LEONARDO PEREIRA DA SILVA

MNPEF

UNIR

KITS DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA COM O ARDUINO

JI-PARANÁ, RO
OUTUBRO DE 2017

LEONARDO PEREIRA DA SILVA

KITS DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA COM ARDUINO

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) através do Polo do Campus de Ji-Paraná, da Universidade Federal de Rondônia, como parte dos quesitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física, sob orientação do Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza.

JI-PARANÁ, RO
OUTUBRO DE 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

S586k Silva, Leonardo.

Kits de Experimentos de Física com o Arduíno / Leonardo Silva. -- Ji-Paraná, RO, 2017.

135 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Arduíno. 2.Experimentos. 3.Pêndulo. 4.Resfriamento de Newton. 5.Capacitor. I. Souza, Marco Polo Moreno de. II. Título.

CDU 531.5

Bibliotecário(a) Alex Almeida CRB 11.853

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF

MNPEF

ATA DE AVALIAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO JI-PARANA

Aos vinte e sete dias do mês de outubro do ano de 2017, às 15:05 h, no Laboratório Didático de Física e Química do *Campus* da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) de Ji-Paraná, reuniu-se a Banca Examinadora que foi composta pelos três examinadores: Kécio Gonçalves Leite, Robinson Viana Figueroa Cadillo e Juliano Alves de Deus, para avaliarem o trabalho de dissertação de Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo de Ji-Paraná/UNIR intitulado **KITS DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA COM O ARDUINO**, do aluno *Leonardo Pereira da Silva*. A banca foi presidida pelo orientador Marco Polo Moreno de Souza o qual não participou na arguição e nem na avaliação do trabalho de dissertação. Após a apresentação, o candidato foi arguido apenas pelos três integrantes da Banca Examinadora por SESSENTA E NOVE (69) minutos. Ao final da arguição, a Banca Examinadora, em sessão reservada, **aprovou** o candidato com o conceito B, conforme as regras de aprovação estabelecidas no Regimento do MNPEF. Nada mais havendo a tratar, a avaliação foi encerrada às 17:35 h, dela sendo lavrada a presente ata, assinada por todos os três membros da Banca Examinadora e pelo orientador.

Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza – PJIPAMNPEF/UNIR
Orientador (presidente)

Prof. Dr. Kécio Gonçalves Leite – PJIPAMNPEF/UNIR
Primeiro Membro

Prof. Dr. Robinson Viana Figueroa Cadillo – PJIPAMNPEF/UNIR
Segundo Membro

Prof. Dr. Juliano Alves de Deus – IFRO/Cacoal
Terceiro Membro

Aos meus pais Eliezer Pereira da Silva e
Laurinda Maria Pereira da Silva pela
educação e exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

- em primeiro lugar a DEUS, por estarmos aqui.
- a minha esposa Sylvia e meu filho Lenner, pelo incentivo e apoio.
- ao orientador Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza, pela sua orientação e incentivo.
- aos amigos Jorge M. Chianca e a Tereza Cristina, pelo apoio desde o início deste trabalho.
- as amigas Profa. Dra. Jaqueline Aida Ferrete, Profa. Ma. Daniely Batista Alves e Profa. Esp. Maria Leda Correia de Melo pela ajuda na elaboração deste trabalho.
- ao amigo Prof. Me. Bruno Rover Dal Pra, pela ajuda na elaboração deste trabalho e do produto.
- ao amigo Paulo Cesar Macedo pela colaboração na construção dos kits.
- aos amigos Erinaldo Carlos da Cunha e José Braz de Araújo, pelo incentivo.

RESUMO

Nas últimas décadas a sociedade tem passado por grandes transformações promovidas pelo constante desenvolvimento científico e tecnológico. No entanto, quando pensamos no ambiente escolar, a realidade se torna bem diferente: as salas de aula da maioria das escolas públicas ainda estão muito distantes deste universo. Dessa forma, a construção de equipamentos alternativos tem se tornado uma ferramenta altamente eficaz para viabilizar e facilitar o processo ensino aprendizagem uma vez que este é favorecido através da interação entre teoria e prática. Diante dessa visão, este trabalho tem como objetivo mostrar como é possível construir kits de experimento e uma *interface* com a plataforma Arduino com materiais de fácil aquisição e de baixo custo, que possam ser utilizados para coleta de dados de experimentos de Física. Descrevemos a construção de uma interface e quatro kits experimentais: o pêndulo simples; o plano inclinado para estudo do movimento uniformemente variado; a lei de resfriamento de Newton e a carga e descarga de um capacitor, que atendem as principais áreas da física estudada no ensino médio: mecânica, termologia e eletricidade. Após a construção e avaliação dos kits, concluimos que é possível construir kits de experimentos de física de baixo custo e cujos dados coletados possam ser assistidos por computador, ressaltando a relevância deste trabalho como um instrumento para facilitar o entendimento por parte dos alunos e melhorar o desempenho dos professores em sala de aula.

Palavras chave: Arduino, experimentos, pêndulo, resfriamento de Newton, capacitor.

ABSTRACT

In recent decades, the society has experienced major changes. These changes have been fostered by the constant scientific and technological development. However, when we consider the school environment, the reality is totally different. The most part of the classrooms from public schools are still far behind of this context. So, the construction of alternative equipment has become a very useful tool to make viable and to facilitate the teaching and learning process, once, it happens through the theory and practice. Based on that, this work aims to show that it is possible to build experiment kits and an interface with the Arduino Platform with materials of easy and low cost acquisition, that can be used to get data of experiments carried out in Physics. We described the construction of one interface and four experimental kits: simple pendulum, inclined plan to study the uniformly varied motion; Newton's law of cooling, and charging and discharging of a capacitor, that cover the mainly physics areas studied on high school level: mechanics, thermology and electricity. After the construction and assessment of the kits, we have concluded that it is possible to build physics experiment kits with low cost and that the collected data can be observed on the computer, emphasizing the relevance of this work as an instrument to enhance the student`s understanding and to enhance the teacher`s performance in the classroom.

Keywords: Arduino, experiments, pendulum, Newton law cooling, capacitor.

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Período em função do ângulo (Θ) inicial..... 39
Tabela 6.1 – Relação de materiais da *interface*..... 59
Tabela 6.2 – Conexões do LCD..... 60
Tabela 6.3 – Relação de materiais do pêndulo simples..... 62
Tabela 6.4 – Relação de materiais do plano inclinado..... 72
Tabela 6.5 – Relação de materiais do experimento lei de resfriamento de Newton..... 77
Tabela 6.6 – Relação de materiais do experimento capacitor..... 78
Tabela 7.1 – Valores encontrados da aceleração da gravidade..... 84

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Tripé com espelho..... 18
Figura 3.2 – Lâmpada aquecendo os NTCs..... 19
Figura 3.3 – Circuito de carga e descarga do capacitor..... 21
Figura 3.4 – Pêndulo. 24
Figura 4.1 – Placa Arduino UNO..... 26
Figura 4.2 – Arduino Leonardo..... 27
Figura 4.3 – Placa Arduino Mega 2560..... 28
Figura 4.4 – IDE do Arduino..... 29
Figura 4.5 – Monitor serial..... 30
Figura 4.6 – Alimentação da placa Arduino UNO..... 31
Figura 4.7 – Entrada e saídas digitais..... 31
Figura 4.8 – Entradas analógicas e conectores de tensão..... 32
Figura 4.9 – Identificação dos componentes da placa Arduino UNO..... 32
Figura 4.10 – Seleção da placa no IDE..... 33
Figura 4.11 – Seleção da porta de comunicação..... 34
Figura 5.1 – Representação de um pêndulo simples..... 35
Figura 5.2 – Diagrama de forças para o pêndulo simples..... 36
Figura 5.3 – Gráfico ângulo(Θ = 5°) versus tempo..... 40
Figura 5.4 – Gráfico ângulo(Θ = 150°) versus tempo..... 40
Figura 5.5 – Esquema físico do capacitor..... 43
Figura 5.6 – Representação do capacitor..... 44
Figura 5.7 – Representação de um circuito RC..... 45
Figura 5.8 – Circuito RC com capacitor carregando..... 45
Figura 5.9 – Gráfico de carga e descarga de um capacitor..... 48
Figura 6.1 – Kits de experimento..... 49
Figura 6.2 – Esquema de ligações da interface. Criado através do programa Fritzing..... 50
Figura 6.3 – Funcionalidade da Interface..... 51
Figura 6.4 – Descrição do pêndulo simples..... 51
Figura 6.5 – Diagrama de blocos – Pêndulo..... 52
Figura 6.6 – Circuito elétrico sensor óptico..... 52

Figura 6.7 – Plano Inclinado..... 53
Figura 6.8 – Sensor Ultrassônico..... 53
Figura 6.9 – Emissão e recepção de sinal..... 54
Figura 6.10 – Diagrama de blocos Distância..... 54
Figura 6.11 – Ligação do Ultrassônico. Criado através do programa Fritzing..... 55
Figura 6.12 – Diagrama de blocos Temperatura..... 56
Figura 6.13 – Ligações dos sensores..... 56
Figura 6.14 – Circuito elétrico do capacitor..... 57
Figura 6.15 – Diagrama de blocos Capacitor..... 58
Figura 6.16 – *Interface*..... 58
Figura 6.17 – Esquema de ligações da interface Criado através do programa Fritzing..... 59
Figura 6.18 – Fixação do *display*..... 60
Figura 6.19 – Fixação da placa UNO..... 61
Figura 6.20 – Detalhe do ponto de alimentação do *display*..... 61
Figura 6.21 – Pêndulo simples..... 63
Figura 6.22 – Haste vertical..... 63
Figura 6.23 – Ponteira interna..... 64
Figura 6.24 – Nipel..... 64
Figura 6.25 – Haste horizontal..... 65
Figura 6.26 – Detalhes da luva de correr..... 65
Figura 6.27 – Detalhes da braçadeira e barra roscada..... 66
Figura 6.28 – Detalhes da barra roscada..... 66
Figura 6.29 – Detalhes do transferidor..... 67
Figura 6.30 – Detalhes do corpo (chumbada)..... 67
Figura 6.31 – Base do pêndulo..... 68
Figura 6.32 – Circuito de alimentação do laser..... 68
Figura 6.33 – Plugs roscável..... 69
Figura 6.34 – Suporte do laser..... 69
Figura 6.35 – Plug do adaptador de mangueira ½ x 3/8..... 69
Figura 6.36 – Adaptador de mangueira ½ x 3/8..... 70
Figura 6.37 – Tê e suporte do sensor óptico..... 70
Figura 6.38 – Placa de circuito impresso..... 71
Figura 6.39 – Terminais da placa..... 71

Figura 6.40 – Plano inclinado..... 72
Figura 6.41 – Pés do plano inclinado..... 73
Figura 6.42 – Fixação da dobradiça..... 73
Figura 6.43 – Fixação da barra roscada..... 74
Figura 6.44 – Detalhe das porcas tipo borboleta..... 74
Figura 6.45 – Fixação da cantoneira..... 75
Figura 6.46 – Suporte do sensor..... 75
Figura 6.47 – Placa de circuito impresso..... 76
Figura 6.48 – Experimento lei de resfriamento de Newton..... 76
Figura 6.49 – Placa circuito impresso lei de resfriamento..... 77
Figura 6.50 – Terminais de ligação lei de resfriamento..... 77
Figura 6.51 – Circuito eletrônico lei de resfriamento. Criado através do programa Fritzing..... 78
Figura 6.52 – Experimento capacitor..... 79
Figura 6.53 – Barra de terminais..... 79
Figura 6.54 – Terminais da placa do experimento capacitor..... 80
Figura 7.1 – Laboratório de física..... 81
Figura 7.2 – Medição do comprimento do pêndulo..... 83
Figura 7.3 – Fixando a haste horizontal..... 83
Figura 7.4 – Massa pendular passando pelo laser..... 83
Figura 7.5 – Registro das oscilações..... 83
Figura 7.6 – Realização dos cálculos (grupo A)..... 83
Figura 7.7 – Realização dos cálculos (grupo B)..... 84
Figura 7.8 – Detalhe da rampa com a bola e a interface..... 85
Figura 7.9 – Planos inclinados construídos..... 86
Figura 7.10 – Deslocamento no plano inclinado (grupo A)..... 86
Figura 7.11 – Deslocamento no plano inclinado (grupo B)..... 87
Figura 7.12 – Deslocamento no plano inclinado (grupo C)..... 87
Figura 7.13 – Coleta de temperatura (grupo A)..... 88
Figura 7.14 – Coleta de temperatura (grupo B)..... 88
Figura 7.15 – Coleta de temperatura (grupo C)..... 88
Figura 7.16 – Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo A)..... 89
Figura 7.17 – Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo B)..... 89

Figura 7.18 – Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo C)..... 89
Figura 7.19 – Kit com interface do (grupo A)..... 90
Figura 7.20 – Kit com interface do (grupo B)..... 90
Figura 7.21 – Kit com interface do (grupo C)..... 91
Figura 7.22 – Kit com interface do (grupo D)..... 91
Figura 7.23 – Carga e descarga capacitor 1000 μF (grupo A)..... 91
Figura 7.24 – Carga e descarga capacitor 1000 μF (grupo B)..... 91
Figura 7.25 – Carga e descarga capacitor 1000 μF (grupo C)..... 92
Figura 7.26 – Carga e descarga capacitor 1000 μF (grupo D)..... 92
Figura 7.27 – Carga e descarga capacitor 3300 μF (grupo A)..... 92
Figura 7.28 – Carga e descarga capacitor 3300 μF (grupo B)..... 93
Figura 7.29 – Carga e descarga capacitor 3300 μF (grupo C)..... 93
Figura 7.30 – Carga e descarga capacitor 3300 μF (grupo D)..... 93

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 15
2. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA..... 17
3. REVISÃO DE LITERATURAS..... 18
3.1. A PLACA ARDUINO UMA OPÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA ASSISTIDAS PELO PC..... 18
3.2. FÍSICA COM ARDUINO PARA INICIANTES..... 19
3.3. INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO DE FÍSICA DA UFRRJ: EXPERIÊNCIAS DOCENTES PARA A INTRODUÇÃO TECNOLÓGICA..... 21
3.4. ARDUINO: UMA TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA..... 22
4. ARDUINO..... 25
4.1. HARDWARE DO ARDUINO..... 25
4.2. MODELOS DE PLACAS DE ARDUINO..... 26
4.2.1. Arduino UNO..... 26
4.2.2. Arduino Leonardo..... 27
4.2.3.Arduino Mega2560..... 28
4.3. SOFTWARE PARA ARDUINO..... 28
4.4. DETALHES DA PLACA ARDUINO UNO..... 30
4.4.1. Alimentação da placa..... 30
4.4.2. Entradas e saídas de dados..... 31
4.5. INSTALAÇÃO DO SOFTWARE DO ARDUINO..... 32
5. FÍSICA DOS EXPERIMENTOS..... 35
5.1 PÊNDULO SIMPLES..... 35
5.1.1. Estudo do pêndulo simples para ângulos pequenos..... 37
5.1.2. Estudo do pêndulo simples para ângulos maiores..... 39
5.2. MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO..... 41
5.3. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON..... 42
5.4. CAPACITOR..... 43
5.4.1. Carga e descarga de um capacitor..... 44
6. KITS DE EXPERIMENTO..... 49
6.1. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO..... 49

6.1.1. Interface..... 50
6.1.2. Pêndulo simples..... 51
6.1.3. Plano inclinado..... 53
6.1.4. Lei de resfriamento de Newton..... 55
6.1.5. Capacitor..... 57
6.2. DESCRIÇÃO DA CONSTRUÇÃO..... 58
6.2.1. Interface..... 58
6.2.2. Experimentos..... 61
6.2.2.1. Pêndulo simples..... 62
a) Haste vertical..... 63
b) Haste horizontal..... 64
c) Base..... 67
6.2.2.2. Plano inclinado..... 71
6.2.2.3. Lei de Resfriamento de Newton..... 76
6.2.2.4. Capacitor..... 78
6.3. VANTAGENS E VIABILIDADE ECONÔMICA..... 80
7. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO..... 81
7.1. PÊNDULO SIMPLES..... 82
7.2. PLANO INCLINADO – MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO..... 85
7.3. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON..... 88
7.4. CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR..... 90
8. CONCLUSÃO..... 95
REFERÊNCIAS..... 97
APÊNDICE A – CÓDIGOS DE PROGRAMAS..... 98
APÊNDICE A1 – CÓDIGOS DO PROGRAMA PÊNDULO..... 98
APÊNDICE A2 – CÓDIGOS DO PROGRAMA DISTÂNCIA..... 99
APÊNDICE A3 – CÓDIGOS DO PROGRAMA TEMPERATURA..... 100
APÊNDICE A4 – CÓDIGOS DO PROGRAMA CAPACITOR..... 102
APÊNDICE B – GUIAS DOS EXPERIMENTOS..... 104
APÊNDICE B1 – PÊNDULO SIMPLES..... 104
APÊNDICE B2 – PLANO INCLINADO..... 106
APÊNDICE B3 – LEI DE REFRIAMENTO DE NEWTON..... 107
APÊNDICE B4 – CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR..... 108

APÊNDICE C – RELATOS DOS ALUNOS..... 109
APÊNDICE C1 – RELATOS DO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES..... 109
APÊNDICE C2 – RELATO DO EXPERIMENTO DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON..... 112
APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL “Kits de Experimentos de Física com o Arduíno”..... 113

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a sociedade tem passado por grandes transformações promovidas pelo constante desenvolvimento científico e tecnológico. Tais transformações tem possibilitado aos pesquisadores e educadores o compartilhamento dos conhecimentos construídos e adquiridos nas suas observações e experiências. No entanto, quando pensamos no ambiente escolar, a realidade se torna bem diferente: as salas de aula da maioria das escolas públicas ainda estão muito distantes deste universo. Os recursos tecnológicos utilizados, em sua maior parte, restringem-se a projetores, simuladores e internet como ferramenta de pesquisa para os trabalhos escolares.

Se reduzirmos ainda mais esta amostra e restringirmos a disciplinas específicas, esta desconexão tecnológica se torna ainda maior. O ensino de Física é um exemplo claro, tendo em vista as inúmeras possibilidades e o vasto universo tecnológico que pode possibilitar um maior aprendizado aos alunos. No entanto, ela é uma das disciplinas cujas aulas estão essencialmente centradas nos conteúdos, baseando-se, na maioria das vezes, em aulas expositivas, sendo uma das principais responsáveis pelo alto índice de reprovação nas séries onde está inserida.

