ₃	t ₃	$v_4 = \frac{x_4 - x_3}{t_4 - t_3}$
X ₄	t ₄	XXXXXXXXXXXXXXXXXX

GRÁFICO DA POSIÇÃO *VERSUS* O TEMPO**FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO**

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

GRÁFICO DA VELOCIDADE VERSUS O TEMPO

FUNÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE:

$$V = V_0 \pm at$$

CÁLCULO ÁREA DA FIGURA SOB A CURVA DO GRÁFICO $V \times t$

$$\Delta X = A_{\text{GRÁFICO}} = \frac{\text{base maior} + \text{base menor}}{2} \cdot \text{altura}$$

DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DE ENCONTRO DOS DOIS MÓVEIS:

6 – Conclusão:

Para sua conclusão, pense nas seguintes questões e discuta com seus colegas para depois apresentar sua opinião em plenária com toda a classe e o professor:

- 1 – Analisando o gráfico posição x tempo qual o formato da curva? Classifique o movimento em relação ao sinal da aceleração e da velocidade.
- 2 – O deslocamento observado foi igual ao calculado pela área da figura sob o gráfico?
- 3 – Qual(is) a diferença(s) entre o MRU e o MRUV?

7 – Referências Bibliográficas:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Física**. v.1. São Paulo/BRA: Ática, 2000.

Anexo III – Biblioteca de programação do carro robô

```
//declaração de bibliotecas

#include <IRremote.h> // biblioteca para usar o controle remoto

#include<LiquidCrystal.h> //biblioteca para usar o display LCD

#include <Bounce.h> //biblioteca para evitar trepidação

#include <l298n.h> //biblioteca de controle de motores

#include <StopWatch.h> //biblioteca de cronometro

//definição dos pinos dos botoes e sensor

#define botao1 10 //botoes de controle do LCD

#define botao2 9 //botoes de controle do LCD

#define sensor 2 //sensor infravermelho

//definição dos pinos dos motores

#define M1_IN1 A1 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 1

#define M1_IN2 A2 //pino 2 de sinal para a ponteH motor1

#define M1_EN 6// pino PWM para a ponteH motor 1

#define M2_IN3 A3 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 2

#define M2_IN4 A4 //pino 2 de sinal para a ponteH motor 2

#define M2_EN 5 // pino PWM para a ponteH motor2

//declaração variáveis do display LCD

LiquidCrystal lcd (12, 11, 13, 4, 3, 7); // declaração do display lcd

int tela; //variavel de controle da tela do lcd

int selecao = 0; //variavel controle selecao velocidade
```

```

int ponto_medicao = 0; //inicialização dos pontos de medição
int tempo1,tempo2,tempo3,tempo4; //variavel do cronometro
float velocidade = 0; //variavel que apresenta a velocidade final
int RECV_PIN = 8; //pino do receptor do controle remoto
float armazenavalor; //valor recebido pelo controle remoto
IRrecv irrecv(RECV_PIN); //declaracao do receptor do controle remoto
decode_results results;

//declaração de objetos com debouncing para os motores e sensores
Bounce pushbutton = Bounce(botao1, 10);
Bounce pushbutton2 = Bounce(botao2, 10);
Bounce bounce_sensor = Bounce(sensor,10);

//declaracao do objeto cronometro
StopWatch sw_millis;

//declaração de objetos dos motores
l298n motor1(M1_IN1, M1_IN2, M1_EN);
l298n motor2(M2_IN3, M2_IN4, M2_EN);

void setup()
{
  //Rotina de inicialização do LCD
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(botao1, INPUT);
  pinMode(botao2, INPUT);

```

```
pinMode(8, INPUT);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Robo");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("MRU");
delay(3000);
lcd.clear();
tela = 1;

irrecv.enableIRIn(); // Inicializa o receptor IR
}

void loop()
{
  if (irrecv.decode(&results))
  {

    armazenavalor = (results.value);
    if (armazenavalor == 0xFF02FD){

      motor1.parar();
      motor2.parar();
      lcd.clear();
      selecao = 0;
      if(tela == 1) tela++;
      else if(tela == 2) tela++;
      else if(tela == 3) tela = 1;
```

```
}  
if(armazenavalor == 0xFFC23D)  
{  
    if(tela == 1){  
        selecao = 1;  
        sw_millis.start();  
    }  
  
        else if(tela == 2){  
            selecao = 2;  
            sw_millis.start();  
        }  
  
        else if(tela == 3){  
            selecao = 3;  
            sw_millis.start();  
        }  
    }  
    irrecv.resume(); //Le o próximo valor  
}
```

```
switch(tela){  
  
    case 1:  
        lcd.setCursor(0,0);  
        lcd.print("Velocidade 1");
```



```
sw_millis.reset();
sw_millis.stop();
sw_millis.start();
ponto_medicao = 2;
}
else if(ponto_medicao == 2){
tempo3 = sw_millis.elapsed();
sw_millis.reset();
sw_millis.stop();
sw_millis.start();
ponto_medicao = 3;
}
else if(ponto_medicao == 3){
tempo4 = sw_millis.elapsed();
sw_millis.reset();
sw_millis.stop();
//sw_millis.start();
ponto_medicao = 4;
}
else if(ponto_medicao == 4){
motor1.parar();
motor2.parar();
selecao = 0;
ponto_medicao = 0;
lcd.clear();
tela=99;
}
```

```
    }  
  }  
  
  }  
  break;  
  
  case 2:  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Velocidade 2");  
    lcd.setCursor(0,1);  
  
    lcd.setCursor(6,1);  
  
    if(selecao == 2){  
      motor1.set_vel(200);  
      motor2.set_vel(200);  
      motor1.mover_sentido1();  
      motor2.mover_sentido1();  
      lcd.setCursor(0,1);  
      lcd.print("Selecionada");  
  
      if (bounce_sensor.update()){  
        if (bounce_sensor.fallingEdge()){  
          if(ponto_medicao == 0){  
            tempo1 = sw_millis.elapsed();
```

```
ponto_medicao = 1;
sw_millis.reset();
sw_millis.stop();
sw_millis.start();
}
else if(ponto_medicao == 1){
    tempo2 = sw_millis.elapsed();
    sw_millis.reset();
    sw_millis.stop();
    sw_millis.start();
    ponto_medicao = 2;
}
else if(ponto_medicao == 2){
    tempo3 = sw_millis.elapsed();
    sw_millis.reset();
    sw_millis.stop();
    sw_millis.start();
    ponto_medicao = 3;
}
else if(ponto_medicao == 3){
    tempo4 = sw_millis.elapsed();
    sw_millis.reset();
    sw_millis.stop();
    //sw_millis.start();
    ponto_medicao = 4;
}
else if(ponto_medicao == 4){
```

```
motor1.parar();
motor2.parar();
selecao = 0;
ponto_medicao = 0;
lcd.clear();
tela=99;
}
}
}

}
break;

case 3:
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Velocidade 3");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.setCursor(6,1);

if(selecao == 3){
motor1.set_vel(250);
motor2.set_vel(250);
motor1.mover_sentido1();
```

```
    motor2.mover_sentido1();  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Selecionada");  
  
    if (bounce_sensor.update()){  
        if (bounce_sensor.fallingEdge()){  
            if(ponto_medicao == 0){  
                tempo1 = sw_millis.elapsed();  
                ponto_medicao = 1;  
                sw_millis.reset();  
                sw_millis.stop();  
                sw_millis.start();  
            }  
            else if(ponto_medicao == 1){  
                tempo2 = sw_millis.elapsed();  
                sw_millis.reset();  
                sw_millis.stop();  
                sw_millis.start();  
                ponto_medicao = 2;  
            }  
            else if(ponto_medicao == 2){  
                tempo3 = sw_millis.elapsed();  
                sw_millis.reset();  
                sw_millis.stop();  
                sw_millis.start();  
                ponto_medicao = 3;  
            }  
        }  
    }
```

```
else if(ponto_medicao == 3){
    tempo4 = sw_millis.elapsed();
    sw_millis.reset();
    sw_millis.stop();
    //sw_millis.start();
    ponto_medicao = 4;
}
else if(ponto_medicao == 4){
    motor1.parar();
    motor2.parar();
    selecao = 0;
    ponto_medicao = 0;
    lcd.clear();
    tela= 99;
}
}
}

}

break;

case 99:
int ponto_tempo = 0;

if(ponto_tempo == 0);
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Tempo 1");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(tempo1);  
delay(2000);  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Tempo 2");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(tempo2);  
delay(2000);  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Tempo 3");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(tempo3);  
delay(2000);  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Tempo 4");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(tempo4);  
delay(2000);  
lcd.clear();  
tela = 1;  
break;  
}  
}
```

Anexo IV – Transcrição da Aula utilizando o carro robô

1- Professor: Bom dia alunos, este carrinho que vocês estão vendo faz parte de um projeto de mestrado e a turma de vocês foi escolhida para testa-lo e ver se com ele vocês fixam melhor o conteúdo e também se gostam de trabalhar com ele. Esta é uma plataforma para o estudo de cinemática, a diferença desse carrinho para um carrinho de controle remoto comercial é que ele possui dois motores independentes que podem operar tanto com velocidade constante, como podem acelerar durante o percurso e fazer movimentos circulares com velocidade constante ou acelerando, ou seja, apenas alterando a programação dessa placa azul chamada Arduino (o professor aponta para a placa Arduino), podemos executar quatro tipos de experiências diferentes com esse mesmo carrinho. Esses “palitinhos” fixados aqui nesta pista (mostrando a pista com os marcadores) são marcadores para o sensor de presença do carrinho.

2- Aluno Mat: Igual aquele do banco?

3- Professor: Do banco?

4- Aluno Mat: Aqueles de filme, que o cara entra e dispara o alarme.