As dificuldades enfrentadas no ensino de física, bem como das demais ciências, são inúmeras, e permeiam desde a formação dos docentes que ministram estas disciplinas até a falta de conhecimento na área de tecnologia e de recursos financeiros para a aquisição de equipamentos para laboratórios, tanto por parte das escolas como do poder público. Segundo WAISELFISZ (2009), em seu estudo intitulado “O Ensino das Ciências no Brasil e o PISA”, em 2007 aproximadamente 21.600 professores lecionavam Física nas séries finais do Ensino Fundamental, e destes aproximadamente 15% possuíam graduação na área. Ainda no mesmo estudo, ao questionar o interesse dos alunos nas diversas áreas das Ciências, aproximadamente 42% dos entrevistados apresentavam baixo ou nenhum interesse pelo estudo de Física. Esses dados refletem claramente no desempenho dos alunos brasileiros. A pesquisa publicada em 2005 pela UNESCO, “Ensino de Ciências: O Futuro em risco”, aponta que na avaliação do Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA 2000, a média do desempenho dos alunos brasileiros de 15 anos na área das Ciências colocou o Brasil na Penúltima posição, 40º lugar.

Dessa forma, se torna de extrema importância trabalhar os conteúdos de Física de forma investigativa e buscando motivar a participação ativa dos alunos na disciplina, concretizando as teorias aplicadas em sala de aula em conhecimentos efetivos, por meio de um processo

dinâmico e interativo, tornando assim, as aulas mais atrativas. A utilização de práticas experimentais constitui uma alternativa para suscitar tal interesse nos alunos e associar tais experimentos à equipamentos e tecnologias presentes no seu dia a dia, tornando os conhecimentos aplicados ainda mais significativos.

Diante do exposto, este trabalho propõe a construção de kits experimentais de Física, utilizando a plataforma Arduino para aquisição de dados, cujos materiais utilizados para confecção dos kits são de baixo custo e que possuem funcionalidade e precisão nas medições de grandezas físicas que se comparam ao de equipamentos pré-fabricados. Tais kits são compostos por quatro experiências que atendem as principais áreas da Física estudadas no Ensino Médio: Mecânica, Termologia e Eletricidade.

Este trabalho está dividido da seguinte maneira: no primeiro capítulo temos uma breve introdução, no segundo uma breve descrição da teoria da aprendizagem, no terceiro uma revisão na literatura sobre o tema abordado, no quarto uma abordagem sobre a plataforma Arduino e, no quinto capítulo, tratamos os conteúdos de física envolvido em cada experimento. No sexto capítulo são descritos os kits de experimentos desde seu funcionamento, construção de suas partes, suas interfaces e a viabilidade econômica. No sétimo capítulo é apresentado o relato da aplicação do produto para alunos do Ensino Médio, bem como a percepção dos alunos e dos conteúdos em relação ao uso dos kits. Por fim, no oitavo capítulo, temos as considerações finais, onde descrevemos a importância de se trabalhar com atividades experimentais para o ensino de Física.

2. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O presente trabalho tomou como base a teoria de David Ausubel, autor cognitivo, que mostra a importância dada a linguagem no desenvolvimento cognitivo do educando.

Aprendizagem significativa acontece quando as novas ideias têm uma relação lógica com as já adquiridas pelo aprendiz. Desta maneira, o aprendiz é capaz de expressá-las com suas próprias palavras. Em sua teoria, Ausubel considera esta aprendizagem diferente de aprendizagem de material significativo. Porque segundo ele, o material de aprendizagem pode vir a ser significativo e também porque existe uma forte tendência para essa aprendizagem. Se não estimulamos o interesse dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem significativa, não estaremos valorizando suas experiências individuais e levaremos apenas o aluno a decorar fórmulas e fazer cálculos sem um objetivo mais importante.

> A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem é apenas potencialmente significativo. Em segundo lugar, deve haver uma disposição para a aprendizagem significativa. O material de aprendizagem consiste de componentes significativos (por exemplo, pares de adjetivos), mas a tarefa da aprendizagem como um todo (aprender uma lista de palavras significativas associadas arbitrariamente) não é "logicamente" significativa. E mesmo o material logicamente significativo pode ser aprendido pelo método de decorar (aprendizagem automática), se a disposição do aluno para aprender não for significativa. (AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H., 1980, p. 32).

Segundo Ausubel, o papel do professor na facilitação da aprendizagem envolveria pelo menos quatro tarefas básicas: identificar a estrutura conceitual e proporcional da matéria de ensino; identificar os subsurçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que são os conhecimentos pré-existentes na estrutura de conhecimentos do indivíduo; diagnosticar aquilo que o aluno já sabe, isto é, quais os subsunçores que ele já possui; e ensinar levando em conta aquilo que o aluno já sabe, utilizando recursos e princípios que facilitem a aprendizagem significativa da estrutura conceitual e proporcional da matéria de ensino.

Nesse sentido, no ensino da física, a maneira de apresentar os conteúdos, a linguagem da exposição didática, os tipos de atividades, tudo isso deve acompanhar as variações dos ambientes (internos e externos) vivenciados pelos alunos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico apresentaremos alguns trabalhos envolvendo a aplicação do Arduino em experimentos de física.

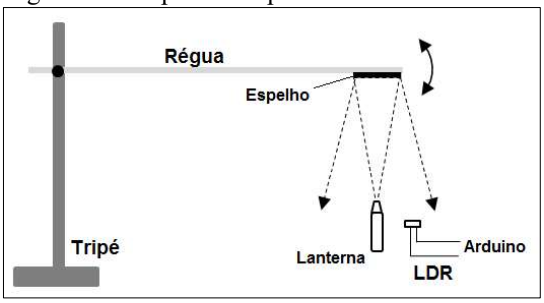
3.1. A PLACA ARDUINO: UMA OPÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA ASSISTIDAS PELO PC

Uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos professores no uso de tecnologia para aquisição de dados usando o computador é o seu alto custo.

Souza et al. (2011) sugere o uso da placa Arduino pela sua versatilidade e simplicidade, como também a facilidade de já termos no mercado nacional em várias versões e com valores acessíveis. Esta placa pode controlar sozinha vários dispositivos, tendo várias aplicações, principalmente na robótica. Isso se deve ao seu microcontrolador, que potencializa suas funções para além de uma simples interface passiva de aquisição de dados. Nesse material, Souza exemplificou o uso do Arduino em dois experimentos: Oscilador amortecido e Transferência radiativa de calor.

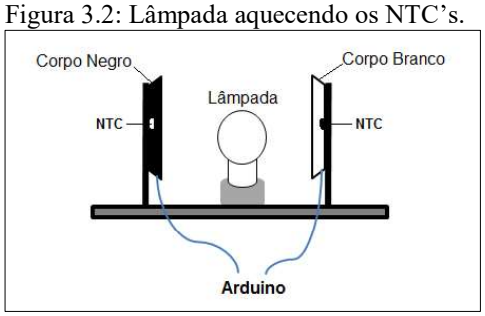
No primeiro, a placa Arduino com um programa próprio é utilizada para interpretar a variação de tensão sobre um LDR (Resistor dependente de luz), devido à variação de luz. Para isso, foi feito um experimento onde numa extremidade de uma régua foi colado um pequeno espelho enquanto a outra foi fixada numa base que a coloca numa posição acima de uma lanterna de forma que a luz emitida reflita no espelho e incida no LDR que fica posicionado ao lado da lanterna. Ao colocar a régua em oscilação, a incidência da luz no LDR varia, logo a tensão nos terminais do LDR também varia (Figura 3.1).

Figura 3.1: Tripé com espelho.



Já na experiência de transferência radiativa de calor, foram utilizados dois termistores NTC (Negative Temperature Coeficient) como sensores de temperatura. A tensão nos seus terminais varia de acordo com a temperatura. Um NTC foi fixado num prato pintado de preto (corpo negro) e outro fixado num prato pintado de branco (corpo branco). Os dois pratos foram dispostos conforme mostra a figura 3.2, estando a uma mesma distância de uma lâmpada que funciona como fonte de calor. Os terminais dos NTC's são ligados ao Arduino que através de programa específico consegue medir a temperatura nos dois corpos.

Figura 3.2: Lâmpada aquecendo os NTC's.



Desta forma Souza e colaboradores mostram que é possível com o uso de transdutores de baixo custo e com a placa Arduino coletar dados de experiências iguais ao que se faz com equipamentos de alto valor.

3.2. FÍSICA COM ARDUINO PARA INICIANTES

Neste trabalho, Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) citam algumas formas de utilizar o computador no ensino de física, mediante a utilização do Arduino como interface para a aquisição e automação de dados. Eles ainda afirmam que o uso de tais tecnologias permite ao aluno uma maior interatividade com os conceitos adquiridos, interiorização, interpretação e melhor compreensão do meio em que está inserido. Tais observações podem ser experimentadas através da aplicação de *applets* (simuladores virtuais), que utilizam problema-jogo que permitem ao estudante modificar parâmetros e verificar os resultados. Desta forma, o computador atua organizando e sistematizando os parâmetros informados pelo usuário, transformando o aprendizado em uma atividade atrativa e interativa. Outra forma citada é a modelagem computacional, onde através de modelos físicos construídas num software consegue-se investigar um fenômeno físico. E por fim, a utilização do computador para se

adquirir dados de experiências realizadas em laboratório. Neste caso, o computador é conectado a sensores, passando a ser um instrumento de laboratório, obtendo-se precisão nos resultados e uma redução no tempo de coleta de dados.

Quando se usa o computador para coleta de dados experimentais, o processo fica mais dinâmico, pois o estudante pode formular hipóteses e comparar rapidamente os valores teóricos com os experimentais o quanto for necessário. A importância deste dinamismo é descrita por Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011, p. 4503-2):

> O dinamismo desse processo provoca a curiosidade e maior interesse dos estudantes já que a aula de laboratório torna-se desafiadora: as antigas justificativas encontradas nas conclusões dos relatórios não são mais aceitas. Justificativas para um resultado ruim tais como: "foram obtidos poucos dados" ou, "o instrumento de medida não estava devidamente calibrado", sequer podem ser cogitadas.

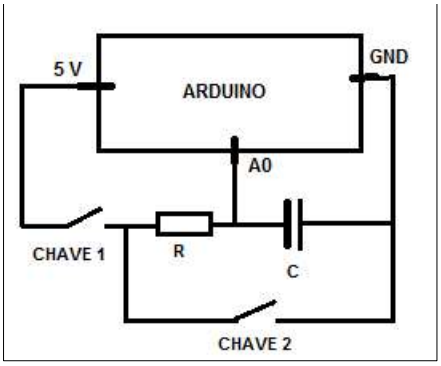
Mesmo diante dos benefícios apresentados em relação ao uso do computador como uma ferramenta educacional, sua utilização tem se apresentado limitada em virtude de alguns fatores, como desconhecimento de uso da tecnologia, despreparo para elaboração de mecanismos que o utilizem e agreguem os conteúdos aplicados teoricamente e principalmente desconhecimento ou pouco conhecimento de algum tipo de linguagem de programação. Diante disso, o computador vem sendo usado ligando-se sensores diretamente em suas portas de entrada para se obter dados que são lidos através de *softwares* livres. Segundo Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011), alguns casos resumem-se em medir tempo, que pode ser utilizado para o estudo do movimento.

Tentando melhorar a quantidade de dados obtidos, como também a sua diversidade, existem alguns casos em que se utilizam as portas serial, paralela e USB, interligadas a circuitos eletrônicos, nem sempre fáceis de fazer, e que também através de *softwares* livres é possível medir um maior número de grandezas físicas. Só que nestes casos se faz necessário o conhecimento aprofundado de alguma linguagem de programação.

A utilização do Arduino tem minimizado bastante estas dificuldades. A linguagem de programação utilizada é de fácil aprendizado e na internet encontram-se vários códigos já prontos ou facilmente adaptáveis, como também é o caso dos circuitos eletrônicos. A diversidade de sensores disponíveis no mercado faz com que um maior número de grandezas físicas possa ser medida.

Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) propuseram o estudo da carga e descarga de um capacitor num circuito RC, onde através de chaves (figura 3.3) é possível colocar o capacitor para carregar e descarregar.

Figura 3.3: Circuito de carga e descarga do capacitor.



A chave 1 conecta o resistor em 5 V e possibilita a carga do capacitor. Desligando esta chave e ligando a chave 2 conectamos o resistor em GND e possibilitamos a descarga do capacitor. É importante observar que nesta montagem qualquer descuido com a manipulação das chaves pode colocar em risco a placa Arduino. Ao ligar simultaneamente as duas chaves o circuito fica em curto.

Através de um código fonte instalado na placa a tensão sobre o capacitor é coletada através da entrada analógica A0 no período da carga e da descarga. Com estes dados são plotados gráficos da tensão em função do tempo nas duas situações. É mostrada também a possibilidade de se obter os gráficos em tempo real.

3.3. INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO DE FÍSICA DA UFRRJ: EXPERIÊNCIAS DOCENTES PARA A INTRODUÇÃO TECNOLÓGICA

Laudares et al. (2014) observaram que os alunos concluintes do curso de instrumentação para o ensino de Física não desenvolveram de maneira satisfatória as competências e habilidades necessárias para sua plena capacidade profissional. Um dos motivos que estaria contribuindo para isso seria a pouca interação entre os alunos e as experiências realizadas com os kits pré-fabricados, verdadeiras “caixas pretas” que limitam o seu uso, não permitindo a realização de outros tipos de medidas diferentes daquelas para os quais foram projetados.

Devido esta falta de interação e os altos custos dos kits prontos, Laudares e colaboradores (2014) propõem a utilização da plataforma Arduino juntamente com componentes (sensores) extraídos de sucatas para que os alunos consigam usar o computador

como ferramenta para resolver problemas, montar protótipos com materiais de baixo custo, fazer análise de dados coletados e reconhecer problemas experimentais.

Como exemplo, foram realizados dois experimentos, um utilizando sensor Hall retirado de uma placa de circuito de um drive de CD Rom para o estudo de campo magnético e outro a calibração de um transdutor NTC (Negative Temperature Coefficient) para ser utilizado como termômetro.

3.4. ARDUINO: UMA TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA

Devido à presença maciça da tecnologia no dia a dia das pessoas, os alunos já não querem aulas de física só expositivas; eles anseiam por mais. Isto tem deixado os professores angustiados nesta mudança comportamental deles e perante a evolução tecnológica que se faz necessário na escola. Diante dessas mudanças, o computador se torna uma ferramenta essencial para que esta transição seja efetivada e aplicada em sala de aula. Tal aparelho contribui de forma positiva na sala de aula e no laboratório, e se constitui em um grande aliado para transformar as aulas tradicionais em aulas dinâmicas e interativas, contribuindo, assim, para uma melhor aprendizagem.

De acordo com Martinazzo et al. (2014), no ensino de ciências, em particular de física, várias pesquisas têm sido feitas no sentido de melhorar a relação das aulas ditas tradicionais com experimentos de física utilizando o computador, tornando assim o processo de ensino-aprendizagem mais contextualizado e atrativo para o aluno.

Ainda segundo Martinazzo e colaboradores, a internet deve ser usada como uma grande ferramenta de estudo para os alunos e professores, não só para pesquisa, mas também como um laboratório virtual.

Outras maneiras de se utilizar o computador no ensino de física são a modelagem computacional de fenômenos físicos com programas específicos e a aquisição de dados experimentais.

Na aquisição de dados é possível, através de sensores apropriados ou até mesmo adaptados, determinar várias grandezas físicas. É o caso de sensores de temperatura, de luminosidade, de distância, de vibração, de pressão e de umidade, entre outros.

A grande dificuldade que se tem em utilizar o computador para aquisição de dados é justamente a falta de conhecimento por parte da maioria dos professores nesta área da

tecnologia. A utilização do computador para adquirir dados possibilita a realização de vários procedimentos, devido a maneira rápida com que se pode obter uma grande quantidade de dados. De acordo com Martinazzo et al (2014, p. 23), “é uma forma de desenvolver muitas habilidades e competências”.

Para adquirir dados de um experimento utilizando-se o computador, se faz necessário uma interface, que é baseada numa placa micro controlada. Devido à praticidade da plataforma Arduino, é possível fazer a leitura de vários sensores, e com a utilização de um programa específico é possível fazer a interpretação dos dados lidos através de gráficos em tempo real.

Em seu trabalho, Martinazzo e colaboradores (2014) relatam o resultado de projetos de pesquisas de iniciação científica, que foram desenvolvidos visando testar a funcionalidade da placa Arduino. Foram realizados os seguintes experimentos: Variação da temperatura durante a Evaporação; Lei de resfriamento de Newton; Estudo de movimento Harmônico simples amortecido e movimento uniformemente variado.

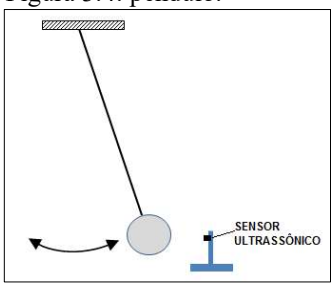
No experimento da variação de temperatura durante a evaporação, foi utilizado um termistor para detectar a variação de temperatura no processo de evaporação de álcool etílico. Para isso, eles utilizaram a placa Arduino, um termistor, um resistor 10 kΩ e um amplificador operacional LM358. Com os dados coletados foi construído um gráfico da temperatura detectado pelo termistor.

Para a realização do experimento da Lei de resfriamento de Newton, eles utilizaram dois sensores de temperatura (termistor), sendo que um foi utilizado para medir a temperatura de uma quantidade de água inicialmente a 50 °C e o outro para medir a temperatura ambiente. Com os dados coletados, foram construídos gráficos que mostram como se comportam as temperaturas detectadas pelos sensores e a diferença entre eles, como também o gráfico de ajuste exponencial, onde a equação foi ajustada pelo método dos mínimos quadrados.

Nos experimentos de movimento, foi utilizado o sensor ultrassônico para medir a distância percorrida pelo objeto, no caso, uma bola de isopor.

No movimento harmônico foi construído um pêndulo, figura 3.3, onde a massa pendular é uma bola de isopor. O sensor foi posicionado de forma a detectar o seu movimento. Com os dados coletados, foi construído um gráfico que mostra a posição da bola no decorrer do tempo.

Figura 3.4: pêndulo.



Para o movimento retilíneo uniformemente variado, eles utilizaram uma rampa por onde a bola de isopor rola e através do sensor ultrassônico posicionado próximo ao topo da rampa foi detectado o seu afastamento. Com os dados coletados foi construído um gráfico da posição em função do tempo.

4. ARDUINO

Segundo o site oficial da Arduino (www.arduino.cc), o Arduino é uma plataforma de eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. Ele surgiu a partir de uma necessidade de estudantes de *design* do *Interaction Design Institute* em trabalhar com tecnologia (EVANS, NOBLE E HOCHENBAUM, 2013).

Em 2005, o professor Massimo Bansi do *Interaction Design Institute*, na Itália, e o pesquisador visitante David Cuartielles da Universidade de Malmö, na Suécia, decidiram desenvolver um microcontrolador que poderia ser utilizado pelos estudantes de arte e *design* e por qualquer outra pessoa em seus projetos. David Cuartielles desenhou a placa, David Mellis (um aluno de Massimo) programou o *software* para executar a placa e o engenheiro Gianluca Martino, contratado por Massimo, produziu a placa. A placa foi batizada de Arduino em referência a um bar frequentado por alunos e docentes do *Design Institute*.

Vários fatores contribuem para o grande uso da plataforma Arduino: o de ser executado em qualquer um dos sistemas *Windows*, *Macintosh* e *Linux*; o de possuir um ambiente de desenvolvimento fácil de ser utilizado, o *Integrated Development Environment* (IDE); o de possuir uma programação facilitada pelo uso da porta USB, mais veloz no envio e recebimento de dados e mais prática em relação a porta serial RS-232; e o de possuir *hardware* e *software* de fonte aberta, onde é possível fazer *download* do diagrama de circuito e a partir dele construir seu próprio Arduino.

Outro fator, considerado o principal, é o de ter sido criado com o propósito de ser utilizado por leigos em programação, com uma funcionalidade simples e rápida, sem esquecer-se do baixo custo. Isto faz com que se tenha um grande número de usuários que através de comunidades na internet pode dar todo tipo de apoio aos iniciantes do Arduino.

4.1. *HARDWARE* DO ARDUINO

A placa Arduino é uma pequena prototipagem eletrônica de código aberto, composta basicamente por um controlador ATmel AVR, uma interface e alguns pinos digitais e analógicos.

Inicialmente as placas Arduino utilizavam o microcontrolador ATmega8 com memória de 8 kB. Em seguida, passou-se a usar o ATmega168 dobrando a memória para 16 kB e mais recente ATmega2560, com memória de 256 kB.

As placas possuem pinos digitais, que podem ser definidos como entrada ou saída, e algumas dessas podem ser programadas para fornecer saída de modulação por largura de pulso (PWM). Possuem também entradas analógicas e outros protocolos de comunicação.

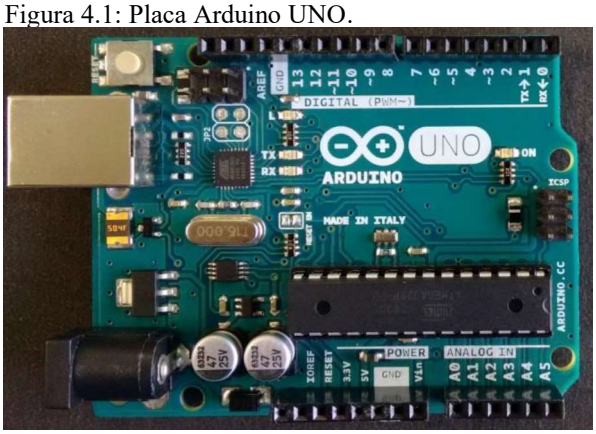
4.2. MODELOS DE PLACAS DE ARDUINO

Atualmente temos vários modelos de placas de Arduino. As mais comuns são Arduino UNO, Arduino Leonardo e Arduino Mega.

4.2.1. **Arduino UNO**

Esta placa, figura 4.1, possui um processador ATmega328, tem 6 portas como entradas analógicas e 14 portas digitais de entradas e saída. Dentre elas, 6 podem ser usadas como saídas PWM. Sua alimentação pode ser realizada por uma fonte própria externa ou pelo próprio cabo USB.

Figura 4.1: Placa Arduino UNO.



A denominação "Uno", que significa “um” em italiano, foi escolhido para marcar o lançamento do Arduino *Software* (IDE) 1.0. A placa Uno e a versão 1.0 do Arduino *Software* (IDE) foram as versões de referência do Arduino, que agora evoluíram para versões mais

recentes. A placa Uno é a primeira de uma série de placas USB Arduino, e o modelo de referência para a plataforma Arduino.

4.2.2. **Arduino Leonardo**

É uma placa com um microcontrolador ATmega32u4, que possui 12 portas como entradas analógicas e 20 portas digitais de entrada e saída, das quais 7 podem ser usadas como PWM. Ela possui um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão micro USB e uma conexão para alimentação externa (figura 2.5).

Figura 4.2: Arduino Leonardo.

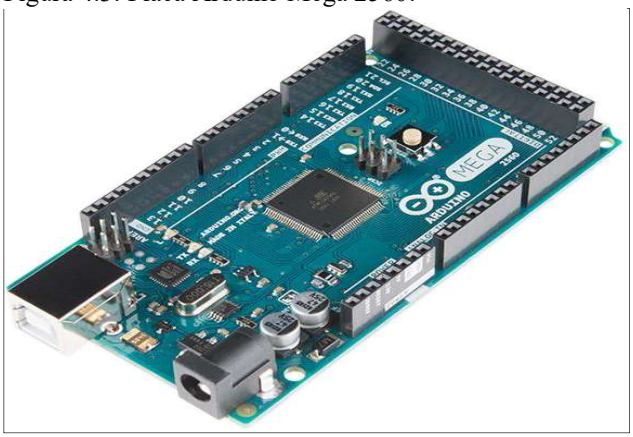
Fonte: www.pololu.com.

Outra característica desta placa é que ela pode ser identificada pelo computador como se fosse um mouse ou um teclado e não, necessariamente, como uma porta serial. Isto se deve ao fato do *chip* de conexão USB ser integrado ao microcontrolador.

4.2.3. **Arduino Mega2560**

A Mega2560, figura 4.3, é uma placa onde o seu grande destaque é o seu poder de processamento, devido ao fato de possuir o microcontrolador ATmega2560, ideal para projetos mais complexos.

Figura 4.3: Placa Arduino Mega 2560.



Fonte: www.robocore.net

Ela possui 16 portas como entradas analógicas e 54 portas digitais de entrada e saída, onde 15 podem ser usadas como saídas PWM. Sua alimentação pode ser através fonte própria externa ou via conexão USB.

4.3. SOFTWARE PARA ARDUINO

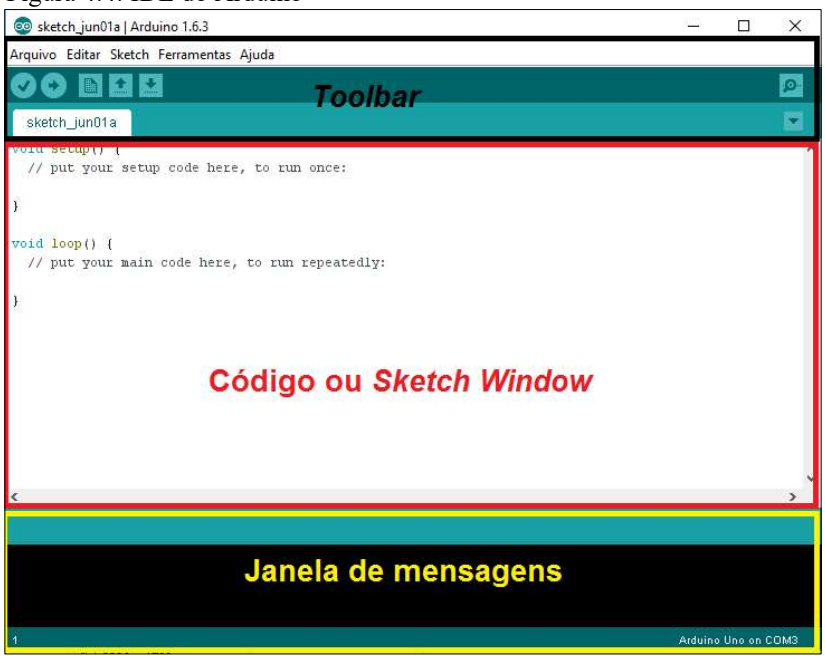
Para programar o Arduino utilizamos o *Integrated Development Environment* (IDE), que pode ser baixado no site: http://Arduino.cc/Main/Software*,* assim como o *hardware,* que é de código aberto.

É no IDE que se escreve os códigos do programa. No mundo do Arduino, um bloco de códigos é chamado *sketch.* Este termo vem de *Processing*, uma linguagem bastante utilizada por estudantes de *design* e artes e na qual o Arduino IDE é baseado (Evans, Noble, Horchenbaum).

Quando se abre pela primeira vez ou quando se quer criar um novo programa, o IDE abre um *sketch* com um nome temporário de uma data de referência. Este nome pode ser alterado no momento que se salva o programa criado.

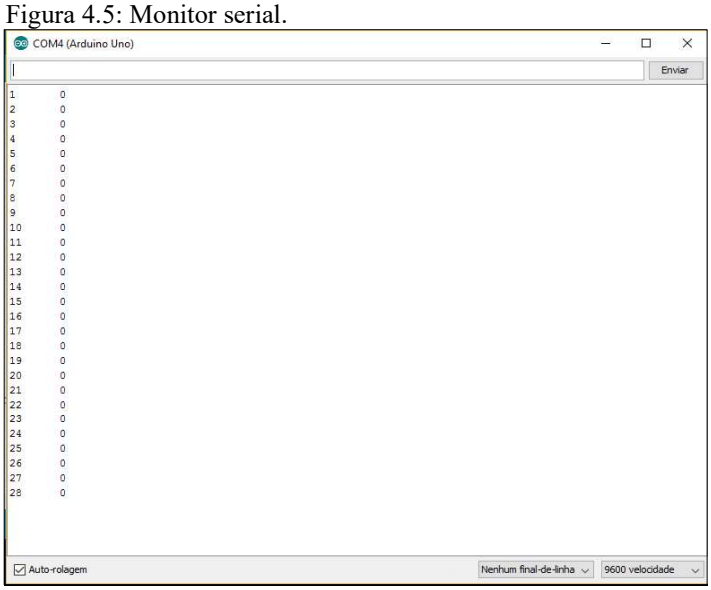
A tela que se abre vem com várias informações, como pode ser observado na figura 4.4.

Figura 4.4: IDE do Arduino



O IDE é dividido em três partes: A *Toolbar* no topo, o código ou *Sketch Window* no centro, e a janela de mensagens na base. No topo da *Toolbar* existe uma barra de menus com alguns itens: Arquivo (*File*), Editar (*Edit*), *Sketch,* Ferramenta (*Tools*) *e* Ajuda (*Help).* Logo abaixo temos alguns botões de rápido acesso à algumas funções mais utilizadas, como: verificar se os códigos estão corretos, salvar o sketch ativo, carregar o programa na placa, e abrir e criar um novo *sketch.* No lado direito temos um botão, indicado por uma lupa, que habilita o monitor serial, figura 4.5.

Figura 4.5: Monitor serial.



Através do monitor serial é possível monitorar o recebimento e o envio de dados para placa.

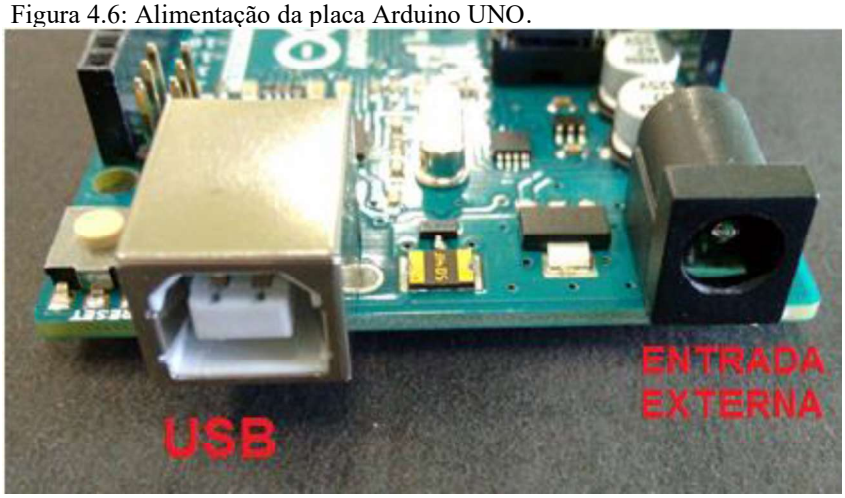
4.4. DETALHES DA PLACA ARDUINO UNO

Considerando que esta placa foi utilizada no projeto, será destacado alguns pontos importantes dela.

4.4.1. **Alimentação da placa**

Pode ser alimentada pela conexão USB, direto do computador, ou por uma fonte externa através de um conector Jack, figura 4.6. A fonte externa deve ter uma tensão recomendada entre 7 V e 12 V.

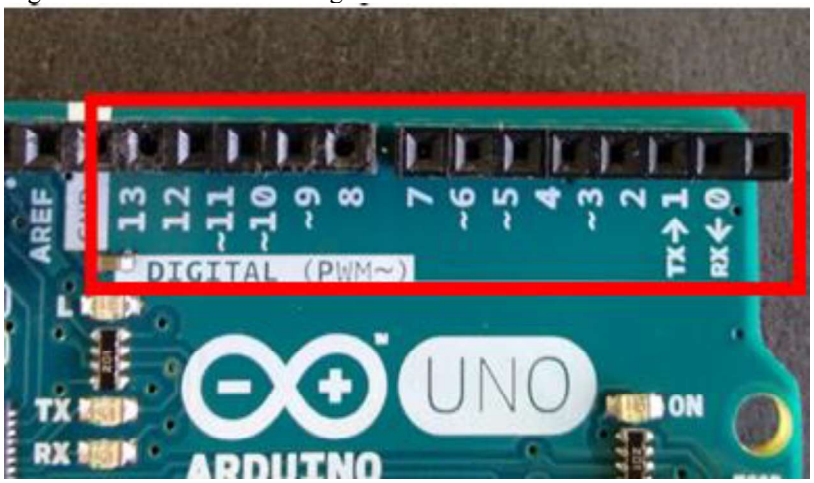
Figura 4.6: Alimentação da placa Arduino UNO.



4.4.2. **Entradas e saídas de dados**

Possui 14 pinos de entrada ou saídas digitais, figura 4.7.

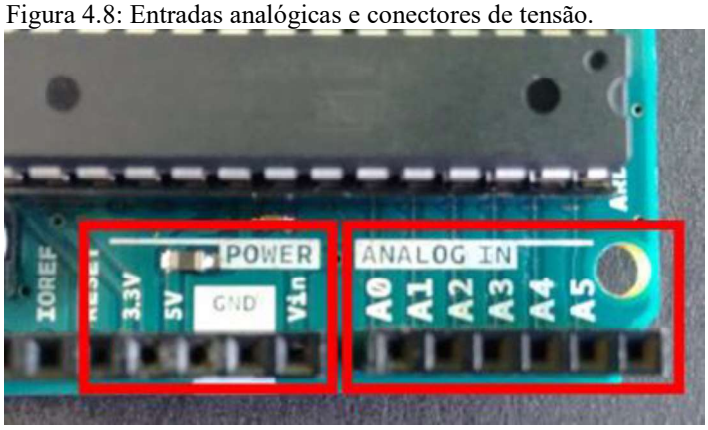
Figura 4.7: Entrada e saídas digitais.



Os pinos 0 e 1 podem ser utilizados para comunicação serial, os pinos 2 e 3 podem ser configurados para gerar uma interrupção externa e os pinos 3, 5, 6, 9, 10 e 11 podem ser usados como saídas PWM.

As entradas analógicas, figura 4.8, são em número de 6.

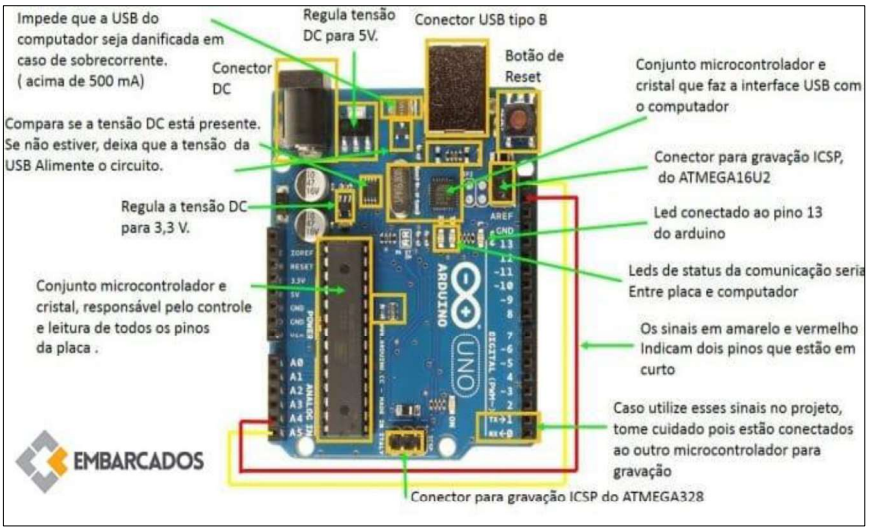
Figura 4.8: Entradas analógicas e conectores de tensão.



Na figura 4.8 temos também a indicação de conectores de alimentação, que servem como ponto de tensão de 3,3 V e 5 V.

Na figura 4.9 temos a identificação de outros componentes da placa Arduino UNO.

Figura 4.9: Identificação dos componentes da placa Arduino UNO.



Fonte: www.embarcados.com.br, 2017.

4.5. INSTALAÇÃO DO SOFTWARE DO ARDUINO

Para instalação do *software* do Arduino deve-se proceder da seguinte forma:

1. Acessar a página na internet do Arduino oficial (https://arduino.cc/en/Main/Software) e fazer o *download* do IDE do Arduino, da versão apropriada do seu sistema operacional.

2. Descompactar o arquivo baixado e instalar o Arduino clicando duas vezes no arquivo arduino.exe.
3. Conectar a sua placa no computador através do cabo USB. O LED, indicado por PWR, deve acender, indicando que a placa está ligada.
4. A instalação do *driver* no *Windows* deverá iniciar automaticamente quando você conectar a placa.
5. Selecionar a placa que você estar usando em Ferramentas>>Placa (Figura 4.10).
6. Selecionar a porta correta que está sendo utilizada pela placa Arduino em Ferramentas>>Porta (Figura 4.11).