5- Professor: Mais ou menos, nesse caso aqui o marcador está parado e quem se movimenta é o sensor, mas o princípio de funcionamento é o mesmo. No banco, quando o sensor capta a presença de uma pessoa ou qualquer coisa, ele aciona um alarme, nesse caso ele dispara um cronômetro.

6- Professor: Aqui tem um guia de estudo com a atividade que vocês vão fazer hoje.

O professor lê os objetivos e os procedimentos do guia de estudo modificado (anexo IV).

7- Professor: Quero que vocês formem grupos e cada grupo vai vir aqui para coletar os dados, esse experimento tem três velocidades diferentes, velocidade um, dois e três.

8- Aluno Ygo: Criativo heim!

9- Professor: Pois é, a ideia é que vocês venham aqui, selecionem uma das velocidades, coloquem os marcadores na posição que quiserem e apertem o “play” no controle remoto para o carrinho andar, conforme ele vai passando pelos marcadores, ele vai marcando o tempo e quando passar pelo último ele para. (O professor, foi falando e executando cada passo)

10- Professor: Esse mostrador aqui ó (mostrando o visor de LCD), vai mostrar as parciais de tempo conforme ele foi passando, eu aconselho vocês a utilizarem o celular para gravar o que aparecer no mostrador para não precisar ficar voltando e a gente não perder tempo.

11- Aluna Bar: Ele anda no chão?

12- Professor: Anda, mas no chão não vai ter os marcadores então ele vai embora até acabar a pilha.

13- Aluna Bar: Ah é mesmo.

14- Professor: Não é um carrinho de controle remoto comercial para a gente ficar brincando, a ideia é fazer o experimento, mas eu consigo pará-lo apertando novamente o “play”, com essa programação ele não faz curvas e nem anda para trás, então brincar com ele seria meio chato.

15- Professor: Quem quer ser o primeiro a coletar os dados?

16- Aluna Bar: Eu!!!

17- Professor: Quero que você escolha aleatoriamente onde vai colocar os cinco marcadores.

18- Aluna Bar: Tem que ser os cinco?

19- Professor: Tem, por que ele vai passar por cinco marcadores e depois parar, você tem que colocar para a frente do sensor (mostrando onde está localizado o sensor no carrinho). Agora anote a posição em que colocou cada marcador.

20- Aluna Bar: Não posso tirar foto? O celular está na mão mesmo, é mais fácil.

21- Professor: Pode ser.

22- Professor: Agora você vai selecionar uma das velocidades, apertar o “play” e se posicionar próximo ao último marcador para gravar as parciais de tempo que ele mostrar.

23- Aluna Bar: Nossa! Ele passou direto, o que eu fiz de errado?

24- Professor: Boa pergunta, os marcadores estão aqui certinho, tenta de novo.

Ao tentar novamente o carrinho para no segundo sensor.

O professor se dirige a toda a sala.

25- Professor: Viram que ele parou no segundo sensor, provavelmente ele não pegou dois sensores da outra vez, então ele não “entendeu” que chegou ao final da pista.

O professor ajusta o sensor

26- Professor: Acontece gente, provavelmente quando fui mostrar o visor LCD eu devo ter inclinado o sensor de presença um pouco para cima, ai ele não pegou todos os outros marcadores.

27- Aluna Bar: O tempo está errado “Sor”, deu 1200 segundos

28- Professor: Presta atenção aqui pessoal, na verdade o tempo está sendo marcado em milissegundos e a unidade de distância a ser utilizada é centímetro, são essas as unidades que vocês vão colocar na tabela para depois construir o gráfico.

O professor chama um aluno do próximo grupo.

29- Professor: Coloque os marcadores na posição que quiser e aperte o “play” no controle remoto para o carrinho andar, depois selecione uma velocidade e fique ali para gravar os tempos com o celular. (Indicando onde o aluno deveria ficar)

30- Aluno Fla: Não pode deixar assim mesmo? (Falando sobre os marcadores)

Professor: Poder pode, mas ai perde a graça, você vai ter um gráfico com os mesmos pontos do outro grupo.

31- Aluno Fla: Eu mudo a velocidade.

32- Professor: Então ta, pergunta no outro grupo que velocidade eles selecionaram.

33- Aluno Fla: Lau, que velocidade vocês colocaram ai?

34- Aluna Lau: Não sei, foi a Bar que foi ai.

35- Aluna Bar: Velocidade 2

O aluno Fla tira as fotos da posição e depois filma os tempos no mostrador do carrinho e vai montar o gráfico com o seu grupo, o professor aponta para outro grupo e faz um gesto com a mão chamando um integrante para fazer marcações.

36- Aluno Mat: Posso colocar onde eu quiser né “Sor”? (Com as mãos nos marcadores)

37- Professor: Coloca do 15 (cm) para a frente, por que é aqui que está o sensor.

38- Aluno Mat: Esse aqui? Apontando para o receptor do controle remoto.

39- Professor: Não, esse ai é o receptor infravermelho do controle remoto, o sensor de presença é esse aqui de cima.

40- Aluno Mat: Ah, legal.

Enquanto o Aluno Mat ajeita os marcadores ouve-se uma voz ao fundo da sala.

41- Aluno Fab: “Sor”, vale nota?

42- Professor: Tudo que é atividade feita em sala de aula vale nota meu querido.

43- Aluno Fab: “Firmeza”.

44- Professor: Sei que é diferente e parece complicado, mas tenta fazer ai.

45- Aluno Fab: “To ligado” “Sor”, só queria saber mesmo.

46- Aluno Mat: Agora tem que tirar foto?

47- Professor: Pode anotar também se quiser.

48- Aluno Mat: Ah não “Sor”, aqui “ta” mais fácil.

Ao selecionar a velocidade 3, o carrinho passou um pouco do final da pista.

49- Aluno Mat: Ué, passou?

50- Professor: É que você colocou o último marcador muito “lá atrás” e selecionou a maior velocidade, ai ele demora mais para parar também né, mas é normal acontecer isso.

51- Aluno Mat: Mais rápido demora mais para parar né?

Professor: Isso, lembra da inercia?

Ele balança a cabeça com um gesto afirmativo olhando para o celular.

52- Aluno Mat: Não deu certo aqui.

53- Professor: Sem problema, a gente faz de novo.

54- Aluno Mat: Pode mudar a velocidade para ele não cair ali?

55- Professor: Não, cair não tem problema, a diferença é que ele vai mais para a frente um pouco e não tem pista para isso, mas não deu errado o experimento.

56- Aluno Mat: Não “Sor”, é que fica melhor assim.

O professor não insiste e deixa que ele selecione outra velocidade e reinicie o experimento.

57- Aluno Mat: Agora foi.

O professor chama outro grupo.

58- Aluno Abn: O que tem que fazer “Sor”?

59- Professor: Você vai colocar os marcadores onde quiser, selecionar uma velocidade e depois gravar o tempo que ele mostrar na telinha.

O aluno Abn faz a gravação dos tempos.

60- Aluno Ped: Pegou?

61- Aluno Abn: Ai “Sor”, ficou escuro, não dá para ver direito.

62- Professor: Empresta o celular de alguém ai.

63- Aluno Abn: Não, Vou ligar o flash e ver se dá certo.

64- Professor: Ta.

Aluno Abn refaz a experiência.

65- Aluno Abn: Agora deu.

66- Aluno Ped: Deixa eu ver.

67- Aluno Abn: Sai “tio”, vamos lá fazer a tabela.

68- Professor: Vem aqui coletar os dados Aluno Gab.

69- Aluno Mat: “Sor”, o X_0 é Zero ou o 20 (cm)?

70- Professor: Foi o ponto que você colocou o primeiro marcador.

71- Aluno Mat: Não falei o seu ***** (xingamento).

72- Professor: Calma, não precisa brigar.

73- Aluno Mat: Não “to” brigando não “Sor”, o “Aluno Wal” que é folgado mesmo.

74- Aluno Abn: Meu tempo “ta” dando 1300 e pouco, “ta” certo?

75- Professor: É que o tempo está em milissegundos, dá uma olhada ae.

76- Aluno Gab: E eu “Sor”?

77- Professor: Perai, agora você vai escolher a posição dos marcadores e depois escolher uma velocidade e gravar com o celular os tempos no mostrador.

O Aluno Gab posiciona os marcadores e seleciona a velocidade.

78- Aluna Bar: “Sor” é verdade que o Enem vai ser cancelado de novo?

79- Professor: Por que? Não “to” sabendo de nada.

80- Aluna Bar: Saiu no Facebook.

81- Professor: Você não viu em nenhuma fonte confiável?

82- Aluna Bar: Nem procurei.

83- Professor: Bom, eu não ouvi falar em jornal nenhum, eu acho que não.

O professor volta a atenção para o Aluno Gab.

84- Professor: Ah é, tem que anotar a posição dos marcadores ou tirar foto.

85- Aluno Gab: Já coloco aqui direto na tabela né? Melhor.

Aluno Gab anota a mão a posição dos marcadores e depois realiza o experimento.

86- Professor: Deu ai?

Aluno Gab balança a cabeça com um sinal positivo.

87- Aluno Gab: São quatro né? (Referindo-se aos tempos marcados)

88- Professor: Isso.

89- Aluno Abn: “Sor”, no nosso o tempo deu quase igual em uns três aqui, é normal?

90- Professor: Sim, pode ser, provavelmente você selecionou distâncias parecidas entre os marcadores, olha ai na sua tabela.

91- Aluno Abn: Ah, é mesmo.

92- Professor: Falta mais algum grupo ae?

93- Aluno Mat: “Sor” já marquei, e agora?

94- Professor: Agora faz o gráfico da posição pelo tempo.

95- Aluno Mic: Faltou eu “Sor”.

96- Professor: Vamos lá, agora você escolhe a posição que quer os cinco marcadores.

97- Aluno Mic: Não sei “Sor”.

98- Professor: O experimento é seu, vai lá, você é o cientista agora.

99- Aluno Mic: Só puxar?

Referindo-se a como movimentar o marcador.

100- Aluno Mic: Pode ser aqui?

101- Professor: Pode

102- Aluno Mic: Pode colocar esse aqui pertinho desse?

103- Professor: Pode também, só não pode colocar antes do sensor de presença e depois que acabar a pista.

104- Aluno Mic: E agora?

105- Professor: Agora marca ou tira foto da posição que você colocou os marcadores e depois é só selecionar uma velocidade e coletar os dados.

Enquanto Aluno Mic tirava foto dos marcadores a Aluna Mel se aproxima

106- Aluna Mel: “Sor” eu tenho cinco posições e só quatro tempos, não está faltando um tempo?

107- Professor: Não, é que o primeiro tempo é zero, quando ele passa pelo primeiro marcador o cronômetro dispara e ele começa a marcar.

108- Aluna Mel: Entendi...

109- Aluno Mic: Pronto “Sor”.

110- Professor: Pegou os quatro tempos?

111- Aluno Mic: Eram quatro?

Aluno Mic refaz o experimento.

112- Aluno Gus: O primeiro tempo aqui é Zero né “Sor”?

113- Professor: Isso, é no primeiro marcador que ele começa a contar.

Professor chama a atenção da sala.

114- Professor: Galera, presta atenção aqui rapidinho. Na tabela de vocês está assim né? X_0 , X_1

Professor desenha a tabela na lousa.

115- Professor: A posição X_0 é o primeiro marcador, onde estava o primeiro palitinho.

116- Aluna Bar: Jura... (Com tom de ironia)

117- Professor: Verdade... (Dando risada)

118- Professor: E o tempo do primeiro (marcador) a gente vai colocar Zero, que é quando dispara o cronômetro, no segundo marcador a posição é a do segundo palitinho e o tempo é aquele T_1 marcado pelo carrinho, beleza? E por ai vai... Tranquilo?

119- Aluno Mat: E depois?

120- Professor: Calma, primeiro quero que todo mundo chegue nesse ponto, ai a gente avança. Se quiser pode ir olhando no roteiro e tentar fazer.

121- Aluna Bar: “Sor” vem cá ajudar eu.

122- Professor: Espera ai, deixa acabar os grupos

O professor estava se referindo a todos os grupos coletarem os dados.

O professor gesticula para a aluna Liv para ir coletar os dados.

123- Professor: Primeiro você vai escolher as posições dos marcadores.

Mais uma aluna do grupo se aproxima para realizar o experimento.

124- Aluna Car: Qualquer lugar?

125- Professor: Isso.

126- Professor: Não, Tem que colocar nessa linha onde tem a fita métrica ou o sensor não vai pegar o marcador.

127- Aluna Car: Então não é qualquer lugar!

128- Professor: Ta, qualquer lugar dessa linha, melhorou?

129- Aluna Car: Explica né, você falou qualquer lugar.

130- Aluna Car: Você tira a foto.

Aluna Car pede a amiga Aluna Liv para tirar foto das posições dos marcadores.

131- Aluna Liv: De todos?

Aluna Liv pergunta se deve tirar foto de todos os marcadores.

132- Professor: isso, ai depois você vai preencher essa tabela que está no seu roteiro de estudos.

133- Professor: Vai tirando foto ai que eu vou lá ver o que está acontecendo naquele grupo.

O professor se desloca até um grupo ao fundo da sala.

134- Aluno Fla: Como eu monto o gráfico? Se eu fizer aqui de 10 (cm) em 10 (cm) não vai caber.

Referindo-se as marcações na folha milimetrada para construir o gráfico.

135- Professor: Não mesmo, ai a gente vai ter que pensar um pouco, o seu gráfico tem que ir até quanto?

136- Aluno Fla: vai até 146.

137- Professor: E quantos marcações grandes tem na folha?

138- Aluno Fla: tem 10

139- Professor: Então use cada marcação grande dessa equivalente a 15 cm.

140- Aluno Fla: Vai dar certinho “Sor”.

141- Aluna Car: “Sor” ...

142- Professor: “To” indo.

143- Professor: Tenta montar o gráfico ai, qualquer coisa me chama.

O professor volta para sua mesa onde está localizado o experimento.

144- Professor: Agora você vai selecionar uma das três velocidades disponíveis e ficar posicionada ali no último marcador para filmar as parciais de tempo.

145- Aluno Gus: Olha ai “Sor”.

146- Professor: Isso, agora com os dados da tabela você vai construir um gráfico.

147- Aluno Gus: No caderno?

148- Professor Não, no seu roteiro tem uma folha milimetrada para você fazer isso.

149- Professor: E ai? Prontas?

Perguntando as alunas Car e Liv se estão prontas para realizar o experimento.

150- Aluna Liv: Filmo daqui ou dali?

Referindo-se a um possível melhor ângulo para a filmagem.

151- Professor: Acho que é melhor aqui, ai você fica de frente para ele quando parar. Tem que filmar esse visor aqui.

152- Professor: Calma, são quatro tempo para serem filmados.

153- Aluna Liv: Ah, eu filmei só um.

154- Professor: Faz de novo então, não tem problema.

Aluna Liv refaz o experimento

155- Professor: Deu?

Ela apenas gesticula com a cabeça positivamente.

156- Aluna Bar: A tabela fica assim mesmo?

157- Professor: Isso, primeiro tempo é zero, ai o segundo seria o primeiro marcado pelo carrinho e assim por diante.

O professor se dirige a lousa e preenche uma tabela com valores fictícios apenas para ajudar os alunos na montagem do gráfico.

158- Professor: Presta atenção aqui pessoal, aqui nessa coluna é posição e aqui tempo. Primeira posição, eu vou chutar um número aqui ta? Vamos supor 20 cm posição inicial e tempo zero e 40 cm e tempo 1000 ms, depois 50 cm e deu sei lá... 500 ms, depois 90 cm e 2000 ms e por ai vai, e o que eu vou fazer?

159- Professor: Na sua folha milimetrada faça o eixo do espaço e do tempo, vou fazer as minhas marcações para ajudar, eu vou falar que vale 20 cm, ai aqui seria 20 cm, depois 40 cm, 60 cm e por ai vai...

160- Professor: O carrinho marca as parciais de tempo, ou seja, quanto demorou para passar do 20 cm até o 40 cm, depois do 40 cm para 50 cm e assim por diante, se eu quiser o tempo que demorou dos 20 cm até os 50 cm, eu tenho que somar o tempo que demorou até 40 cm mais o tempo até os 50 cm e assim por diante.

161- Professor: Então se dos 20 cm até 40 cm foram 1000 ms e dos 40 cm até 50 cm foram 500 ms, da posição 20 cm até a 50 cm foram 1500 ms, beleza?

162- Aluna Bar: “Sor”, olha aqui o meu primeiro deu 1851(ms) e o segundo deu 1242(ms) ta certo isso?

163- Professor: Da uma olhada na posição dos seus marcadores, por que se a distância for diferente, vai dar valores diferentes mesmo.

Ouve-se a conversa entre dois alunos enquanto o professor soma os tempos de seu exemplo na lousa.

164- Aluna Jan: Tem que fazer igual o “Sor” tá fazendo. Somar o tempo do primeiro com o segundo e depois somar o terceiro e depois somar com o último, vai anotando ai do lado.

165- Aluna Bar: Ai eu vou colocar esses valores no gráfico?

166- Aluna Jan: É.

167- Professor: Para montar o gráfico, basta fazer igual batalha naval, lembra do joguinho? Coloco o meu lápis na posição 20 cm e 0 no eixo do tempo, depois 40 cm e faço um pontilhado até o 1000 ms no eixo do tempo, e assim vai. Certo galera? Façam esse gráfico ai, não se esqueçam de somar os tempos.

168- Aluno Dan: “Sor” falta o meu grupo.

169- Professor: Então vem aqui.

170- Professor: Você vai colocar esses marcadores onde você quiser ao longo dessa linha com a fita métrica, e tem que ser depois desse sensor aqui (mostrando o sensor de presença), depois você vai tirar foto ou anotar essas marcações, depois escolher uma das velocidades do carrinho e filmar as parciais de tempo mostradas nesse visor (mostrando o visor LCD) quando ele passar pelo último marcador.

171- Aluno Dan: (xingamento) de celular que não pega!

Aluno Dan vira para o seu grupo e grita:

172- Aluno Dan: Alguém ai empresta um celular?!

173- Professor: Eu anoto aqui na lousa as posições pra gente ganhar tempo, ai depois você copia na sua tabela, vai falando os valores ai.

174- Aluno Dan: 30, 75...

O Professor vai anotando os valores na lousa.

Voz ao fundo: Por que 30 “Sor”?

175- Professor: Não, esses são os valores do grupo dele, o seu é outra coisa.

176- Aluno Dan: 97,110 e 131.

Aluno Dan recebe o celular da Aluna Ali.

177- Professor: Já fica ali perto do último marcador, fica melhor para gravar.

178- Aluno Abn: “Sor”... “Sor”... “Sor”... Deu certo aqui no nosso.

179- Professor: Beleza, deixa eu só terminar aqui e já vou ai.

Aluno Gus se aproxima do professor e pergunta algo que não foi captado em áudio, o professor se dirige a lousa e explica algo relacionado a soma das parciais de tempo.

180- Aluno Dan: Agora deu “Sor”.

Aluno Dan volta para seu lugar.

181- Aluna Bar: “Sor” vem cá, chega ai.

182- Professor: Fala.

Aluna Bar faz um gesto chamando o professor

183- Aluna Bar: Por favor.

O Professor faz um gesto pedindo para que ela espere.

184- Professor: Falta alguém fazer o experimento?

185- Aluno Dan: Meu grupo vai juntar com esse aqui por que eles tem vergonha de ir ai na frente.