Figura 4.10: Seleção da placa no IDE.

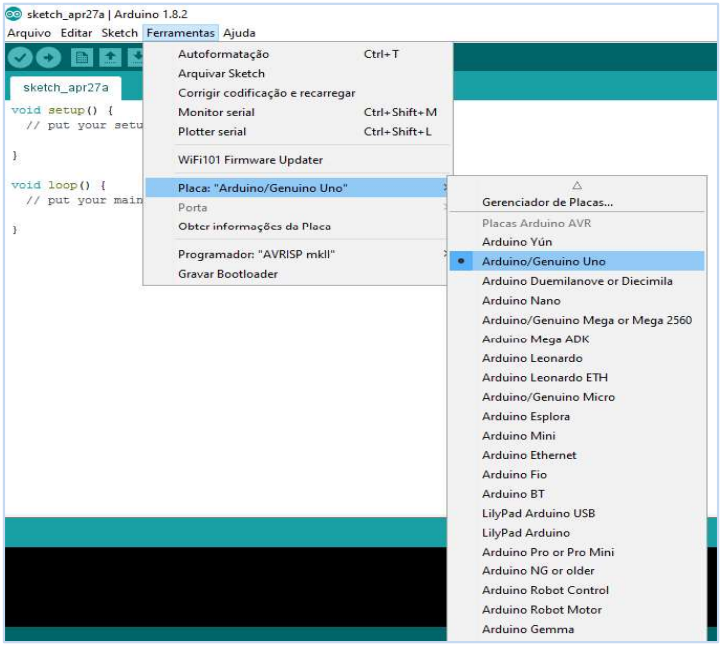
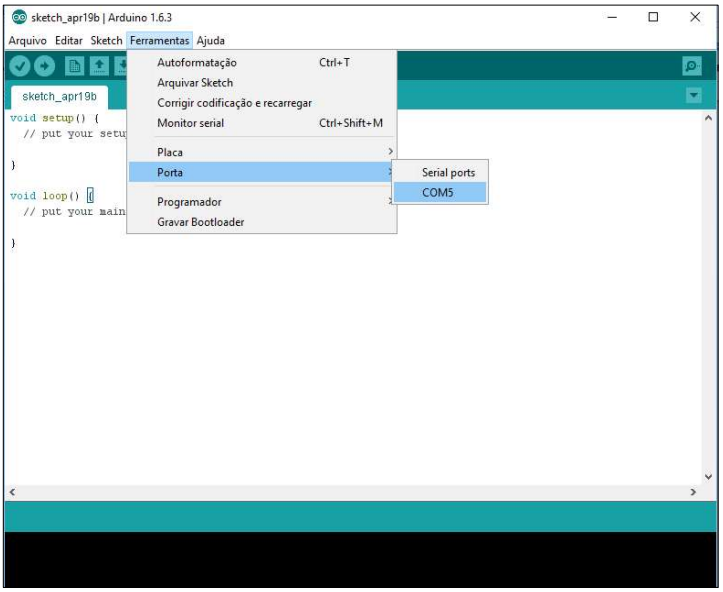


Figura 4.11: Seleção da porta de comunicação.



Após estes passos o Arduino está pronto para ser usado, bastando escrever os códigos e colocar para funcionar.

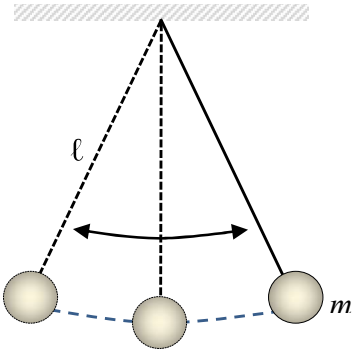
5. FÍSICA DOS EXPERIMENTOS

Neste capítulo apresentaremos a parte teórica dos assuntos envolvidos nas experiências que realizamos.

5.1. PÊNDULO SIMPLES

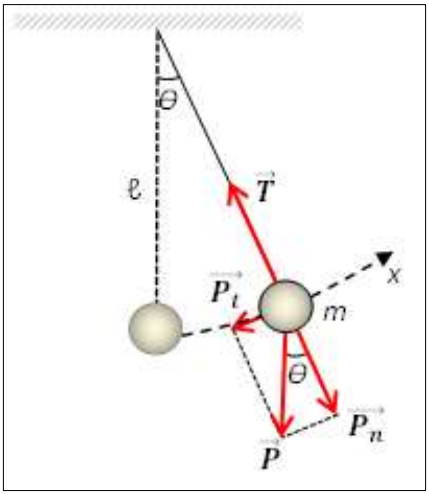
É um sistema composto de uma partícula de massa *m* presa à extremidade de um fio inextensível, cuja massa é considerada desprezível e de comprimento ℓ, e cuja outra extremidade está fixa num suporte, como mostra a figura 5.1.

Figura 5.1: Representação de um pêndulo simples.



Quando a partícula é retirada de sua posição de equilíbrio e em seguida liberada, ela passa a oscilar transformando esse movimento num movimento periódico. Analisando o movimento da partícula, verificamos as forças que atuam nela, conforme descrição na Figura 5.2. Considerando desprezível a resistência do ar, temos as seguintes forças atuando na partícula: a força de tração $\vec{T}$ do fio, a força peso $\vec{P}$ e suas componentes $\overrightarrow{P_n}$ e $\overrightarrow{P_t}$.

Figura 5.2: Diagrama de forças para o pêndulo simples.



Enquanto a força de tração $\vec{T}$ e a componentes $\overrightarrow{P_n}$ se anulam (pois são elas que dão sustentação ao pêndulo), a componente tangencial $\overrightarrow{P_t}$ é a responsável pelo movimento oscilatório. Portanto esta componente $\overrightarrow{P_t}$ é a força restauradora $\vec{F}$ do Oscilador. Assim, escrevemos:

$$\overrightarrow{F} = \overrightarrow{P_t}, \tag{5.1}$$

onde $\overrightarrow{F}$ é a força resultante atuando no pêndulo.

Escrevendo P_t em termos da força peso, chegamos em:

$$P_t = -P\ sin\,\theta\ \Rightarrow \tag{5.2}$$

$$F = -mg\sin\theta, \tag{5.3}$$

onde g é o módulo da aceleração da gravidade. O sinal negativo se deve ao fato que a força $\overrightarrow{P_t}$ tem sentido contrário ao deslocamento da partícula.

O comprimento x do arco, que corresponde ao deslocamento da partícula, é dado pelo produto do ângulo Θ, expresso em radianos, e o comprimento ℓ do fio:

$$x = \theta\ell \tag{5.4}$$

Logo:

$$\theta = \frac{x}{\ell} \tag{5.5}$$

Substituindo na equação 5.3, temos:

$$F = -mg \sin\left(\frac{x}{\ell}\right) \tag{5.6}$$

Por esta expressão, podemos concluir que o movimento de um pêndulo simples não descreve um Movimento Harmônico Simples (MHS), visto que a força não é proporcional ao deslocamento *x* e sim ao seu seno.

5.1.1. **Estudo do pêndulo simples para ângulos pequenos**

Para ângulos pequenos, podemos considerar que o seu seno é aproximadamente igual ao seu valor em radianos: $\sin\theta \cong \theta$. Então:

$$F = -\frac{mg}{\ell}x \tag{5.7}$$

Agora vamos analisar a natureza do movimento descrito pelo pêndulo. No movimento circular, o deslocamento sobre uma circunferência é calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta x = 2\pi R, \tag{5.8}$$

onde *R* é o raio da circunferência.

A velocidade de uma partícula num movimento circular é dada por:

$$v = \frac{2\pi R}{T}, \tag{5.9}$$

onde *T* é o período. Sua velocidade angular é dada por:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \tag{5.10}$$

de forma que podemos escrever o período como:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \tag{5.11}$$

Das equações 5.1 e 5.5, e considerando que a força P_t responsável pelo movimento de oscilação do pêndulo também pode ser escrita como sendo o produto entre a massa da partícula e a aceleração a_t adquirida por ela no movimento ($P_t = ma_t$), temos:

$$ma_t = -\frac{mg}{\ell}x$$

$$a_t = -\frac{g}{\ell}x \tag{5.12}$$

Podemos observar que a aceleração é proporcional ao deslocamento da partícula. Escrevemos então:

$$a_t = -\omega^2 x, \tag{5.13}$$

onde

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \tag{5.14}$$

é a frequência angular de oscilação do pêndulo.
Substituindo esse valor de ω na equação 5.11, temos:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \tag{5.15}$$

Logo, podemos escrever a equação que determina a aceleração da gravidade em função do período do pêndulo:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \tag{5.16}$$

5.1.2. **Estudo do pêndulo simples para ângulos maiores**

Neste caso será feito o estudo fora da aproximação $\sin\theta \cong \theta$. Da equação 5.3, e considerando que o módulo da força $\vec{F}$, responsável pelo movimento de oscilação do pêndulo, também pode ser escrito como sendo o produto entre a massa da partícula e a aceleração tangencial a_t adquirida por ela no movimento ($F = ma_t$), temos:

$$ma_t = -mg\sin\theta$$

Considerando que a aceleração tangencial pode ser escrita como derivada de segunda ordem do deslocamento x e que este deslocamento pode ser escrito como o produto do ângulo θ pelo comprimento ℓ, temos:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -mg\sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell}\sin\theta \tag{5.17}$$

A equação 5.17 é uma equação diferencial ordinária não linear do movimento do pêndulo. Esta equação foi resolvida numericamente no tempo considerando g = 10 m/s² e ℓ = 0,5 m com a condição inicial $\theta(0)$ = 5° e $\frac{d\theta}{dt}(0) = 0$ (ver figura 5.3), a partir do método de série de Taylor, através do software *Maple 6*. A tabela 3.1 mostra os valores do período T do pêndulo para alguns valores do ângulo Θ no instante t = 0. Podemos notar que, para ângulos iniciais menores que 20°, a variação relativa no período do pêndulo é menor que 1,4%. Dessa forma, podemos considerar ângulos menores que 20° como "ângulos pequenos".

Tabela 5.1: Período em função do ângulo Θ inicial.

Θ(°)	1	5	10	20	50	100	150
T(s)	1,40	1,41	1,41	1,42	1,48	1,73	2,61

Nas figuras 5.3 e 5.4, temos os gráficos para dois valores do ângulo Θ, sendo um pequeno (Θ = 5°) e um grande (Θ = 150°).

Figura 5.3: Ângulo em função do tempo para o movimento do pêndulo. Consideramos $\theta(0) = 5°$ e $d\theta/dt(0) = 0$.

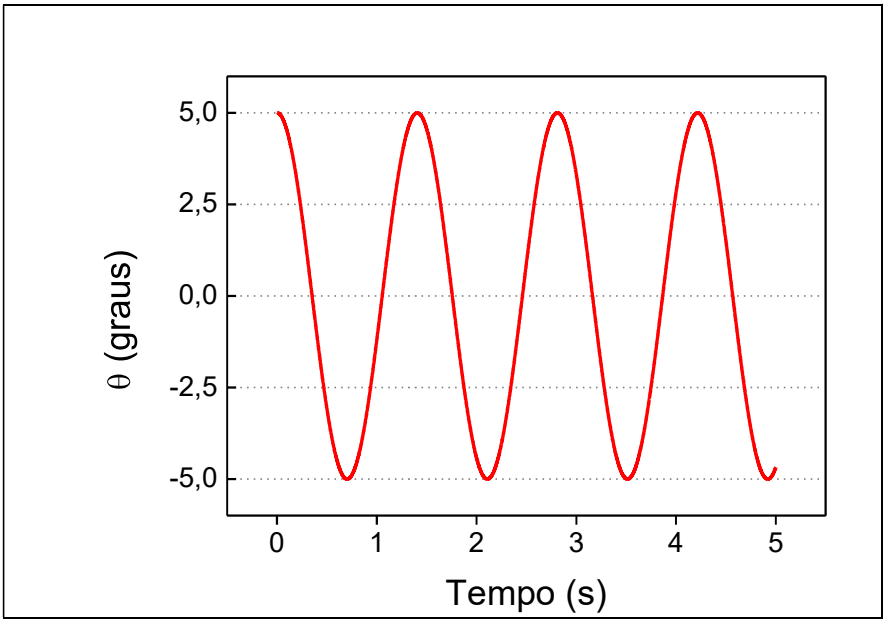
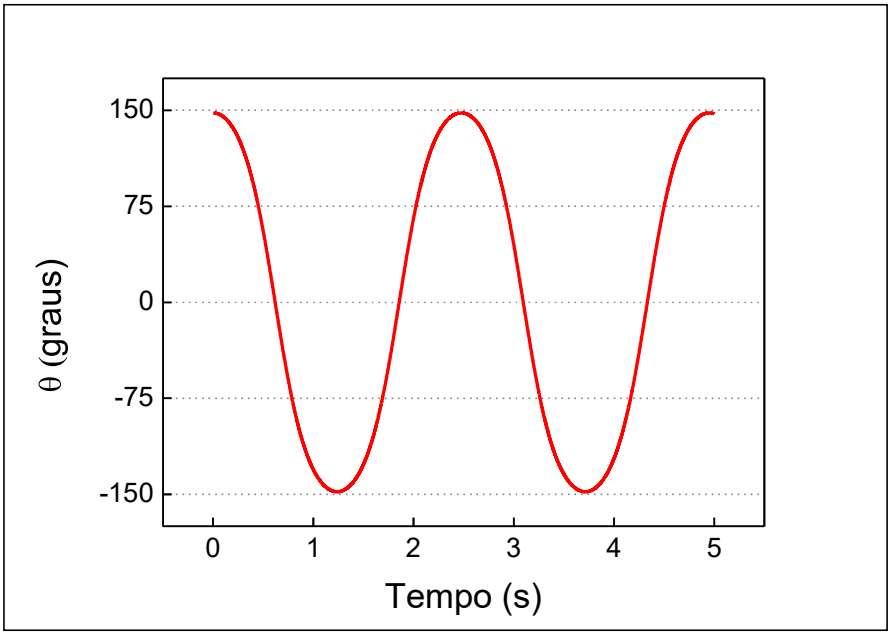


Figura 5.4: Ângulo em função do tempo para o movimento do pêndulo. Consideramos $\theta(0) = 150°$ e $d\theta/dt(0) = 0$.



Observamos nos gráficos das figuras 5.3 e 5.4 que o período de oscilação do pêndulo aumenta, à medida que o ângulo inicial Θ aumenta. Nos dois casos, consideramos pêndulos com mesmo comprimento.

5.2. MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

Um movimento é dito retilíneo uniformemente variado (MRUV) quando a trajetória é retilínea e a velocidade varia de maneira uniforme.

Quando ocorre uma variação na velocidade diz-se que o móvel sofreu uma aceleração ou uma desaceleração. A aceleração média de um móvel é definida como sendo a variação da velocidade num determinado tempo:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}, \tag{5.18}$$

onde a_m é a aceleração média e v_k é a velocidade no instante t_k.

A aceleração pode ser definida como a taxa de variação da velocidade num determinado instante. Ela também é conhecida como aceleração instantânea a e pode ser representada da seguinte forma:

$$a = \frac{dv}{dt} \tag{5.19}$$

Assim, considerando que a aceleração é constante, podemos reescrever a equação e integrá-la com seus respectivos limites de integração que correspondem as condições iniciais:

$$\int_{v_0}^{v} dv = \int_{0}^{t} a dt.$$

Nesta notação, consideramos v a velocidade no instante t e v_0 a velocidade no instante $t = 0$. Logo, temos a seguinte expressão:

$$v = v_0 + at \tag{5.20}$$

Sabendo-se que $v = \frac{dx}{dt}$, onde $x(t)$ é a posição da partícula no instante t, e usando a equação 5.20, chegamos em:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at$$

Usando a técnica da separação de variáveis e integrando com seus respectivos limites de integração que correspondem as condições iniciais, temos:

$$\int_{x_0}^{x} dx = \int_{0}^{t} (v_0 + at)dt$$

Resolvendo e organizando, temos a equação que representa a evolução temporal da posição da partícula em um movimento uniformemente variado:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \tag{5.21}$$

5.3. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Segundo a lei de resfriamento de Newton, a taxa de diminuição da temperatura de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o meio ambiente. Segundo Munem e Foulis (1982), esta lei pode ser representada por uma equação do tipo:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a), \tag{5.22}$$

onde: T representa a temperatura do corpo num tempo t;
T_a é a temperatura do meio ambiente e
k é constante de proporcionalidade que depende, por exemplo, do material do corpo e das características do meio que o circunda.

Esta equação representa uma equação diferencial ordinária onde sua solução é a seguinte:

$$T = e^{C}e^{-kt} + T_a, \tag{5.23}$$

onde C é uma constante de integração.

Substituindo na equação 5.23 a condição inicial de que $T = T_0$ quando $t = 0$, temos: $T_0 = e^{C}e^{0} + T_a \quad \rightarrow \quad e^{C} = T_0 - T_a$, logo a solução é:

$$T(t) = (T_0 - T_a)e^{-kt} + T_a \tag{5.24}$$

5.4. CAPACITOR

Também conhecido por condensador, é um conjunto de dois condutores separados por um material dielétrico que tem a capacidade de armazenar carga elétrica.

Em um capacitor, as cargas q armazenadas em cada condutor são proporcionais à diferença de potencial V entre os condutores, de forma que podemos escrever

$$q = CV,$$

onde C é a "capacitância" do capacitor.

A figura 5.5 mostra o esquema físico de um capacitor de placas paralelas: duas placas de área A separadas por uma distância d e com carga absoluta q. Já na figura 5.6 temos a representação de um capacitor num circuito elétrico.

Figura 5.5: Esquema físico do capacitor.

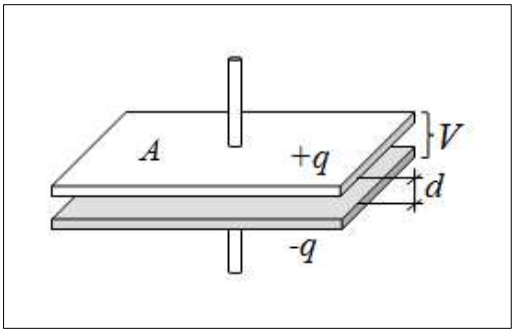
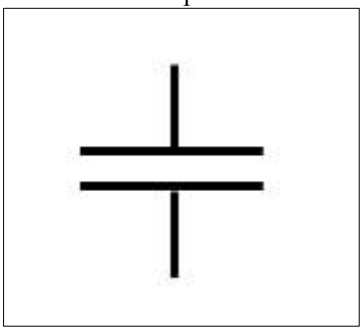


Figura 5.6: Representação do capacitor.



A capacitância representa a medida da quantidade de carga *q* que precisa ser acumulada nas placas de um capacitor para produzir certa diferença de potencial *V* entre elas e mantê-la constante. Representamos a capacitância matematicamente da seguinte forma:

$$C = \frac{q}{V} \tag{5.25}$$

A capacitância depende da geometria das placas. Por exemplo, a capacitância de um condutor esférico é:

$$C = \frac{q}{kq/R} = \frac{R}{k} \tag{5.26}$$

Neste caso a capacitância é proporcional ao raio R do condutor (TIPLER, 1978), onde *k* representa a constante da lei de Coulomb e pode ser escrita em função da permissividade do vácuo (ε_0), $k = 1/4\pi\varepsilon_0$.

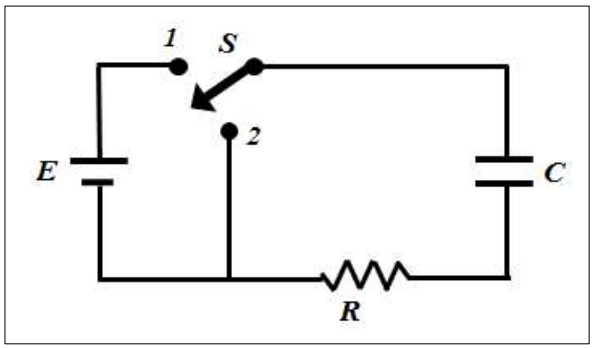
A unidade de capacitância no Sistema Internacional de Unidades é o *Farad* (F).

$$1\ \text{Farad (F)} = 1\,\frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}} = 1\ \text{C/V}$$

5.4.1. **Carga e descarga de um capacitor**

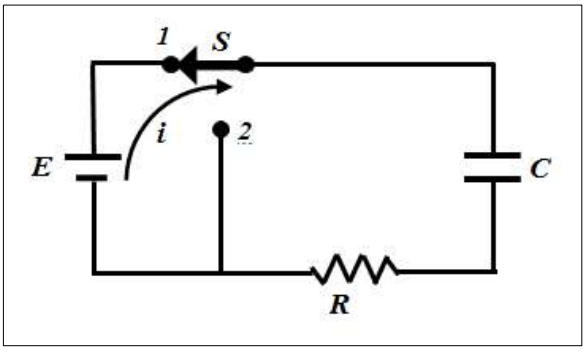
Para carregar um capacitor, podemos montar um circuito como na Figura 5.7, onde temos um capacitor *C*, um resistor *R*, uma bateria *E* e uma chave *S*. Este circuito é conhecido como circuito *RC*.

Figura 5.7: Representação de um circuito *RC*.



Inicialmente consideramos que o capacitor está descarregado. Para carregá-lo, colocamos a chave *S* na posição 1, conforme a figura 5.8. Neste momento a corrente *i* começa a circular pelo circuito e cargas começam a se acumular nas placas do capacitor, estabelecendo uma diferença de potencial entre seus terminais. Quando for estabelecida uma igualdade entre a diferença de potencial dos terminais da bateria *E* e a diferença de potencial V_C do capacitor, a corrente deixa de circular no circuito.

Figura 5.8: Circuito RC com capacitor carregando.



Analisando o circuito no processo de carregamento e aplicando a lei de Kirchoff, temos:

$$E + V_R + V_C = 0, \tag{5.27}$$

onde V_R é a diferença de potencial entre os terminais do resistor e V_C é a diferença de potencial entre os terminais do capacitor.

Sabendo-se que $i = \frac{dq}{dt}$, temos que:

$$E - R\frac{dq}{dt} - \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{dq}{EC - q} = \frac{1}{RC}\, dt \tag{5.28}$$

Essa equação diferencial ordinária, cujas variáveis já estão separadas, pode ser resolvida da seguinte forma:

$$\int \frac{dq}{EC - q} = \int \frac{1}{RC}\, dt$$

$$-\ln(EC - q) = \frac{1}{RC} t + A \;\Rightarrow$$

$$q = EC - e^{A} e^{-\frac{t}{RC}}, \tag{5.29}$$

onde A é uma constante de integração.

Aplicando na equação 5.29 as condições iniciais, ou seja, $q = 0$ em $t = 0$, temos

$$e^{A} = EC$$

então:

$$q(t) = EC\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \tag{5.30}$$

Ao analisar a expressão anterior, podemos verificar que ela atende as condições iniciais de $t = 0$ que é $q = 0$, pois neste caso o termo $e^{-t/RC}$ é igual a 1, fazendo com que o fator entre parênteses da equação 5.30 se torne zero. Para t tendendo ao infinito temos o termo $e^{-t/RC}$ tendendo a zero, logo o valor de q tende a EC, que é seu valor final.

Se utilizarmos a função $i = \frac{dq}{dt}$, podemos determinar a expressão da corrente no carregamento do capacitor. Derivando a equação 5.30, encontramos a expressão:

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \tag{5.31}$$

Já a expressão da tensão no capacitor é obtida da relação: $V_c = \frac{q}{C}$. Então, substituindo na equação 5.30, temos:

$$V_c = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \tag{5.32}$$

A descarga do capacitor pode ser realizada com a chave *S* (figura 5.5) colocada na posição 2. Desta forma, teremos um circuito formado apenas por um capacitor e uma resistência. Assim, o capacitor passa a se descarregar através do resistor.

Analisando o circuito no processo de descarregamento do capacitor e aplicando a lei de Kirchoff, temos:

$$V_R + V_C = 0$$

$$R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \tag{5.33}$$

Resolvendo a equação diferencial (5.33) pelo método da separação de variáveis, em um procedimento análogo ao já realizado na equação (5.28), chegamos à seguinte solução:

$$q(t) = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \tag{5.34}$$

onde $q_0 = CV_{C0}$ é a carga inicial do capacitor.

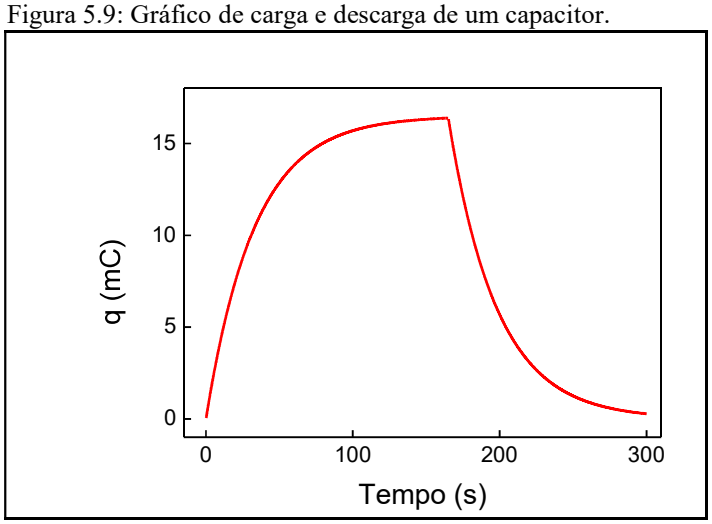
A corrente e a tensão podem ser determinadas da mesma forma que encontramos no carregamento do capacitor, visto anteriormente:

$$i(t) = -\left(\frac{q_0}{RC}\right)e^{-\frac{t}{RC}} \tag{5.35}$$

$$V_C = V_{C0}e^{-\frac{t}{RC}} \tag{5.36}$$

Na figura 5.9 temos representado o gráfico de carga e descarga de um capacitor, considerando os seguintes valores $C = 3300$ μF, $R = 10$ kΩ e $E = 5$ V.

Figura 5.9: Gráfico de carga e descarga de um capacitor.



Para construção deste gráfico, utilizamos as equações 5.30 e 5.34 conectadas através da função *Heaviside* no programa *Maple* 6, que matematicamente escrevemos como:

$$q = EC\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) H(t)\, H(5RC - t) \; + \; EC(1 - e^{-5})e^{-\frac{t}{RC}} H(t - 5RC) \quad (5.37)$$

onde *H(t)* é a função degrau de Heaviside. Note que para $t < 5RC$ o segundo termo é nulo, ao passo que para $t > 5RC$ o primeiro termo é nulo, de forma que temos representado em uma única equação a carga e a descarga de um capacitor.

O produto *RC* que aparece nas equações representa o tempo que o capacitor gasta para atingir 63% da carga no seu carregamento e no descarregamento 37% da carga inicial. Para construção do gráfico, figura 5.9, utilizamos um tempo de carga correspondente a *5RC*, que é o tempo necessário para o capacitor atingir uma carga de 99%.

6. KITS DE EXPERIMENTO

Neste capítulo serão relatados o funcionamento e a construção dos kits (figura 6.1).

Figura 6.1: Kits de experimento.

Para cada uma das quatro experiências selecionadas construímos cinco kits, onde cada um é composto de duas partes, uma chamada de interface e a outra de experimento.

6.1. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

Descreveremos aqui o funcionamento de cada um dos kits construídos, levando em consideração que todos utilizam a mesma *interface*, esta será descrita separadamente.

6.1.1. ***Interface***

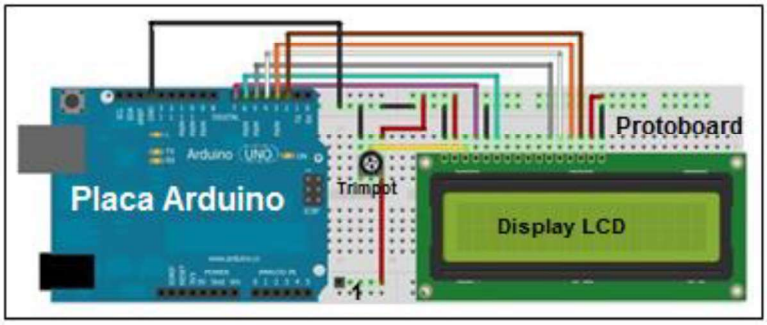
Todos os kits para experimentos de Física que funcionam com coleta automática de dados possuem uma interface, cuja função é receber informações de sensores instalados no experimento e converter em grandezas físicas. Por sua vez, estas podem ser visualizadas na própria interface ou serem transmitidas a outro dispositivo.

Por se tratar de dispositivos que na sua constituição envolvem componentes eletrônicos sofisticados, como é o caso de microprocessadores, estas interfaces além de serem caras, só são encontradas nas lojas especializadas, geralmente do seu próprio fabricante, pois cada interface atende a um determinado grupo de experimentos, ou seja, as interfaces pré-fabricadas têm seu uso limitado.

A interface que construímos, pelo fato de utilizar a plataforma Arduino, tem o seu uso limitado apenas pela criatividade do usuário e pelas características técnicas da placa utilizada. Com a popularização da *internet* e sua facilidade de acesso é possível ter contato com *sites* que tratam somente deste assunto, alguns com fóruns onde seus participantes ajudam uns aos outros desde construir algo como solucionar problemas enfrentados na construção de algum programa. A ideia da criação da plataforma Arduino é atender do leigo ao profissional na área de informática.

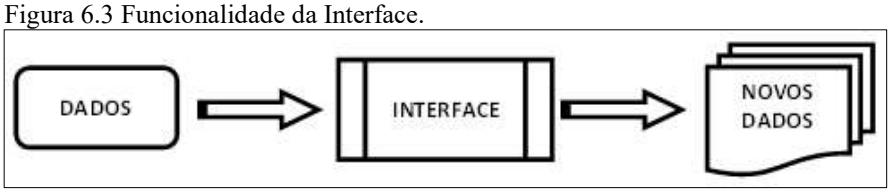
Na figura 6.2 temos o esquema de ligações dos componentes que fazem parte da interface. Uma *protoboard* serve tanto para fazer as conexões como de base para placa Arduino UNO e para o *display* de LCD. Mais detalhes na seção 6.2.1.

Figura 6.2: Esquema de ligações da interface. Criado através do programa Fritzing.



O princípio de funcionamento da interface se baseia no fato que ela é composta por um "microcomputador", então ela precisa receber informações (dados) para gerar outras, figura 6.3.

Figura 6.3 Funcionalidade da Interface.



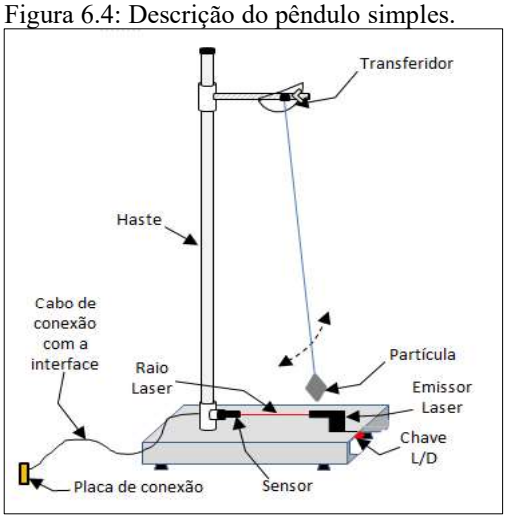
Por possuir um "microcomputador", se faz necessário executar a sua programação, ou seja, construir via linhas de comandos os programas que se deseja que ela execute. A criação destes programas é realizada na parte de *software* da plataforma Arduino (IDE). Para o funcionamento do *display* já existem bibliotecas próprias para o seu uso disponível na *internet*, bastando apenas inseri-la no programa.

Os dados de entrada são os obtidos por meio do experimento. A interface os interpreta de acordo com o que foi estabelecido pelo programa previamente instalado e gera novos dados. Estes serão informados através do *display* ou do monitor serial da IDE no computador que está conectado na interface pela porta USB. De posse destes dados é possível, por exemplo, construir gráficos utilizando outros programas como o *Scidavis* e o *Excel*.

6.1.2. **Pêndulo simples**

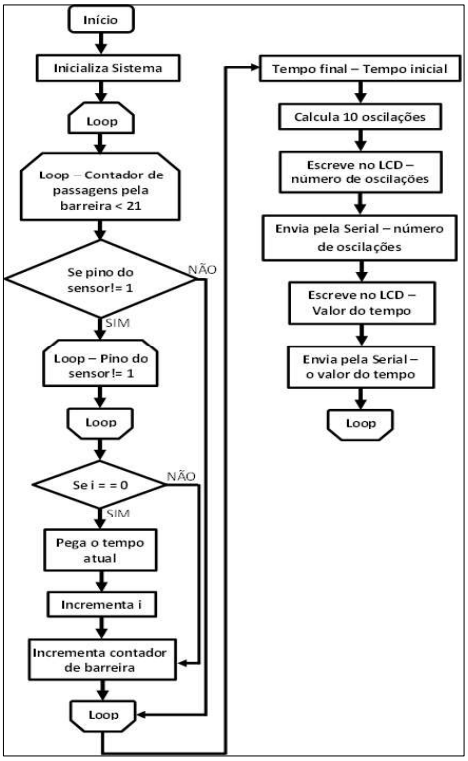
A ideia é montar um experimento (figura 6.4) que possa registrar a quantidade de oscilações de uma partícula e o tempo gasto em cada oscilação e, a partir daí, calcular outras grandezas como período e frequência.

Figura 6.4: Descrição do pêndulo simples.



O programa Pêndulo (APÊNDICE A1), desenvolvido para este experimento, funciona como um cronômetro. Ele faz a contagem do tempo para um determinado número de oscilações já programadas. Ao final é registrado no *display* da interface o número de oscilações e o tempo gasto para executá-las, como mostra o diagrama de blocos (figura 6.5).

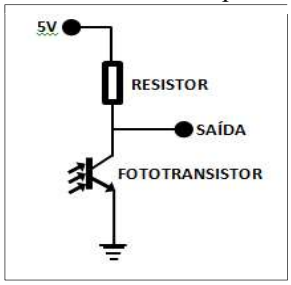
Figura 6.5: Diagrama de blocos – Pêndulo.



Quando a partícula passa pela primeira vez pelo feixe do laser, interrompendo a incidência de luz sobre o sensor óptico, ela aciona a contagem de tempo e, após um certo número de vezes que ela passa novamente, esta contagem cessa.

O circuito eletrônico do sensor figura 6.6 funciona da seguinte forma: sem incidência de luz o sensor não conduz e a saída fica em nível alto (*HIGH*); com luz o sensor conduz e a saída fica em nível baixo (*LOW*).

Figura 6.6: Circuito elétrico com sensor óptico.

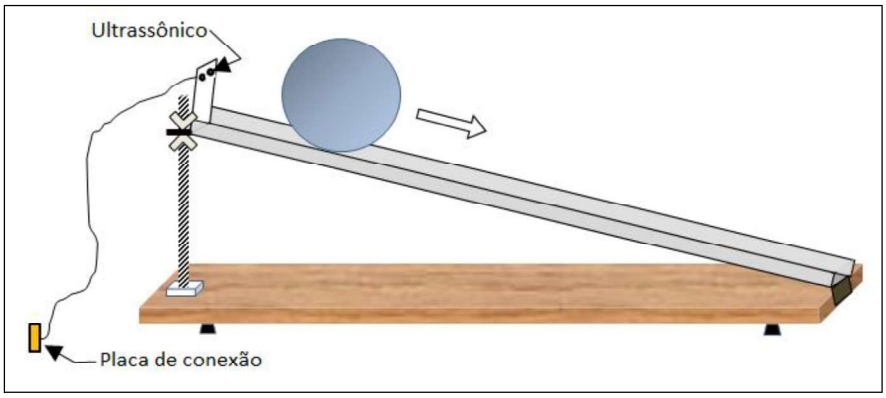


O *laser* é alimentado por um circuito separado, constituído por uma bateria de 9 V, um resistor e uma chave liga/desliga.

6.1.3. **Plano inclinado**

Para o estudo do movimento uniformemente variado, construímos um plano inclinado, figura 6.7, por onde rola um corpo. Neste plano foi instalado um sensor ultrassônico cuja função é medir a distância percorrida pelo corpo ao descer pela rampa.

Figura 6.7: Plano Inclinado.



O sensor ultrassônico instalado é do tipo HC-SR04, figura 6.8, composto por um emissor e um receptor de ondas sonoras de frequência 40 kHz.

Figura 6.8: Sensor Ultrassônico.