186- Professor: Não tem problema, usa os mesmos dados então, mas façam em dois grupos separados.

Aluna Bar se levanta e vai até o professor, ela mostra o guia de estudo, mas o áudio não é captado, o professor tira a sua dúvida e ela volta para o lugar.

187- Professor: Todo mundo desenhou o gráfico?

188- Aluna Bar: Que gráfico meu filho? To na tabela ainda.

189- Professor: Calma, vai fazendo ai.

O professor se vira e começa a apagar a lousa.

190- Professor: Fala.

O professor se dirige ao grupo do Aluno Dan

191- Aluno Dan: Para preencher a tabela tem que somar os tempos né?

192- Professor: Isso, o primeiro tempo é zero, ai o segundo tempo da tabela é o primeiro marcado pelo carrinho, o terceiro é a soma do primeiro com o segundo e assim por diante.

193- Aluno Dan: Não falei para você Aluna Ali?!

194- Aluna Ali: Mas por que “Sor”?

195- Professor: Pensa assim, você vai sair correndo no corredor aqui de fora da sala e vai ter um aluno em cada porta disparando um cronômetro assim que você passar, perai que esse exemplo não ficou bom.

196- Professor: Isso, os alunos estão na porta da sala e um cronômetro zera quando o outro é disparado, finge que eles estão interligados. Ai eles vão marcar o tempo que você demora de uma porta a outra, e se eu quiser o tempo total do percurso?

Aluna Ali faz uma cara de espanto e balança a cabeça positivamente.

197- Professor: Pegou a ideia?

198- Aluno Dan: Viu Aluna Ali, ela é lerdinha mesmo “Sor”.

199- Professor: Mas é isso ae, não entendeu pergunta, não adianta nada você fazer a experiência por fazer, tem que entender o que está fazendo.

O professor se dirige novamente à frente da sala.

200- Professor: Pessoal, como eu vou achar a velocidade média do carrinho?

201- Professor: Velocidade não é variação de espaço sobre o intervalo de tempo.

O professor escreve a formula na lousa.

202- Professor: Para calcular a velocidade média eu vou pegar dois pontos aqui do meu gráfico, quaisquer dois pontos, eu vou pegar esse ponto 3 e o 2. Ai eu vou fazer X_3 menos X_2 , embaixo t_3 menos t_2 certo?

203- Professor: X_3 , que é 90 cm, menos o X_2 que é 50 cm, dividido pelo T_3 que é 3500 ms, menos o T_2 que é 1500 ms. Isso aqui vai dar... 40 cm dividido por 2000 ms, quanto vai dar essa conta? Deu 0,02? Ta, então velocidade é igual a 0,02 cm/ms. Prestem atenção na unidade!

204- Aluno Abn: 50 “Sor”!

O Professor confere suas contas.

205- Professor: Que 50 rapaz, ta louco? É para fazer 40 dividido por 2000. Espaço pelo tempo. Beleza?

206- Aluno Abn: Ah é, confundi “Sor”.

Aluno Fla se aproxima do professor, mostra suas anotações e o professor explica novamente o gráfico e pelas posições das mãos do professor próximas a lousa, ensina a calcular a velocidade média (áudio não captado).

207- Aluno Mat: “Sor” ta difícil montar o gráfico, as marcações são de quanto em quanto?

208- Professor: Faz assim, não tem 10 divisões grandes a sua folha? Pegue o número do seu maior ponto e divida pelo das marcações e depois arredonda. Por exemplo, sua última marcação vai até 145, aí ficaria 145 dividido por 10. Aí cada marcação grande dessa valeria 14,5 cm, mas aí fica ruim, arredonda para 15 que fica mais fácil.

209- Aluna Bar: “Sor”!

210- Aluno Mat: Entendi “Sor”.

211- Professor: Depois é só fazer a mesma coisa no eixo do tempo e depois achar os pontos.

212- Aluna Bar: “Sor”!

213- Aluno Abn: Aquele negócio de batalha naval, sabe?

214- Aluno Mat: Sei, aí é fácil, não “tava” fazendo caber na folha.

O professor se dirige a uma carteira próxima a Aluna Bar e se senta.

215- Professor: Fala minha querida.

216- Aluna Bar: Eu também sou sua aluna.

217- Professor: Agora tem toda a minha atenção.

218- Aluna Bar: Obrigada.

219- Aluna Bar: É... Como é que eu marco aqui? Passo a passo!

220- Professor: Vamos lá! Passo a passo, quanto vale a sua posição inicial?

221- Aluna Bar: 48 (cm).

222- Professor: Você já fez as marcações?

223- Aluna Bar: Na minha linha de pensamento.

224- Professor: Tá, então quanto vale esse ponto aqui?

225- Aluna Bar: Não sei “Sor”, quanto vale?

226- Professor: Estou tentando entender a sua linha de pensamento, também não sei.

227- Aluna Bar: 24!! Não, 22!!

228- Professor: Não acha melhor seguir outra linha de pensamento?

229- Aluna Bar: Mas não vai caber o cento e pouco na folha, vou riscar na carteira, pode ser?

230- Professor: Não vai precisar, você vai ver, vamos fazer cada marcação grande dessa valendo 15.

231- Aluna Bar: Por que 15?

232- Professor: Você pode pegar a sua maior marcação e dividir pelo número de divisões grandes e depois arredondar para cima. Ou pode chutar até caber tudo, se for de 10 em 10 quanto que vale esse último ponto?

231- Aluna Bar: 100.

232- Professor: E se fosse 12 em 12?

233- Aluna Bar: 120. Ah, então eu posso colocar 14 em 14? Meu último é cento e quarenta e poucos.

234- Professor: Como tem esse poucos, é melhor colocar 15, aí o último ponto lá em cima seria o 150, e o cento e quarenta e poucos um pouquinho abaixo dele, entendeu?

235- Aluna Bar: Mas ficar chutando é muito complicado.

236- Professor: Por isso você pega a última marcação e divide pelo número de marcações grandes.

237- Aluna Bar: Ah, entendi.

238- Professor: Agora vamos colocar no gráfico as suas marcações. Quanto vale o seu primeiro ponto?

239- Aluna Bar: 48.

240- Professor: 15,30,45 e o 48 (cm) está mais ou menos por aqui não é?

241- Aluna Jan: Um pouquinho para cima.

242- Professor: Tá bom, então é aqui. Posição 48 para o tempo zero, beleza?

243- Aluna Bar: Beleza, certíssimo.

244- Professor: O segundo, 74 (cm)

245- Aluna Bar: Sujou tudo a folha!

246- Professor: Relaxa, se precisar tem mais folha ali.

247- Professor: Então, 15,30,45,60,75 o 74 (cm) é um pouquinho abaixo do 75 (cm) concorda?

248- Professor: Posição 74 cm para um tempo de 1085 ms.

249- Professor: O tempo total de vocês deu quanto?

250- Aluna Bar: 6359 ms

251- Professor: Então a escala de tempo pode ser de 1000 em 1000 ms, concorda?

252- Aluna Bar: Concordo.

253- Professor: Agora é questão de juntar os pontos.

254- Aluna Jan: Faz pontilhado

255- Professor: Isso querida, faça isso.

256- Aluno Gus: “Sor” vem aqui.

257- Professor: Espera ai, tem uma aluna estressada aqui, não dá para ir agora.

258- Aluna Bar: Estou mesmo! Tem que me ajudar.

259- Professor: Não dá para eu ficar aqui a aula toda, deu para você entender o que vai fazer agora?

260- Aluna Jan: Eu entendi, explico para ela.

261- Aluna Bar: Se eu chamar você volta!

262- Professor: Claro, to aqui para isso.

O professor vai na direção do Aluno Gus.

263- Aluno Gus: A velocidade está estranha aqui, ta dando 73,33 m/s, e ele não anda nem a pau a 73 metros em um segundo.

264- Professor: Não mesmo, você converteu de centímetro para metro e de milissegundo para segundo?

265- Aluno Gus: Não.

266- Professor: Ta estranho mesmo assim, de todo mundo ta dando 0,0 pouquinho, deixa eu ver a sua conta.

O professor olha as anotações do Aluno Gus.

267- Professor: Aqui ó, velocidade é variação de espaço sobre intervalo de tempo, você fez ao contrário.

268- Aluno Gus: Não é o maior pelo menor?

269- Professor: Não, é sempre espaço pelo tempo, de onde você tirou isso?

269- Aluno Gus: Sei lá, só achei só.

270- Aluno Gus: então vai dar 0,013 m/s?

271- Professor: Não, 0,013 cm/ms. Da para converter se você quiser. Esse cm é como se fosse dividido por 100 e esse ms é como se fosse dividido por 1000. Ai a sua conta ficaria assim: 30 dividido por 100, dividido por 2200 dividido por 1000. Assim olha.

O professor faz anotações na folha do Aluno Gus.

272- Professor: Ai ficaria 0,3 dividido por 2,2, que dá?

273- Aluno Gus: 0,13 m/s.

274- Professor: Parece que ele anda isso?

275- Aluno Gus: Parece, por que 1 metro são 100 centímetros né? O que da mais ou menos isso aqui.

Aluno Gus pega uma régua para servir de referência.

276- Aluno Gus: Então 0,5 seria metade, que é 50cm. Então ele anda 13cm em um segundo. Da para ser.

277- Professor: Agora calcula ai quanto tempo ele demoraria para chegar em Roseira.

O professor olha para o relógio.

278- Professor: Pessoal, está acabando a aula. Todo mundo calculou pelo menos a velocidade?

279- Aluno Fla: Ajuda “nóis” aqui “Sor”.

280- Professor: Conseguiram fazer o gráfico?

281- Aluno Fla: A gente fez, ficou parecido com o do Aluno Dan, não sei se está certo.