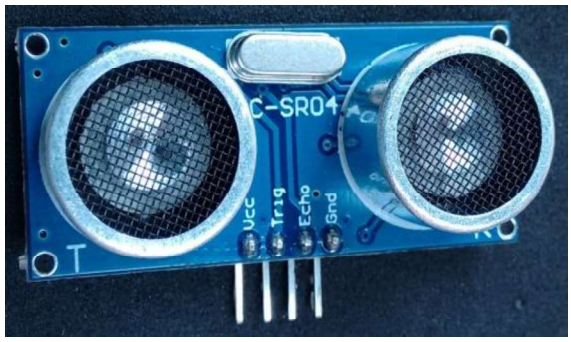
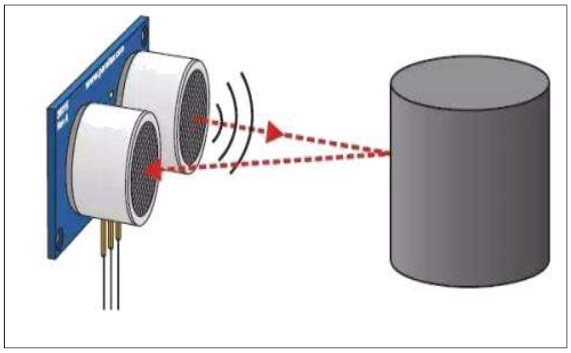


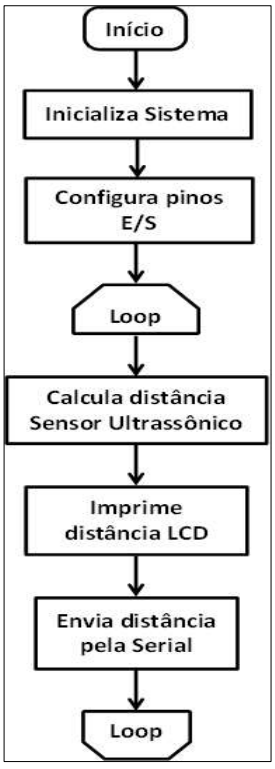
Figura 6.9: Emissão e recepção de sinal.



Fonte: Filipeflop.com

O seu funcionamento baseia-se na emissão de sinais ultrassônicos que, ao colidir com um corpo, é refletido de volta (figura 6.9), e com base no tempo entre o envio e retorno do sinal calcula a distância entre o sensor e o corpo. No programa "Distância" (APÊNDICE A2), a biblioteca *Ultrasonic.h* é quem faz este cálculo da distância, nos fornecendo o valor em centímetro. O diagrama de bloco da figura 6.10 mostra o funcionamento do programa.

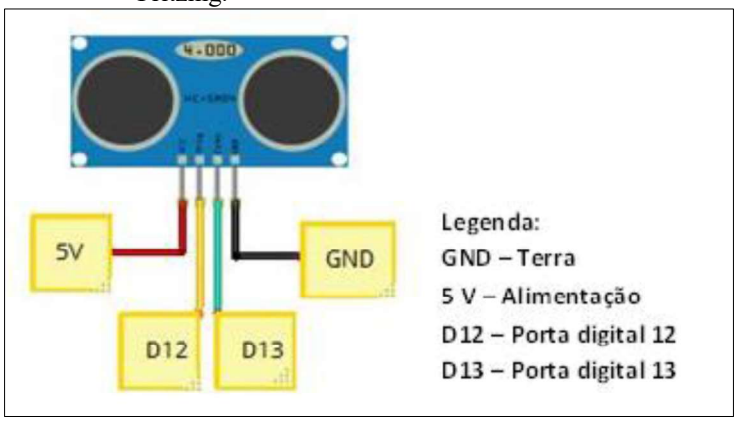
Figura 6.10: Diagrama de blocos – Distância.



A distância é registrada no *display* e com estes dados também registrados no monitor é possível construir gráficos da distância em função do tempo.

Os terminais de ligação do sensor HC-SR04 são mostrados na figura 6.11. Nela é mostrado que o terminal *Trigger* do sensor é ligado na porta digital 12 e o terminal *Echo* é ligado na porta digital 13. Estas especificações são informadas no programa.

Figura 6.11: Ligação do Ultrassônico. Criado através do programa Fritzing.

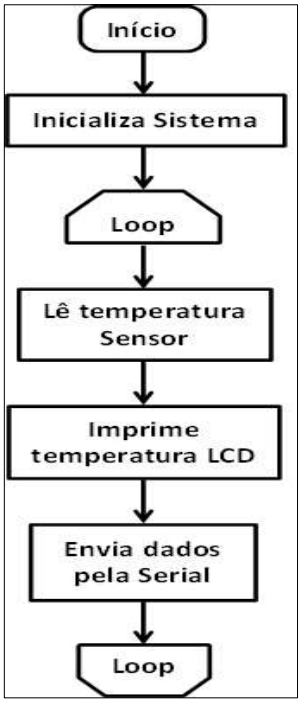


6.1.4. **Lei de resfriamento de Newton**

Neste experimento observaremos, graficamente, o comportamento da temperatura de um corpo resfriando. O experimento é composto por dois sensores de temperatura, do tipo DS18B20, sendo um simples que medirá a temperatura ambiente e outro próprio para ser submerso em líquido que medirá a sua temperatura.

No programa "Temperatura", em anexo (APÊNDICE A3), que é o programa desenvolvido para este experimento, são necessárias duas bibliotecas, a *Dallas Temperature* e a *One Wir*e, que, em conjunto, coletam os dados fornecidos pelos sensores. Estas bibliotecas deverão ser baixadas da *internet* e instaladas na pasta *LIBRARIES* da IDE do Arduino. Na figura 6.12 temos o diagrama de bloco do funcionamento deste programa.

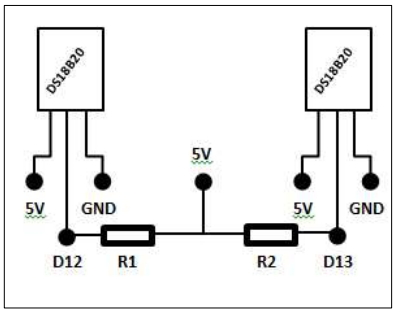
Figura 6.12: Diagrama de blocos – Temperatura.



As temperaturas registradas por estes sensores serão mostradas no *display* da *interface* e no monitor serial da IDE. Estes por sua vez serão transformados num arquivo de texto e exportados para o programa *Scidavis* onde será construído o gráfico de resfriamento do líquido.

O esquema de ligações dos sensores está na figura 6.13. Os pontos D12 e D13 indicam as portas digitais 12 e 13 da placa do Arduino UNO.

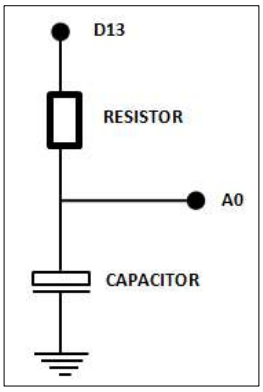
Figura 6.13: Ligações dos sensores.



6.1.5. **Capacitor**

O objetivo deste experimento é medir a tensão de carga e descarga de um capacitor e construir os seus respectivos gráficos. O circuito elétrico, figura 6.14, mostra as ligações no Arduino. O ponto A0 significa porta analógica A0 e D13 a porta digital 13.

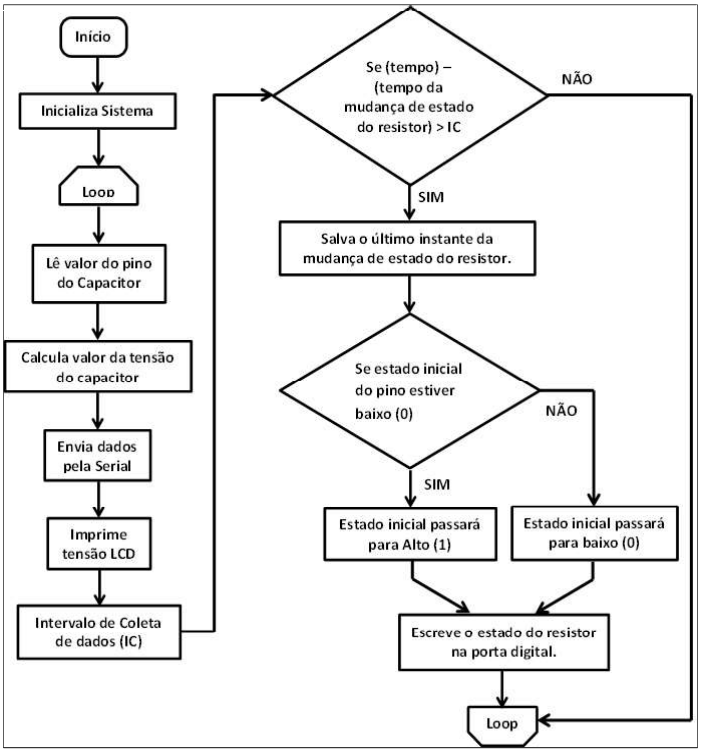
Figura 6.14: Circuito elétrico do capacitor.



Esta porta digital será comandada pelo programa "Capacitor" (APÊNDICE A4) para funcionar como uma chave comutadora. Na figura 6.15 temos o diagrama de blocos deste programa. Considerando que inicialmente o capacitor está descarregado, esta porta estará em nível alto (*HIGH*) durante certo tempo, controlada pela função *delay* () no programa, realizando a carga do capacitor. Em seguida, a porta passa para nível baixo (*LOW*), ficando também controlada por uma função *delay*() e assim promovendo a descarga do capacitor.

Desta forma, por meio da porta analógica A0, é feita a coleta de dados, que no nosso caso é a tensão sobre o capacitor. Estes dados são monitorados com o uso do monitor serial do Arduino que em seguida são transformados num arquivo de texto e exportados para o programa *Scidavis*, onde é construído o gráfico de carga e descarga do capacitor.

Figura 6.15: Diagrama de blocos – Capacitor.

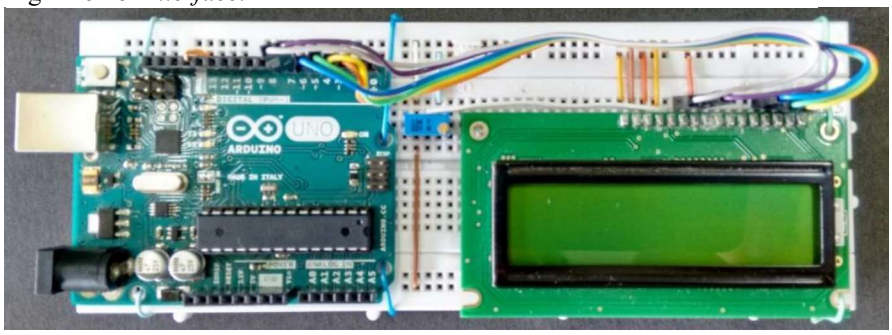


6.2. DESCRIÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Neste tópico será descrito as etapas de construção de cada kit.

6.2.1. **Interface**

Figura 6.16: *Interface.*



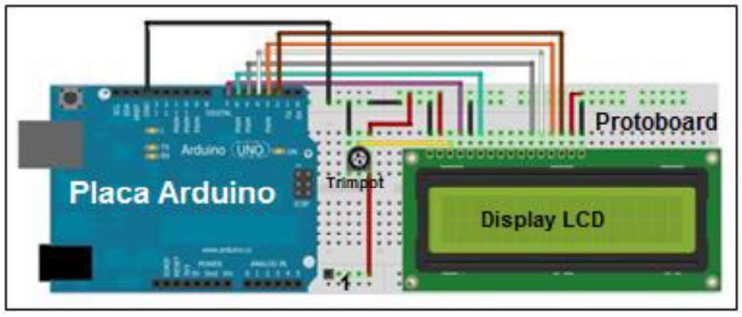
Para montagem da *interface*, figura 6.16, utilizamos os materiais indicados na tabela 6.1:

Tabela 6.1: Relação de materiais da *interface.*

Quantidade	Unidade	Material	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
1	Und	Placa de Arduino UNO R3	40,00	40,00
1	Und	*Display* LCD 16x2	20,00	20,00
1	Und	*Protoboard* 830 pontos	17,00	17,00
1	Und	Trimpot 10k	2,00	2,00
20	cm	Cabo de rede	0,02	0,40
			Total	79,40

O esquema de ligações é mostrado na figura 6.17.

Figura 6.17: Esquema de ligações da interface criado através do programa Fritzing.



O Fritzing é um programa de código aberto (Open-source) que mostra de maneira virtual como seria uma montagem feita com Arduino.

As identificações das conexões do LCD com a placa UNO são mostradas na tabela 6.2.

Tabela 6.2: Conexões do LCD.

Pino LCD	Função	Porta placa Arduino
1	Vss	GND
2	Vdd	Vcc 5V
3	V0	Pino central trimpot
4	RS	Digital 7
5	RW	GND
6	E	Digital 6
11	D4	Digital 5
12	D5	Digital 4
13	D6	Digital 3
14	D7	Digital 2
15	A	Vcc 5V
16	K	GND

Fonte: Filipeflop.com.

Tomando como base a própria *protoboard*, fixamos através de fios o *display* e a placa UNO (figura 6.18 e 6.19).

Figura 6.18: Fixação do *display*.

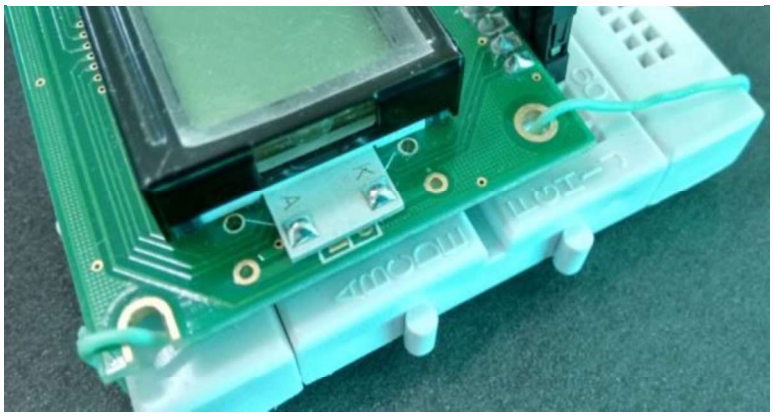


Figura 6.19: Fixação da placa UNO.

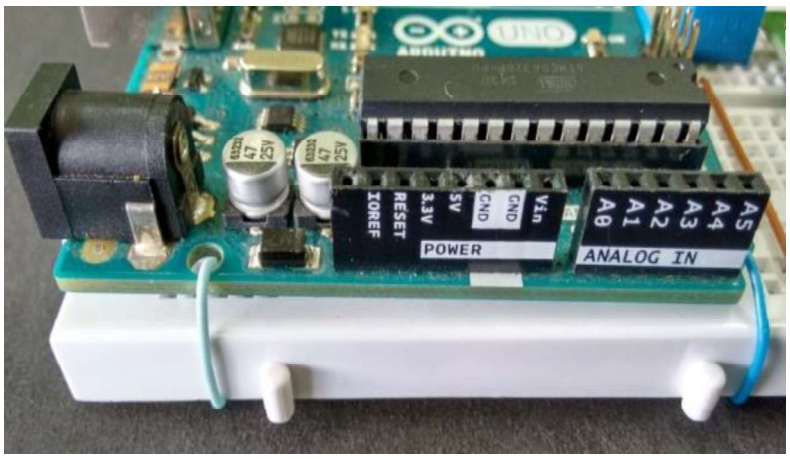
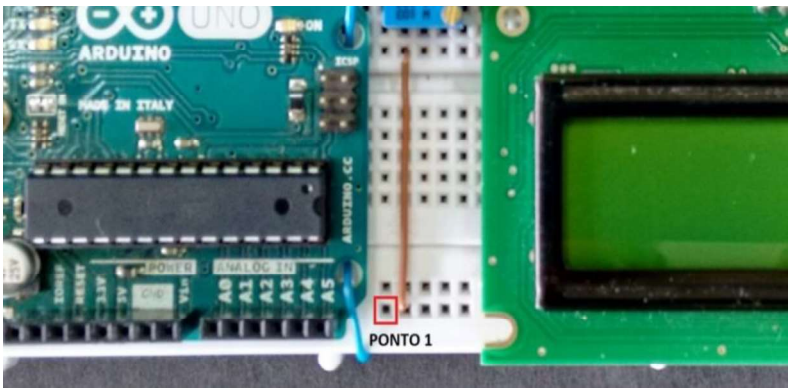


Figura 6.20: Detalhe do ponto de alimentação do *display*.



O ponto 1, indicado na *protoboard* (figura 6.20), serve para fazer alimentação em 5 V para o *display*. O fato é que a placa do Arduino só possui uma saída de 5 V e precisa-se alimentar o experimento e o *display* ao mesmo tempo, então foi instalado um fio na placa de conexão, do experimento com a interface, que faz a alimentação do *display* após esta ser ligada na interface.

6.2.2. **Experimentos**

Para cada experiência escolhida para demonstração, foi montado um experimento onde explicaremos as etapas de construção a seguir:

6.2.2.1. Pêndulo simples

Para montagem deste experimento utilizamos os materiais listados na tabela 6.3.

Tabela 6.3: Relação de materiais do pêndulo simples.

Quantidade	Unidade	Material	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
120	cm	Cano de metal (cabo de vassoura)	-	-
1	Und.	Ponteira interna	0,15	0,15
1	Und.	Nípel Roscável 20 mm	0,80	0,80
1	Und.	Luva de correr 22mm para água quente	5,50	5,50
1	Und.	Abraçadeira tipo “D” com parafuso ½”	1,50	1,50
15	cm	Barra roscada 3/16”	0,02	0,30
3	Und.	Porca sextavada 3/16”	0,05	0,15
2	Und.	Arruela 3/16” de Tecnil	0,05	0,10
1	Und.	Transferidor 180°	2,50	2,50
1	Und.	Porca borboleta 3/16”	0,05	0,05
150	cm	Cordão	-	-
1	Und.	Chumbada	1,00	1,00
1	Und.	Perfil “U” Enrijecido	10,00	10,00
4	Und.	Pés nivelador para móveis	1,00	4,00
2	Und.	Parafuso	0,25	0,50
1	Und.	Plug roscável 20mm	0,50	0,50
1	Und.	Joelho interno duplo para mangueira ½”	2,00	2,00
2	Und.	Adaptador redução para mangueira ½” x 3/8”	1,00	2,00
1	Und.	Tê roscável 20mm	2,00	2,00
1	Und.	Sensor Óptico	1,90	1,90
1	Und.	Laser vermelho	5,00	5,00
1	Und.	Clipe para papel	3,50	3,50
1	Und.	Bateria 9 volt;	6,00	6,00
1	Und.	Mini chave liga desliga duas posições dois polos	2,00	2,00
1	Und.	Conector Clip de Bateria 9 volt	1,50	1,50
1	Und.	Resistor 220R	0,10	0,10
1	Und.	Placa Fenolite perfurada	4,00	4,00
2	m	Cabo duas vias	1,50	3,00
10	cm	Cabo de antena de TV	0,05	0,50
			Total	60,55

A descrição deste experimento, figura 6.18, será feita em três partes:

a) Haste vertical.
b) Haste horizontal.
c) Base.

Figura 6.21: Pêndulo simples.

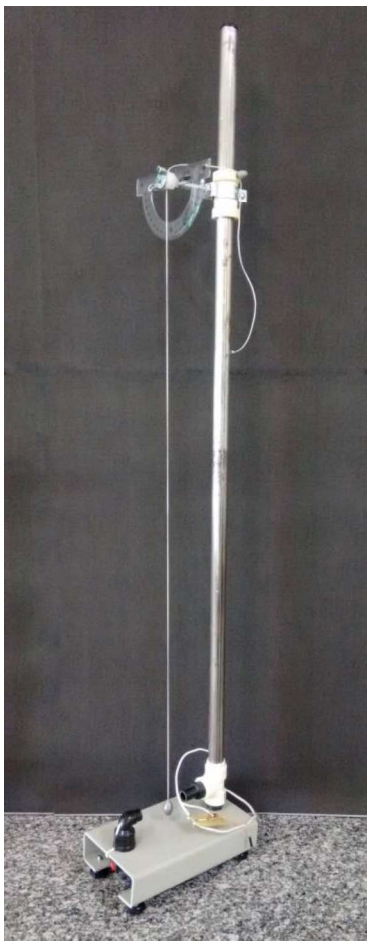
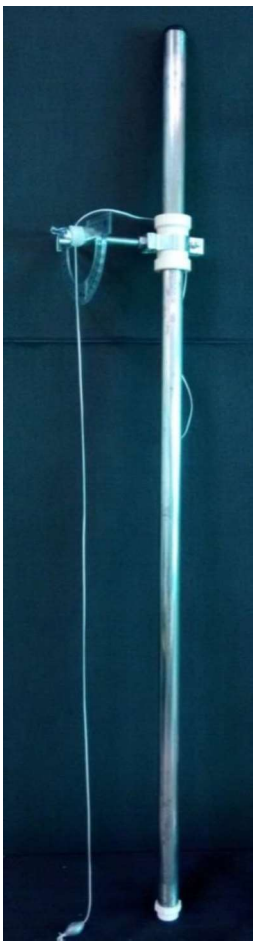


Figura 6.22: Haste vertical.



a) Haste vertical

A haste vertical, figura 6.22, foi feita de um cano de metal aproveitado de um cabo de vassoura, onde foi retirado a sua proteção plástica e cortado no tamanho necessário.

Em uma de suas extremidades foi colocado uma ponteira interna (figura 6.23), e na outra um nípel roscável de 20 mm (figura 6.24). A finalidade deste nípel é facilitar o encaixe da haste na base.

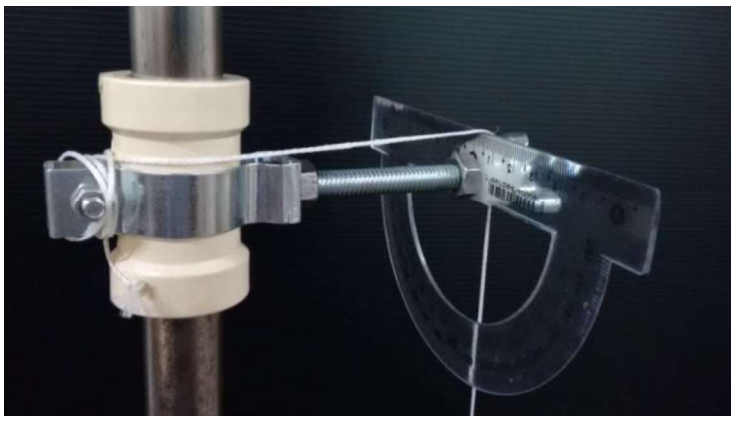
Figura 6.23: Ponteira interna.

Figura 6.24: Nipel.

b) Haste horizontal

A haste horizontal, figura 6.25, tem finalidade de dar sustentação e ajustar o tamanho do cordão que suspende o corpo.

Figura 6.25: Haste horizontal.



Na luva de correr são retirados os dois anéis de vedação, para que ela possa correr livremente na haste vertical. Para sua fixação numa determinada posição, foi adaptado um parafuso que propicia isso (figura 6.26).

Figura 6.26: Detalhes da luva de correr.

A barra roscada foi fixada na luva através de uma braçadeira tipo “D” (figura 6.27).

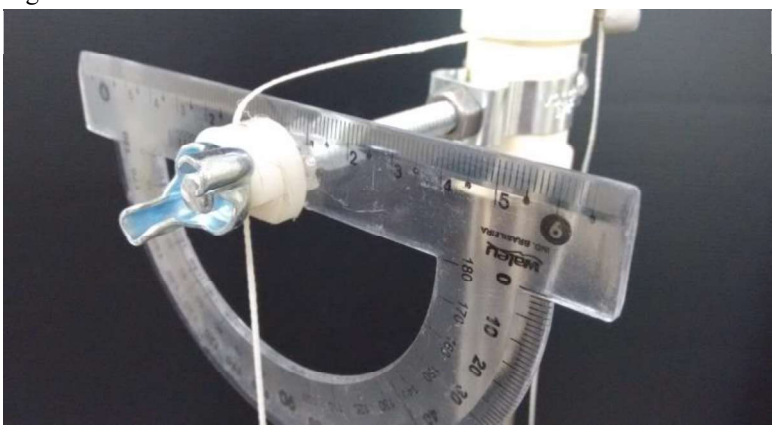
Figura 6.27: Detalhes da braçadeira e barra roscada.

Na outra extremidade da barra é feito um furo de 2 mm, figura 6.28, por onde passa o cordão que suspende o corpo. O tamanho do cordão é controlado através das duas arruelas de tecnil e da porca borboleta.

Figura 6.28: Detalhes da barra roscada.

Nesta mesma extremidade é encaixado o transferidor, figura 6.29, que serve para medir o ângulo de afastamento da partícula em relação ao ponto de equilíbrio.

Figura 6.29: Detalhes do transferidor.



Para confecção do corpo foi utilizada uma chumbada, figura 6.30, usada em pescaria. O cordão foi passado por um furo já existente nela e colado com cola bond.

Figura 6.30: Detalhes do corpo (chumbada).

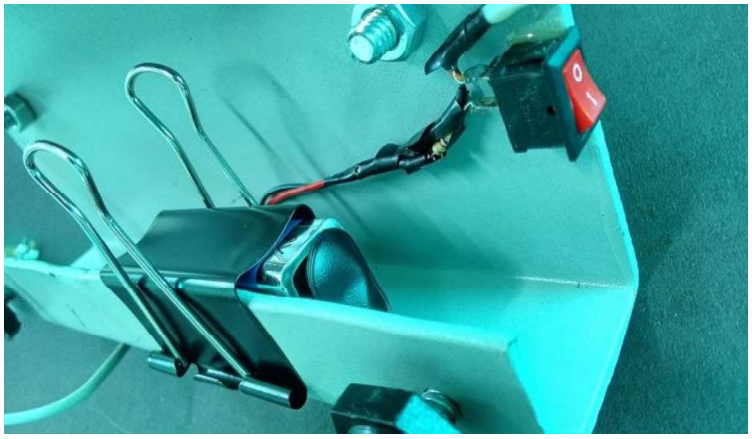
c) Base

A Base, figura 6.31, foi confeccionada em ferro com perfil em “U” enrijecido. Na parte inferior dela foi feito quatro furos para instalação dos pés niveladores.

Figura 6.31: Base do pêndulo.

Também na parte inferior, figura 6.32, foi instalado o circuito de alimentação do laser. O interruptor foi fixado com cola epóxi e a bateria fica fixada através do clipe para papel.

Figura 6.32: Circuito de alimentação do laser.



Na parte superior foram feitos dois furos para instalação de dois plugs roscáveis (figura 6.33). Os plugs foram fixados na base através de parafusos.

Figura 6.33: Plugs roscáveis.

Num plug é conectado o joelho interno duplo para mangueira ½’’, figura 6.34, que foi cortado e que serve de suporte para o laser.

Figura 6.34: Suporte do laser.

No outro furo foi fixado um plug (figura 6.35) feito de um adaptador de redução para mangueira ½’’ x 3/8’’ (figura 6.36), que serve para dar suporte ao tê, que por sua vez serve para conectar a haste vertical e o suporte do sensor óptico (figura 6.37).

Figura 6.35: Plug do adaptador de mangueira ½ x 3/8.

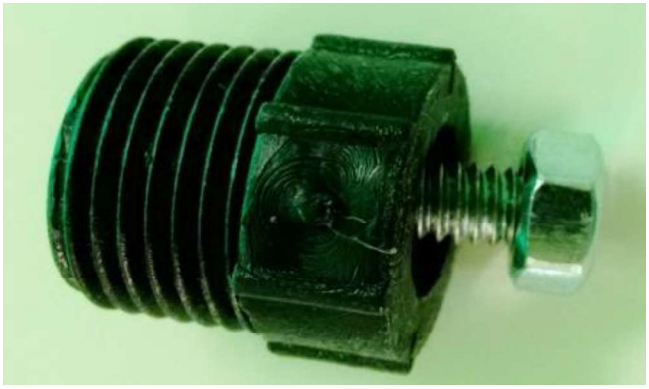
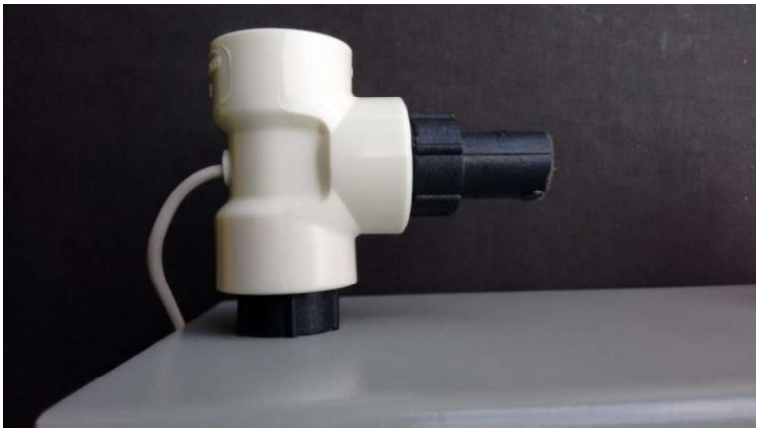


Figura 6.36: Adaptador de mangueira ½ x 3/8.

Figura 6.37: Tê e suporte do sensor óptico.

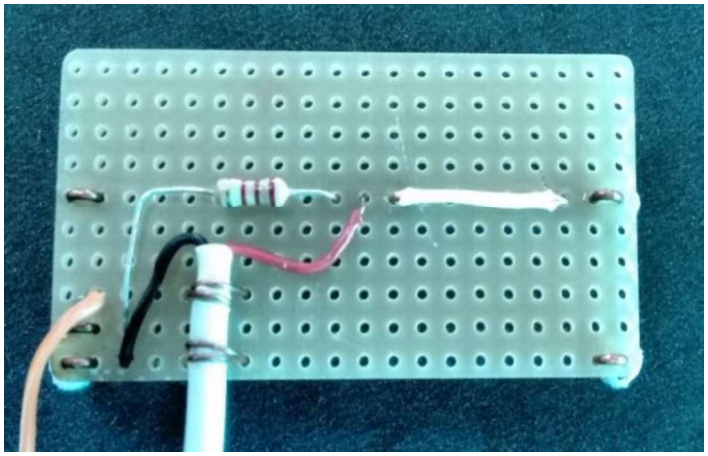


As acomodações tanto do sensor óptico como do laser foram feitas com borracha macia, que ajuda no alinhamento deles. A instalação de plugs diferentes na base teve como motivo o alinhamento do laser com o sensor óptico.

A opção em utilizar conexões de Policloreto de Vinila (PVC) se deve aos seguintes fatos: baixo custo, facilidade de manipulação e fácil aquisição no comércio.

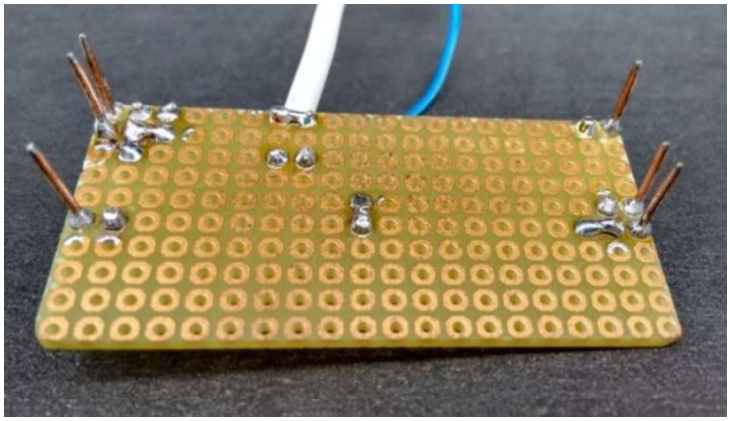
Para conexão do experimento com a interface foi feita uma pequena placa de circuito impresso ilhada (figura 6.38) confeccionada sob medida para o encaixe na placa do Arduino UNO. Nesta placa também foi instalado o resistor que faz parte do circuito eletrônico do sensor óptico.

Figura 6.38: Placa de circuito impresso.



Para confecção dos terminais desta placa, figura 6.39, foi utilizado o fio interno de cabo coaxial, o mesmo usado para ligação de antena de televisão.

Figura 6.39: Terminais da placa.



6.2.2.2.Plano inclinado

Para construção do plano inclinado (figura 6.40) utilizamos os materiais descritos na tabela 6.4:

Figura 6.40: Plano inclinado.

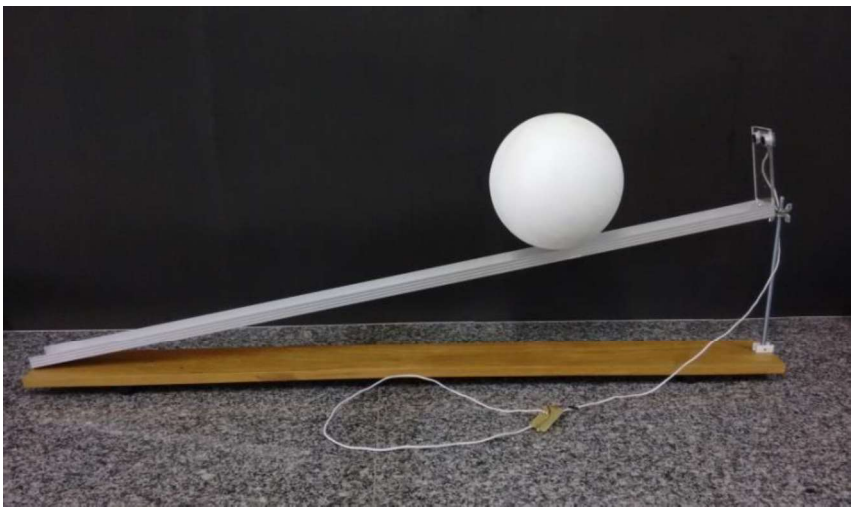


Tabela 6.4: Relação de materiais do plano inclinado.

Quantidade	Unidade	Material	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
1	Und.	Régua em madeira 150cm x 10cm x 2cm	10,00	10,00
4	Und.	Pés em plástico	0,20	0,80
8	Und.	Parafusos madeira fenda Philips 3x12mm	0,01	0,08
1	Und.	Perfil “U” em alumínio 4cm x 2cm x 120cm	10,00	10,00
1	Und.	Dobradiça estreita 5cm x 3cm	0,60	0,60
1	Und.	Dobradiça quadrada 2,5cm x 2,5cm	0,90	0,90
1	Und.	Cantoneira “L” em alumínio 4cm x 2cm x 2cm	0,50	0,50
1	Und.	Placa em acrílico 13cm x 5cm x 5mm	4,00	4,00
30	cm	Barra roscada 3/16”	0,01	0,30
2	Und.	Porcas borboleta 3/16” zincada	0,04	0,08
1	Und.	Perfil “U” em alumínio 2cmx1cm x 1cm	0,10	0,10
4	Und.	Rebite	0,01	0,04
1	Und.	Pino de rebite	0,01	0,01
1	Und.	Par de sensores ultrassônico HC-SR04	10,00	10,00
1	Und.	Placa para circuito impresso	4,00	4,00
1	Und	Bola de isopor 200mm	15,00	15,00
1,5	m	Cabo 4 vias	2,20	3,30
10	cm	Cabo de antena de TV	0,05	0,50
			Total	60,21

A base foi feita em madeira maciça medindo 150 cm de comprimento, 10 cm de largura e 2 cm de espessura. Na parte inferior foram instalados quatro pés de plástico para um melhor apoio (figura 6.41).

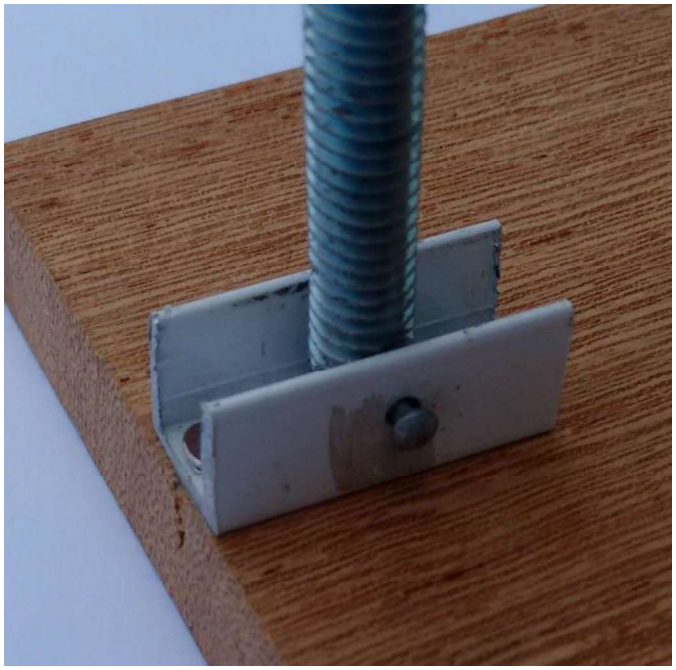
Figura 6.41: Pés do plano inclinado.