282- Professor: Deixa eu ver.

O professor olha o gráfico do grupo do Aluno Fla.

283- Professor: Beleza, agora é só calcular a velocidade média.

284- Aluno Fla: A gente fez, as contas estão com a Aluna Mel.

O professor olha as anotações da Aluna Mel.

285- Professor: Isso, ta certinho.

286- Aluna Mel: É que ficou muito pequeno.

287- Professor: Vai ser um valou baixo mesmo gente, algo em torno de 0,0 alguma coisa cm/ms, é que a unidade de tempo utilizada pelo cronômetro do carrinho é baixa, mas ai dá para vocês passarem para metros por segundo.

288- Aluna Mel: Ah “Sor”, não pode deixar assim mesmo?

289- Professor: Pode, mas ai vocês vão ter que converter de quilometro para centímetro quando forem achar o tempo até Roseira, e depois converter de milissegundo para minuto.

290- Aluno Fla: O que dá menos trabalho?

291- Professor: Ah, eu acho que converter essa velocidade ai para metros por segundo, ai você já acha o tempo em segundo e só passa para minutos.

292- Professor: Pessoal, para ficar padronizado vamos calcular o tempo até Roseira em minutos beleza?

293- Aluna Bar: Não vai dar tempo!

294- Professor: Calculou a velocidade?

295- Aluna Bar: Deu 0,023 cm/ms.

296- Professor: Agora é só converter para metros por segundo e calcular o tempo até Roseira.

O professor começa a passar em cada grupo para ver o andamento da atividade.

297- Professor: Pessoal, quem ainda não terminou, termina em casa e me entrega esse guia na próxima aula.

O sinal bate e alguns alunos tiram as últimas dúvidas com o professor.

Produto Final

Descrição da plataforma robótica desenvolvida

A plataforma robótica desenvolvida se constitui em um carro robô simples, visando proporcionar a professores e alunos meios para o estudo dos movimentos. A ideia do robô é ter uma plataforma que se movimenta reproduzindo os movimentos retilíneos: uniforme e uniformemente variado. Tecnicamente, o experimento funciona da seguinte maneira: o usuário lê, numa tela LCD, uma mensagem de boas vindas e, logo em seguida, tem a sua disposição duas diferentes opções de movimento para selecionar. Selecionando a opção MRU ele deverá, em seguida, escolher uma de três opções de velocidade. Se o usuário selecionar o MRUV ele poderá escolher uma entre três opções de velocidade inicial e uma opção entre três de aceleração. Todo o processo de seleção realizado pelo usuário será feito por meio de um controle remoto. Após fazer as escolhas das opções de funcionamento e acionar o carro robô para que este reproduza o experimento escolhido, o carro robô se movimentará sobre uma pista provida de uma fita métrica e de pontos (devidamente posicionados à escolha do usuário) que ao serem detectados pelo sensor de posição (instalado no carro robô) irá disparar e travar um cronômetro disponível para visualização no display de cristal líquido, efetuando a marcação do intervalo de tempo decorrido entre os pontos previamente escolhidos pelo usuário. Após o término do experimento, o aluno poderá visualizar no display os dados dos intervalos de tempo medidos.

Materiais utilizados na plataforma robótica desenvolvida

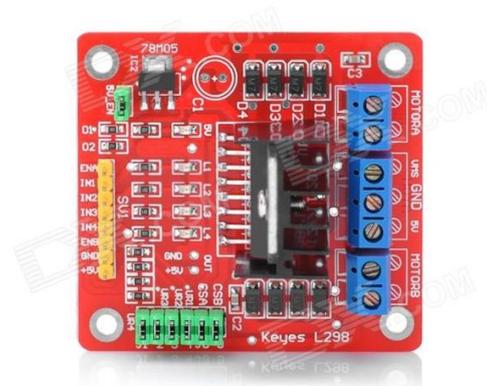
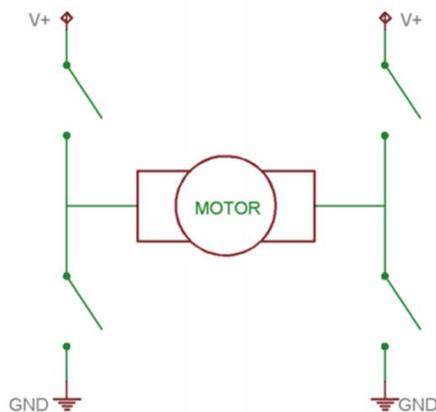
- Uma placa Arduino UNO: é o modelo mais simples da plataforma Arduino. Dispõe de 14 pinos digitais de entrada/saída, seis entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, um fone de poder, um cabeçalho ICSP e um botão reset. A placa Arduino, como descreve Monteiro et.al (2013) é uma plataforma de código aberto com microcontrolador cuja versatilidade possibilita mais do que a aquisição de dados, permite também, o controle de diferentes dispositivos, tais como motores e outros atuadores. A linguagem de programação do Arduino pode se comunicar com outros softwares tais como Flash e o MaxMSP. As placas podem ser 45 montadas manualmente ou adaptadas a partir de kits pré-montados, de acordo com a necessidade do usuário.



Placa Arduino modelo UNO.

- Um controlador tipo L298N: Para que os motores se movam é necessária uma interface eletrônica para controlar os mesmos e a escolhida para este projeto se chama L298N, que é um circuito integrado (um circuito inteiro encapsulado em um chip), que comanda o acionamento dos motores por sinais que são enviados em seus terminais. Este controlador é acionado pelo Arduino por meio de uma programação apropriada, que será explicada no decorrer da documentação. Todavia, apenas o CI não é suficiente, é necessário um circuito ao redor dele que garanta a proteção e funcionamento do sistema, a placa usada no projeto já contém isso. O controle do motor é feito por meio de um circuito conhecido na eletrônica como Ponte H. Um dos circuitos mais importantes na elaboração de sistemas automatizados é a ponte H. Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador. Devido à disposição dos seus componentes, tornasse extremamente fácil selecionar o sentido da rotação de um motor, apenas invertendo a polaridade sobre seus terminais. Também é importante para a utilização com circuitos digitais, pois como os sinais de saída dos microcontroladores não

suportam a corrente necessária e nem possuem a tensão adequada para acionar um motor, é necessária uma unidade de potência que possa alimentá-lo convenientemente. Quando ligamos um motor DC com uma bateria, observamos que ele gira numa velocidade constante e em uma única direção. Para alterarmos o sentido da rotação do motor, basta apenas ligar os terminais do motor de forma invertida. Para que não seja necessário fazer essa operação manualmente, podemos utilizar uma ponte H. Uma ponte H básica é composta por quatro chaves mecânicas ou eletrônicas posicionadas formando a letra “H”, sendo que cada uma localiza-se num extremo e o motor é posicionado no meio.



Ponte H: a) esquema de uma ponte H;

b) controlador tipo L298N.

- Um Display LCD 16x2: é uma tela de cristal líquido, descritos AxB, onde A é o número de colunas e B é o número de linhas. Cada célula do display é associada a um endereçamento e a um espaço na memória. Este endereçamento permite que escolhamos um lugar específico no display para a escrita de mensagens ao usuário. É a partir desse display que a interação entre usuário e plataforma se estabelece. As ações de ligar e desligar, bem como as de escolher o tipo de movimento a ser executado, além dos resultados obtidos no experimento, são estabelecidas a partir desse display. O LCD usado é do tipo paralelo que usa muitos fios, mas seu controle é bastante simples usando a programação Arduino.



Display de cristal líquido.

- Um sensor de distância Sharp 1-10cm: Para que o robô funcione da maneira mais autônoma possível ele precisa ser capaz de perceber o ambiente em que se encontra, existem diversos sensores que permitem ao robô perceber, e com o auxílio de um processamento, reagir ao ambiente. No caso desta plataforma, o sensor precisa ser capaz de identificar pequenas e finas barras na lateral do seu percurso que definem os pontos em que as medições de tempo serão realizadas. Assim, optamos por um sensor infravermelho capaz de captar distâncias de até 10 centímetros e enviar um sinal que será processado e interpretado pelo Arduino.



Sensor de distância.

- Um receptor IR: é um receptor de infravermelhos para detectar sinais de um controle remoto.



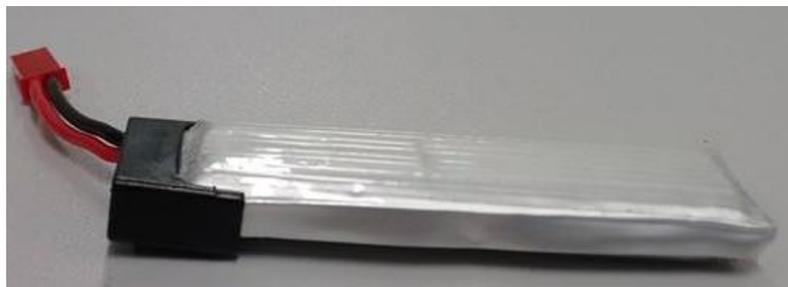
Receptor infravermelho.

- Um controle remoto: é o aparelho utilizado para controlar o funcionamento do carro robô à distância. O controle remoto serve para facilitar o controle prévio do experimento, como selecionar a velocidade desejada naquele momento, parar o robô por qualquer motivo e iniciar o uso do mesmo. Para que isso seja possível é necessário também um elemento eletrônico que receba o sinal infravermelho, ou seja, o receptor IR descrito acima.



Controle remoto.

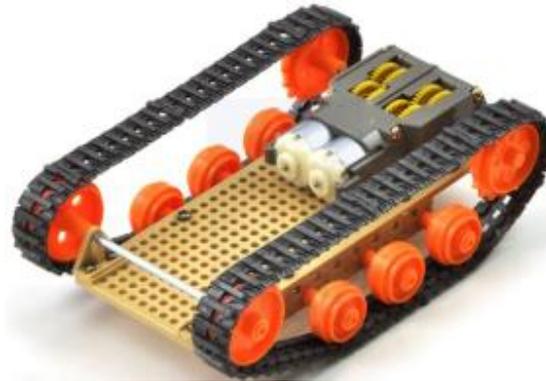
- Duas baterias: servem para alimentar eletricamente a placa Arduino e os motores DC. Optamos pelo tipo LiPo. Existem diversos tipos de baterias para fornecer energia ao sistema, cada célula (que contém 3,7 volts) é composta por uma camada de um polímero e uma camada de lítio. Ela foi escolhida devido a sua boa relação entre fornecimento de tensão / peso. Isso permite que o experimento seja executado por um tempo maior antes de recarregar ou trocar a bateria, se comparado ao tempo que seria necessário entre uma troca e outra de bateria convencional alcalina.



Bateria.

- Um kit de montagem de um carro com esteiras: é um kit com partes desmontadas (esteiras, rodas, engrenagens e dois motores DC) que servem para construir um carro robô. Todos os itens acima devem estar agrupados em uma estrutura robusta e

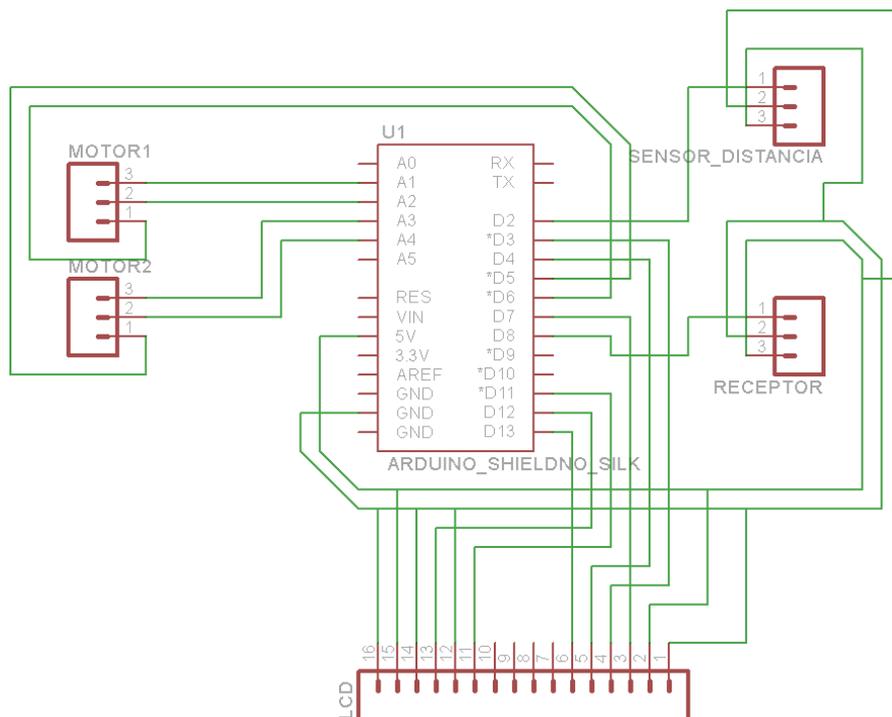
simétrica que permita que o movimento seja o mais retilíneo possível e que dê espaço para que os mesmos sejam distribuídos por sua carcaça. O kit utilizado foi de uma empresa japonesa chamada Tamiya que contém um jogo de esteiras que montadas fornecem um movimento simétrico nos dois lados do experimento, além de uma placa com furações colocada na parte superior do mesmo, a fim de acoplar os outros componentes do projeto.



Kit carro com esteira.

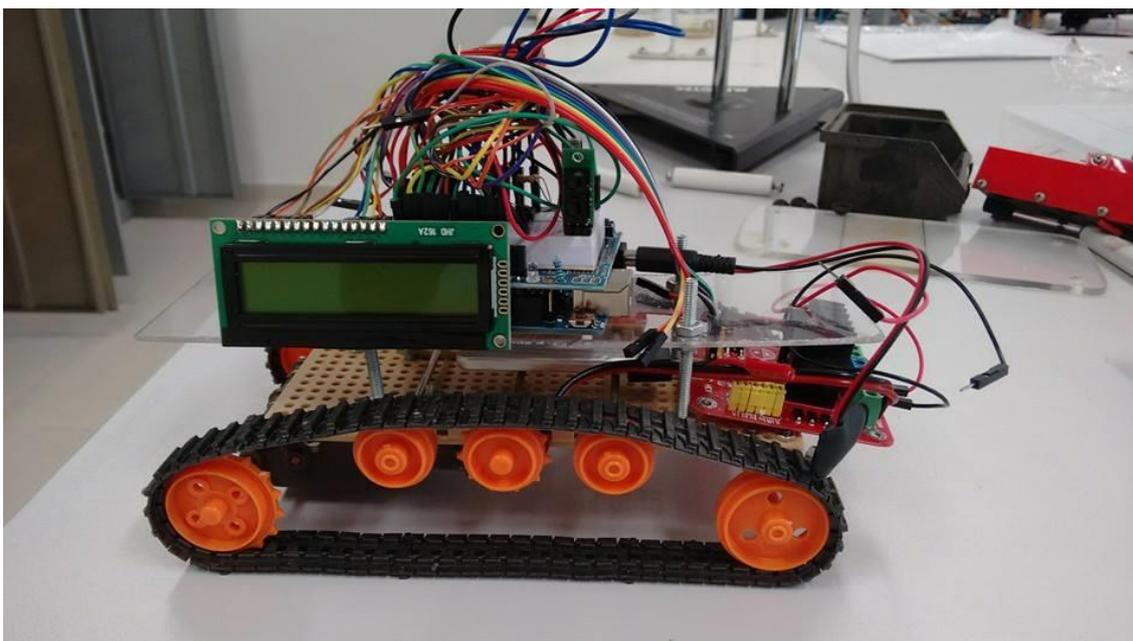
Montagem da plataforma

A montagem final dos elementos eletrônicos contará com um *shield* que está sendo desenvolvido, visando tornar a montagem mais limpa e versátil. *Shields* são placas que expandem a capacidade do Arduino por meio de funções específicas que estão contidas no seu circuito conectando-se logo acima da placa original, mantendo todas as suas portas, mas adicionando um circuito diferenciado. Algumas destas placas de expansão fornecem conectividade *Wi-Fi*, controle de motores, conectividade *bluetooth* entre outras funcionalidades. A placa desenvolvida para o projeto contém conectores para os motores, para o *display* LCD e para os sensores, visando diminuir a quantidade de fios e facilitar o uso da plataforma. Na figura a seguir é apresentado um esquema do circuito do *shield* que estabelece a montagem eletrônica do carro robô.



Shield.

Dessa forma nosso carro robô fica montado da maneira como está indicado na figura a seguir.



Montagem do carro robô.

Montagem da pista para o estudo dos movimentos

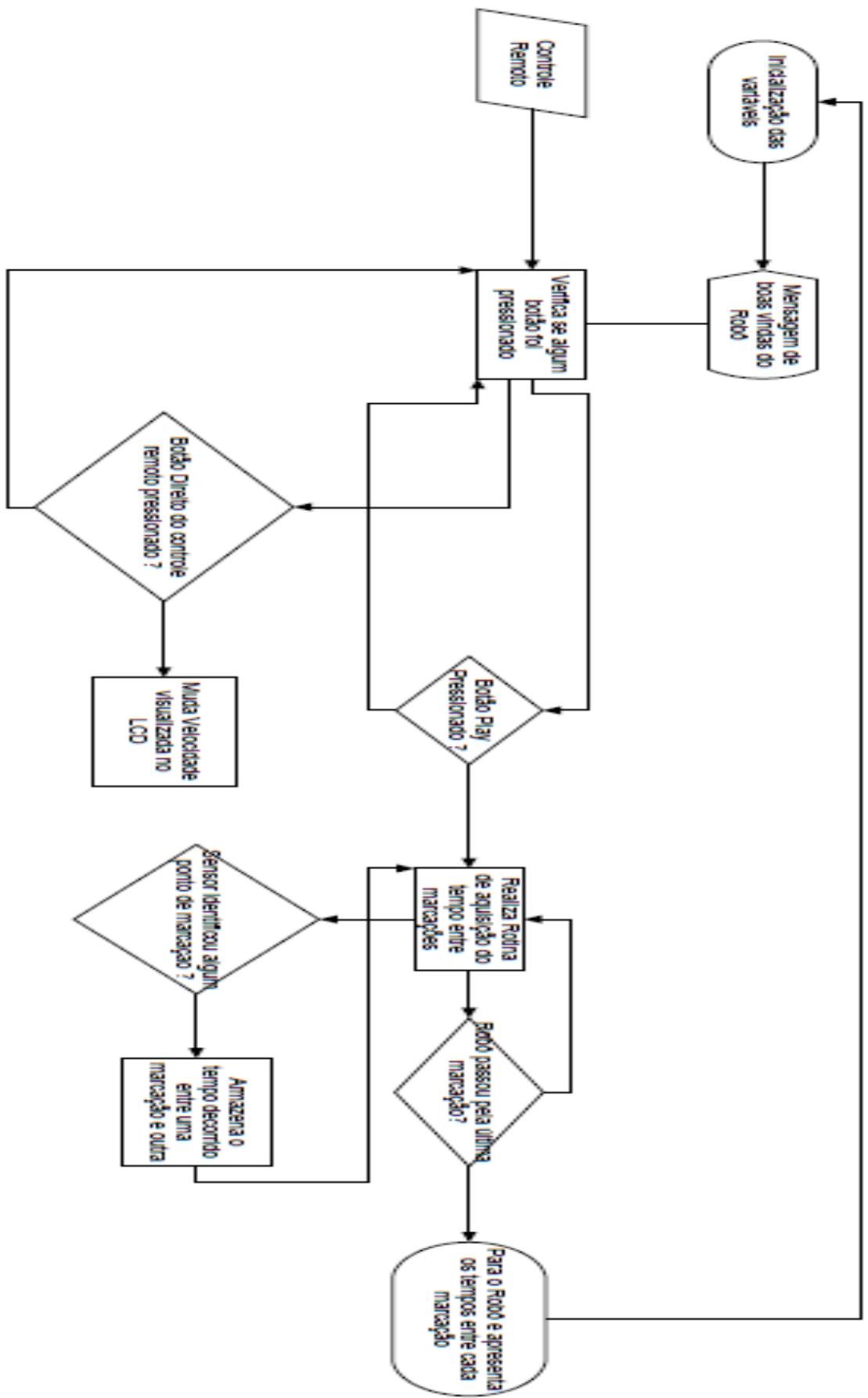
Para que o estudo da cinemática possa ser possível, uma pista retilínea deve ser utilizada. Nesse caso, propomos uma pista construída a partir de uma tábua, duas guias metálicas, uma fita métrica e cinco palitos de picolé com cinco ímãs pequenos que servirão de pontos de referência para marcação dos intervalos de tempo.



Pista e os referenciais de estudo.

O funcionamento e a programação do carro robô

O experimento começa com uma mensagem de boas vindas que é apresentada no LCD e após isso a primeira aceleração ou velocidade é indicada por “Aceleração 1” ou “Velocidade 1”. Após isso o usuário pode usar o controle remoto para selecionar alguma velocidade ou aceleração utilizando um dos botões e com outro botão (ambos bastante intuitivos) iniciar o experimento. O Robô irá então dar início a seu movimento passando pelas marcações externas de sua pista e ao achar a última marcação irá parar. Ao fim o display LCD irá mostrar a medição de tempo entre cada ponto da pista (os pontos podem ser rearranjados de acordo com a preferência do professor). A figura 2 mostra o fluxograma do programa desenvolvido que indica a sequência de tomada de decisões e ações que foram inseridas no experimento por meio do Arduino utilizando linguagem de programação.



Fluxograma.

A seguir será apresentado o código desenvolvido para o experimento. Será dado enfoque em cada estrutura usada e sua função, separadamente, além do uso das bibliotecas desenvolvidas e outras utilizadas no processo. O programa já está em sua maioria bastante comentado e disponível integralmente no apêndice 2.

O programa se inicia com a declaração das bibliotecas que serão usadas no decorrer do código. Bibliotecas são conjuntos de funções, ações que o programa poderá realizar, geralmente elas têm um propósito específico, como controlar um motor, controlar um display LCD, entre outras.

```
//declaração de bibliotecas
#include <IRremote.h> // biblioteca para usar o controle remoto
#include<LiquidCrystal.h> //biblioteca para usar o display LCD
#include <Bounce.h> //biblioteca para evitar trepidação
#include <l298n.h> //biblioteca de controle de motores
#include <StopWatch.h> //biblioteca de cronometro
```

Declaração de bibliotecas do programa.

A biblioteca IRremote é responsável pelas funções que recebem e interpretam os sinais provenientes do controle remoto para que os mesmos sejam usados para acionar o experimento como será visto posteriormente. A biblioteca LiquidCrystal facilita em muito com suas funções o uso do display LCD, que sem ela teria um acionamento muito complexo, então sempre que for preciso apresentar algo no LCD alguma função desta biblioteca é chamada. A biblioteca Bounce é usada para evitar a trepidação que o sensor infravermelho oferece, pois muitas vezes, por ser uma leitura bastante rápida a passagem por um dos pontos de marcação, o sensor lê mais vezes do que o necessário. A biblioteca foi feita principalmente para chaves mecânicas como botões comuns, mas também é viável e útil para o caso deste projeto e o deixa mais confiável e estável. A biblioteca l298n foi desenvolvida junto ao experimento especificamente para tornar mais intuitivo o controle dos motores, ela leva esse nome, pois é a denominação do circuito integrado responsável pelo controle eletrônico dos motores. Por último, a biblioteca Stopwatch é a responsável por funcionar como um verdadeiro cronômetro que pode contar em segundos, milissegundos e até microsegundos, ela é usada para marcar o tempo entre os pontos de marcação e apresentá-los ao fim do experimento.

Em seguida são definidos os pinos nos quais serão conectados a parte do circuito. Definir neste início do código usando o comando #define estes valores é muito importante e quando o programa já está muito longo fica muito mais fácil alterar nesta

parte novamente do que alterar em todas as linhas em que aqueles valores foram chamados no decorrer do código.

```
//definição do pino do sensor|
#define sensor 2 //sensor infravermelho

//definição dos pinos dos motores
#define M1_IN1 A1 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 1
#define M1_IN2 A2 //pino 2 de sinal para a ponteH motor1
#define M1_EN 6// pino PWM para a ponteH motor 1

#define M2_IN3 A3 //pino 1 de sinal para a ponteH motor 2
#define M2_IN4 A4 //pino 2 de sinal para a ponteH motor 2
#define M2_EN 5 // pino PWM para a ponteH motor2

//declaração variaveis do display LCD
LiquidCrystal lcd (12, 11, 13, 4, 3, 7); // declaração do display lcd
```

Declaração da maioria dos pinos usados do Arduino.

Para controlar um motor é necessário usar três pinos, sendo que dois são para controle e alternam seu valor dependendo do sentido que deseja-se que o motor gire, enquanto que o outro controla a velocidade por meio do método PWM, que é explicado em detalhes no apêndice 3. Mas basicamente quanto maior o valor do pino de PWM (que neste caso vai de 0 a 255), maior será a velocidade do motor. O display LCD precisa, neste momento, ser inicializado definindo-se os pinos que são utilizados para seu funcionamento por meio de uma função da sua própria biblioteca.

A primeira parte do programa então acaba com a declaração das últimas variáveis ou objetos que serão usados futuramente.

```
int tela; //variavel de controle da tela do lcd
int selecao = 0; //variavel controle selecao velocidade
int ponto_medicao = 0; //inicializaãção dos pontos de medição|
int tempo1,tempo2,tempo3,tempo4; //variavel do cronometro
int RECV_PIN = 8; //pino do receptor do controle remoto
float armazenavalor; //valor recebido pelo controle remoto
```

Declaração de variáveis.

As variáveis podem ser de diversos tipos e essa é a primeira coisa que é preciso definir ao se declarar uma. Na figura acima existem algumas do tipo int e outras do tipo float. O primeiro quer dizer que os valores armazenados naquelas variáveis devem pertencer apenas ao grupo dos números inteiros, enquanto a segunda quer dizer que aquela

variável deve armazenar número com vírgulas. A variável tela representa qual a tela do experimento está sendo visualizada naquele momento, sendo que a tela 1 é entendida como a tela onde aparece no display LCD escrito “Velocidade 1” ou “Aceleração 1” e assim por diante. A variável seleção, por sua vez, indica se a velocidade que está sendo apresentada foi também selecionada e, portanto, com o robô em movimento; estas duas variáveis são inicializadas no início do programa com “0” pois nenhuma velocidade está sendo mostrada no início antes da mensagem de boas vindas do projeto. As variáveis tempo que vão de 1 a 4 indicam as medições de tempo que serão realizadas. A próxima variável representa em qual pino está conectado o receptor do controle remoto, ela poderia também ser declarada usando #define. Por último, a variável armazena valor vai receber e armazenar o código que é interpretado pelo receptor do controle remoto. Cada botão do controle tem uma decodificação diferente que é usada para que o programa saiba qual botão foi apertado. Tudo isso feito com o auxílio da biblioteca para controle remoto que foi declarada no início.

Agora serão declarados os objetos a serem usados. Objetos ao contrário de variáveis não armazenam apenas um determinado tipo de valor, eles podem ter seus comandos e ações próprias e tem também mais de um tipo de valor que pode ser armazenado dentro deles. Geralmente um objeto tenta por meio de seus comandos, chamados de métodos e suas variáveis chamadas de parâmetros, representar pelos códigos algum objeto ou fenômeno do mundo real.

```
//declaração de objetos com debouncing para os motores e sensores
Bounce bounce_sensor = Bounce(sensor,10);

//declaracao do objeto cronometro
StopWatch sw_millis;

//declaração de objetos dos motores
1298n motor1(M1_IN1, M1_IN2, M1_EN);
1298n motor2(M2_IN3, M2_IN4, M2_EN);
```

Declaração de objetos.

O primeiro objeto declarado pertence à biblioteca responsável por eliminar a trepidação do sensor. Então ele é usado para associar o sensor ao “filtro” de trepidação. Ao declarar uma variável só é preciso definir o seu tipo e o seu nome, enquanto que no objeto é necessário definir seu tipo, seu nome e dependendo é também necessário inserir alguns parâmetros, neste caso o parâmetros foram o pino em que está conectado o sensor (que ao invés de ser um número, foi o próprio nome que foi definido no início do

programa) e o valor “10” que representa um valor importante na hora de tratar a trepidação. Depois, é declarado o objeto que representa um cronômetro, eles provêm da biblioteca `Stopwatch` declarada previamente, ao contrário do objeto anterior que precisava de parâmetros para ser declarado, este define em qual unidade de tempo irá medir de acordo com o nome dado, no caso `sw_millis` quer dizer que a medição será em milissegundos. Os dois próximos objetos são declarados de maneira semelhante. Ambos são provenientes da biblioteca desenvolvida especificamente para este projeto. Ao criar este objeto é necessário dizer quais serão os pinos que irão controlar cada motor, novamente a indicação dos parâmetros é feita sem usar os números em si, mas sim os nomes aos quais os mesmos estão associados.

Todo código desenvolvido em Arduino é dividido em duas principais partes: `void setup` e `void loop`. A primeira reúne o grupo de comandos que irá ser executado ao iniciar o Arduino, enquanto o outro será executado repetitivamente até que o dispositivo reinicie ou desligue. Esse último é extremamente importante, porque o Arduino repete este último grupo de comandos mais de mil vezes por segundo e isso é um fator extremamente importante para o funcionamento correto do sistema. A figura 7 apresenta a função `loop` que basicamente inicializa alguns parâmetros e dá a mensagem de boas vindas do experimento.

```
void setup()
{
  //Rotina de inicialização do LCD
  Serial.begin(9600); // comando de inicialização da comunicação serial entre o arduino e o computador
  lcd.begin(16, 2); // comando de inicialização do LCD indicando o tamanho dele

  //declaração do dispositivo de entrada
  pinMode(8, INPUT);

  //comandos para enviar mensagem de boas vindas do software no LCD
  lcd.setCursor(0,0); //define que o cursor do lcd esteja na posição inicial
  lcd.print("Robo"); //escreve a palavra Robo a partir da posição que o cursor se encontra
  lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor em outra posição
  lcd.print("MRU"); //escreve a palavra MRU a partir da posição em que o cursor se encontra
  delay(3000); //faz o software esperar por 3 segundos para que o usuário possa visualizar a mensagem
  lcd.clear(); //limpa o display lcd
  tela = 1; //inicializa a variável que indica qual velocidade o usuário está visualizando |
  irrecv.enableIRIn(); // Inicializa o receptor IR
}
```

Função `loop`.

Primeiramente, a comunicação entre o computador e a placa é estabelecida, ela é muito útil durante o processo de desenvolvimento para fazer debugging que nada mais é do que verificar em que ponto o programa está chegando, o valor de variáveis em determinados pontos do programa, tudo que for útil para entender melhor como o que foi digitado está sendo interpretado pela placa em tempo real. Para o Arduino cada porta pode

servir tanto como entrada quanto como saída, portanto cada uma delas deve ser especificada como entrada ou saída como é feito com o pino 8 que é onde o receptor do controle é conectado, por isso ele é declarado como INPUT(entrada). A seguir o display LCD recebe seus parâmetros iniciais que primeiramente definem qual o tamanho dele (no caso 16x2, 16 colunas e 2 linhas) e depois onde o curso dele irá iniciar. Em seguida a mensagem de boas vindas aparece por 3 segundos, a função delay para o programa por um tempo definido em milisegundos e continua executando a última ação que foi enviada, no caso a mensagem de boas vindas. A função delay geralmente é evitada dentro da função loop, pois toda a velocidade que o processador do Arduino possui é “jogada fora” toda vez que o programa para por um tempo determinado. Parte-se então para o mais importante: a função loop. A mesma é longa e cheia de diferentes estruturas que serão apresentadas separadamente na ordem em que aparecem no código. A primeira delas é a interpretação dos sinais vindos do controle remoto.

```

if (irrecv.decode(&results)) //verificação se algum botão foi pressionado do controle remoto
{

    armazenavalor = (results.value); // armazena código recebido pelo receptor do controle rem
    if (armazenavalor == 0xFF02FD){ // verifica se o código recebido representa o botão de mu

        motor1.parar(); //manda o comando para a ponteH parar o motor1
        motor2.parar(); //manda o comando para a ponteH parar o motor1
        lcd.clear(); //limpa o display lcd
        selecao = 0; //inicializa variável que indica e alguma velocidade está selecionada,
        if(tela == 1) tela++; //avança a e tela que o usuário está visualizando
        else if(tela == 2) tela++; //avança a tela que o usuário está visualizando
        else if(tela == 3) tela = 1; //volta para a primeira tela
    }
}

```

Primeira interpretação de comandos do controle remoto.

Primeiramente o Arduino verifica se algum botão foi pressionado e, como mencionado anteriormente, isso somente é eficiente devido a quantidade de vezes por segundo que todos os comandos dentro da função loop são executados. Isso permite com que a ação de verificar se um botão foi pressionado seja executada quase que o tempo todo. Após isso, caso seja identificado que algum botão foi pressionado, o programa verifica se o botão acionado foi o que avança as telas, uma vez apertado este botão, os motores param (para o caso de estarem em movimento) e a tela avança para a próxima, o fato dele parar o motor torna esse botão também um botão para interromper o experimento. É bem importante notar que para avançar de uma tela para outra é preciso limpar o que está escrito no LCD por meio do comando lcd.clear, porém caso esse

comando seja usado muitas vezes o display começa a piscar e prejudica a visualização das informações. Outra opção é que o botão pressionado tenha sido o que ativa a velocidade.

```

if(armazenavalor == 0xFFC23D) // verifica se
{
    if(tela == 1){ //verifica se o usuário está
        selecao = 1; //seleciona a velocidade q
        sw_millis.start(); //começa a contagem de
    }

    else if(tela == 2){ //verifica se
        selecao = 2; //seleciona a velocidade que
        sw_millis.start(); //inicia o cronômetro
    }

    else if(tela == 3){ //verifica se o usu
        selecao = 3; // seleciona a velocidade
        sw_millis.start(); //inicia o cronômetro
    }
}
irrecv.resume(); //lê o próximo valor

```

Comandos quando o botão play é pressionado.

Caso o botão que aciona a velocidade seja apertado, o cronômetro já dá início à contagem para representar o tempo entre o repouso e o primeiro ponto, o código também identifica qual a velocidade em que o usuário estava visualizando para acionar a velocidade certa no restante do código. Após a tentativa de identificar se algum dos botões configurados foi pressionado, o programa dá prosseguimento para iniciar o experimento em si.

```

switch(tela){ //switch que executa uma série de ações de acordo com o valor que tela tiver quando ele for chamada

    case 1: // caso em que o usuário está na primeira velocidade
        lcd.setCursor(0,0); //coloca o cursor na posição inicial
        lcd.print("Velocidade 1"); //indica a velocidade que pode ser selecionada com o botão "play"

        //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
        lcd.setCursor(6,1);

        if(selecao == 1){ //verifica se a velocidade 1 foi selecionada
            motor1.set_vel(127); //determina a velocidade em que o motor1 irá girar
            motor2.set_vel(127); //determina a velocidade em que o motor2 irá girar
            motor1.mover_sentido1(); //move o motor1 em um sentido
            motor2.mover_sentido1(); //move o motor2 em um sentido

            lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
            lcd.print("Selecionada"); //mostra na tela de LCD para o usuário que a velocidade desejada foi selecionada

```

Estrutura switch.

A estrutura switch é essencial nesse programa, é uma maneira simples de tomar diferentes decisões para diferentes valores de uma mesma variável, no caso a variável é a tela. Então cada tela tem uma tomada de decisões bem semelhante, mas essencialmente distintas, será mostrado neste documento apenas o exemplo de uma tela o mesmo se

repetiria para um número qualquer de telas e consequentemente de velocidades. Quando a tela assume o valor 1, ela irá mostrar a velocidade correspondente e caso além disso aquela velocidade esteja selecionada, o que é verificado a partir da estrutura if, ele roda os dois motores do experimento a uma velocidade de 127. Importante notar que no uso desta biblioteca que controla motores é preciso definir primeiramente a velocidade e depois mandar o motor se mover em um dos sentidos. Uma vez em movimento é hora de verificar o sensor para identificar os pontos de medição e acionar o cronômetro.

```

if (bounce_sensor.update()){ //verifica se o sensor teve uma mudança de estado
if (bounce_sensor.fallingEdge()){ //verifica se a mudança foi de um nível lógico alto para um nível lógico baixo(HIGH para LOW)
if(ponto_medicao == 0){ //verifica se o robô ainda não passou por nenhum ponto de medição
tempol = sw_millis.elapsed(); //armazena na variável o tempo decorrido desde o início do experimento
ponto_medicao = 1; //estabelece que o móvel já passou pelo primeiro ponto de medição
sw_millis.reset(); //reseta o cronômetro
sw_millis.stop(); //para o cronômetro
sw_millis.start(); //inicia o cronômetro

```

Utilização do sensor para identificar os pontos de medição.

Neste momento a biblioteca que filtra a trepidação deve ser chamada e consulta-se se o sensor identificou um objeto e com o auxílio da biblioteca confirma-se que o ponto foi visto apenas, uma vez ao invés de causar a situação em que um objeto só é visto, mas o sensor é acionado diversas vezes. Caso o sensor tenha mesmo visto um objeto, ele para o cronômetro e salva o tempo decorrido desde que ele havia sido ligado e o liga novamente para prepará-lo para a próxima medição. A variável ponto_de_medicao indica qual ponto de medição já foi passado. Ao chegar ao último ponto, a variável tela recebe o valor de 99 e vai para a última tela que mostra os resultados do experimento.

```

case 99: //caso para quando todas as medições já foram realizadas em qualquer velocidade

lcd.setCursor(0,0); //coloca o cursor do LCD em sua posição inicial
lcd.print("Tempo 1"); //apresenta a mensagem Tempol no display lcd a partir da posição do cursor
lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor do LCD na posição desejada
lcd.print(tempol); //mostra na tela do display LCD o tempo entre o início e o primeiro ponto de medição
delay(2000); //para o programa por 2 segundos mostrando a ultima mensagem
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo2);
delay(2000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 3");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo3);
delay(2000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tempo 4");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tempo4);
delay(2000);
lcd.clear();//limpa o display lcd
tela = 1; //volta para a tela inicial
break;

```

Última tela e exibição dos resultados.

Esse último grupo de comandos tem apenas a função de apresentar a medida de tempo entre cada ponto de medida com uma diferença de 2 segundos entre a exibição de cada um. Por fim o programa é reiniciado e o ciclo se inicia novamente, o professor pode selecionar outra velocidade ou apenas repetir o experimento como se fosse a primeira vez.