Numa das extremidades da base de madeira foi instalada uma dobradiça estreita (figura 6.42) que fixa a rampa de alumínio na base de madeira.

Figura 6.42: Fixação da dobradiça.

Na outra extremidade foi instalado o suporte da barra roscada (figura 6.43), feito através de um perfil em “U” de alumínio 1 cm x 1 cm, que é presa a barra roscada através de um pino.

Figura 6.43: Fixação da barra roscada.



A barra roscada tem a finalidade de ajustar a altura da rampa através de duas porcas borboleta prendendo a dobradiça quadrada (figura 6.44).

Figura 6.44: Detalhe das porcas tipo borboleta.

A Rampa de alumínio foi confeccionada de um perfil “U” medindo 120 cm de comprimento, 4 cm de largura e 2 cm de altura. Nas suas duas extremidades foi fixada

dobradiças com rebite. Na extremidade que não está fixa à madeira foi presa junta uma cantoneira em alumínio, figura 6.45, que serve para fixar o suporte do sensor ultrassônico.

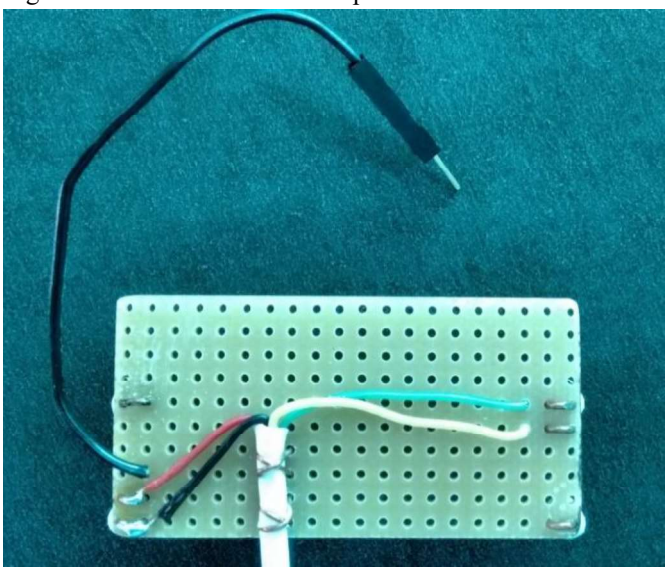
Figura 6.45: Fixação da cantoneira.

Figura 6.46: Suporte do sensor.

O suporte do sensor ultrassônico, figura 6.46, foi feito em acrílico medindo 13 cm de comprimento, 5 cm de largura e 5 mm de espessura. Ele foi fixado na cantoneira de alumínio através de parafusos.

A conexão do experimento com a *interface* foi realizada através de uma placa de circuito impresso ilhada (figura 6.47), que foi feita sob medida e se encaixa nos terminais da placa do Arduino UNO.

Figura 6.47: Placa de circuito impresso.



6.2.2.3. Lei de Resfriamento de Newton

Para construção do experimento da Lei de Resfriamento de Newton, figura 6.48, utilizamos os materiais apresentados na tabela 6.5.

Figura 6.48: Experimento lei de resfriamento de Newton.

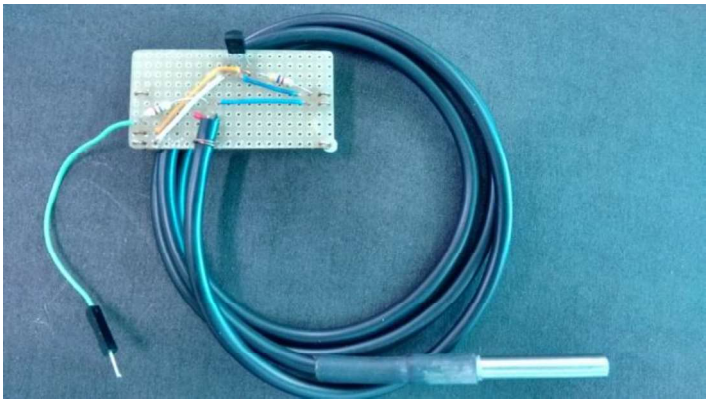


Tabela 6.5: Relação de materiais do experimento lei de resfriamento de Newton.

Quantidade	Unidade	Material	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
1	Und.	Sensor de temperatura digital DS18B20 à prova d'água	29,00	29,00
1	Und.	Sensor de temperatura digital DS18B20	8,00	8,00
2	Und.	Resistores 4k7	0,10	0,20
1	Und.	Placa de circuito impresso ilhada	5,00	5,00
10	cm	Cabo de antena de TV	0,05	0,50
			Total	42,70

A construção deste experimento resume-se a uma placa de circuito impresso, no qual de um lado está montado o circuito eletrônico (figura 6.49) e do outro os terminais que se encaixam na placa de Arduino (figura 6.50).

Figura 6.49: Placa circuito impresso lei de resfriamento.

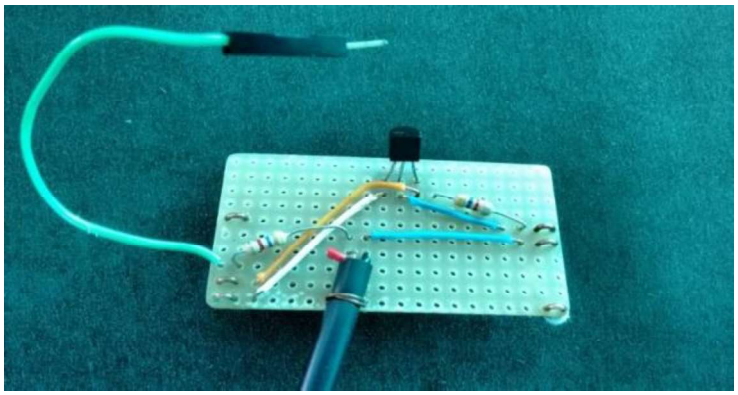
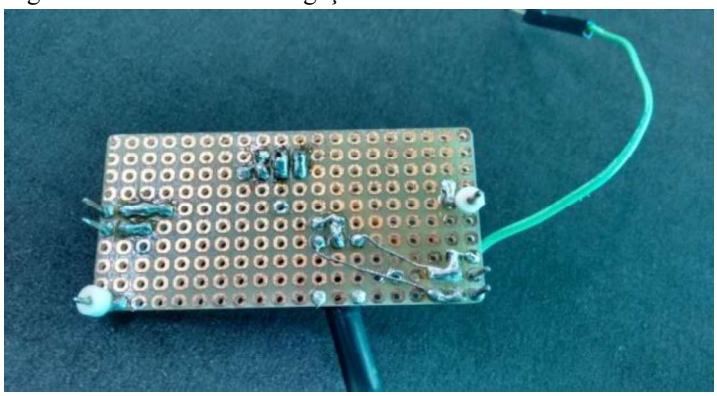
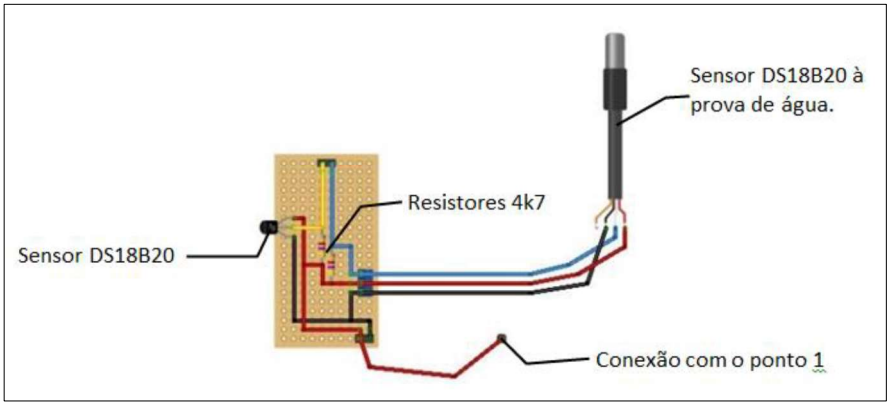


Figura 6.50: Terminais de ligação lei de resfriamento.



O circuito eletrônico montado na placa é o que está mostrado na figura 6.51.

Figura 6.51: Circuito eletrônico lei de resfriamento. Criado através do programa Fritzing.



6.2.2.4. Capacitor

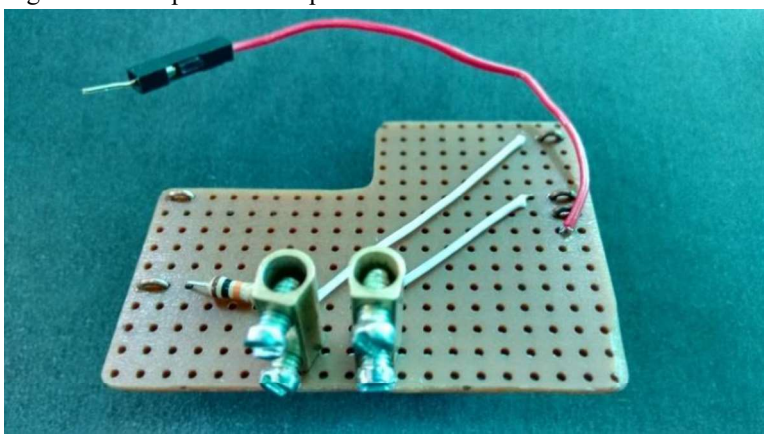
Para construção do experimento de carga e descarga de um capacitor utilizamos os materiais descritos na tabela 6.6.

Tabela 6.6: Relação de materiais do experimento capacitor.

Quantidade	Unidade	Material	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
1	Und	Placa de circuito impresso ilhada	5,00	5,00
1	Und	Resistor 10 kΩ	0,10	0,10
1	Und	Barra de terminais com parafuso	2,00	2,00
10	cm	Cabo de antena de TV	0,05	0,50
			Total	7,60

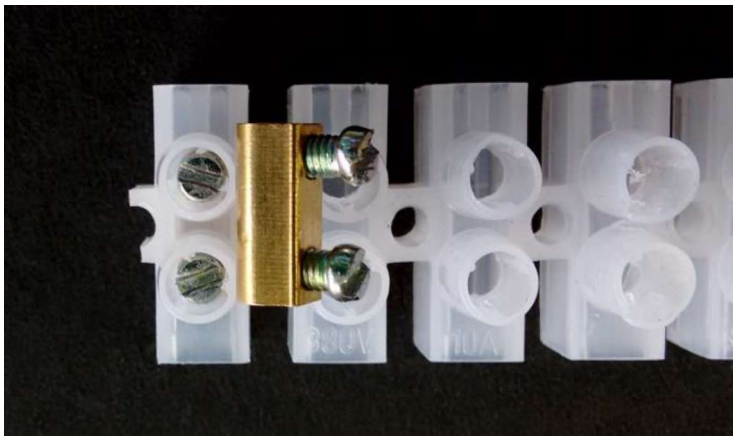
Este experimento resume-se apenas numa placa de circuito impresso (figura 6.52) onde foi instalado um circuito eletrônico com um suporte para o capacitor.

Figura 6.52: Experimento capacitor.



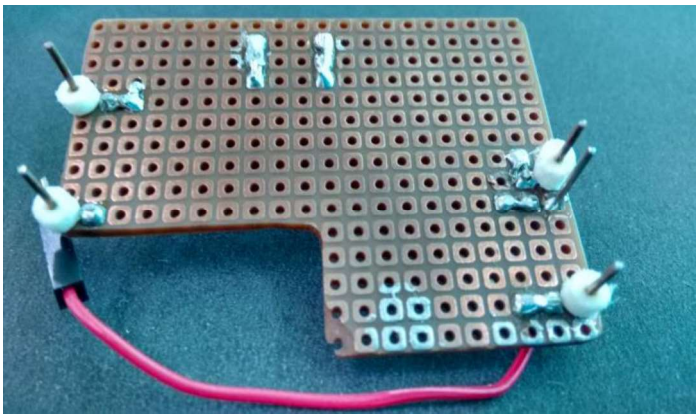
Para o encaixe do capacitor foi utilizado dois conectores de terminais de uma barra de terminais com parafuso (figura 6.53). Eles foram fixados na placa em dois pinos soldados com esta finalidade. Na placa também foi soldado o resistor de 10 kΩ que faz parte do circuito eletrônico.

Figura 6.53: Barra de terminais.



O encaixe desta placa com a *interface* é feito através de terminais, figura 6.54, que foi feito do fio interno do cabo para antena de televisão e soldados. Foi cortada no tamanho necessário para o encaixe na placa do Arduino UNO.

Figura 6.54: Terminais da placa do experimento capacitor.



6.3. VANTAGENS E VIABILIDADE ECONÔMICA

Realizando uma análise em relação aos Kits construídos e os produtos já disponíveis no mercado, podemos realizar alguns comparativos que justifiquem a viabilidade desta proposta. No mercado encontramos alguns produtos cuja funcionalidade se assemelham aos kits construídos, como: *interface*, pêndulo simples, plano inclinado e sensor de temperatura. Tais produtos são comercializados individualmente a um custo relativamente elevado.

Realizando um comparativo da viabilidade econômica, após a construção dos kits e realização da descrição dos gastos, percebemos que a economia gira em torno de 20 vezes em relação aos disponíveis no mercado. Além disso, os kits possibilitam uma interação por parte do usuário em relação a montagem do experimento, o que não é possível com os produtos disponíveis no mercado. Estes já vêm prontos para uso, dificultando a compreensão de informações importantes para o entendimento do princípio aplicado e entendimento dos dados apresentados ao final da experiência. Além disso, a interface disponível apresenta um uso limitado e nem sempre atende a todos os pré-requisitos desejados.

Desta forma, esta proposta vem viabilizar a construção de experimentos através de uma única *interface*, onde se pode aplicar diversos princípios da física de forma interativa e economicamente viável facilitando a compreensão e aplicação por parte dos usuários.

7. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

A aplicação do produto foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia – IFRO, *Campus* Vilhena, situado na Rodovia BR174- km03, nº 4334 – Zona Urbana - Vilhena/RO.

O *campus* oferta os cursos de Edificações, Eletromecânica e Informática de nível técnico integrado ao ensino médio e os de graduação Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Tecnólogo), Arquitetura e Urbanismo (Bacharelado), e Matemática (Licenciatura).

A carga horária da disciplina de Física nos cursos de nível técnico integrado ao ensino médio é de 80 horas-aula no primeiro e segundo ano e 40 horas-aula no terceiro ano.

Na fase de construção dos kits foi utilizado o laboratório de física e o de usinagem. Neste laboratório foi feito uso de ferramentas para construção propriamente dita dos kits e no de física foi feito a montagem e ajustes.

Tanto a parte de montagem dos kits quanto a parte de construção dos programas do Arduino tiveram a participação de alguns alunos; daí a grande importância na construção destes kits.

Na fase de aplicação foi utilizado o laboratório de física (Figura 7.1), onde temos disponível duas mesas grandes com bancos, projetor multimídia, tela para projeção, dois computadores, lousa e outros materiais necessários.

Figura 7.1: Laboratório de Física.

Para outros equipamentos, como computadores, foi necessário o empréstimo em outro setor, como também a parte de vidraçaria que foi solicitado a título de empréstimo no laboratório de química.

7.1. PÊNDULO SIMPLES

Este experimento foi aplicado na turma do 1º B do curso técnico em Eletromecânica integrado ao ensino médio do turno vespertino. A turma é formada por jovens adolescentes com idade entre 15 e 16 anos, 60% oriundos do ensino fundamental de escolas públicas e 40% de alunos retidos da própria instituição.

No primeiro encontro fizemos uma explicação do assunto a ser abordado e de que maneira seria realizada a experiência. Neste momento toda a turma participou, mas devido ao fato de estarmos utilizando uma aula disponível no horário, esta aula foi logo disponibilizada para outros professores que precisavam repor aulas. Assim, foi necessário adequar o horário de aplicação que de certa forma não ficou viável a todos os alunos.

Para aplicação do experimento do pêndulo simples utilizamos o guia disponível no APÊNDICE B1. Este guia mostra os procedimentos a serem adotados para realização da experiência.

Nas imagens a seguir temos o registro de alguns momentos da realização da experiência. Nas figuras 7.2 e 7.3 temos o momento do ajuste do tamanho do pêndulo e a fixação da haste horizontal. Na figura 7.4 temos o momento que a massa pendular passa pela barreira do laser. Na figura 7.5 temos o registro das oscilações e, nas figuras 7.6 e 7.7, temos os momentos em que são realizados os cálculos solicitados no guia pelos grupos de alunos A e B respectivamente.

Figura 7.2: Medição do comprimento do pêndulo.

Figura 7.3: Fixando a haste horizontal.

Figura 7.4: Massa pendular passando pelo laser.

Figura 7.5: Registro das oscilações.

Figura 7.6: Realização dos cálculos (grupo A).

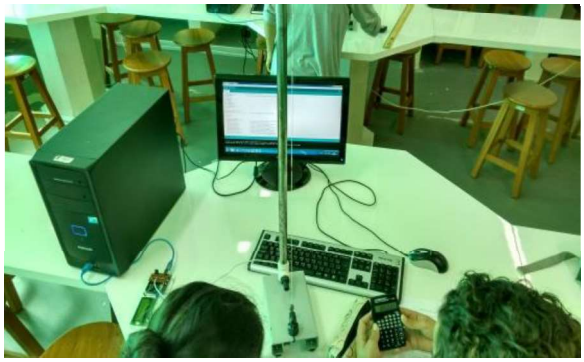
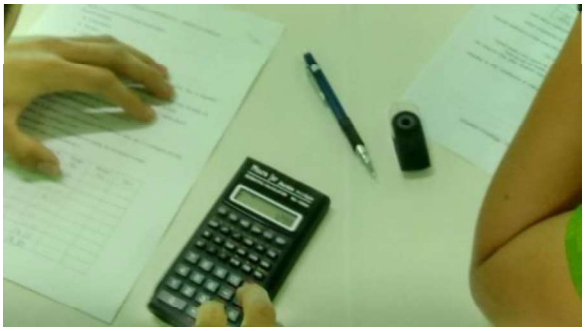


Figura 7.7: Realização dos cálculos (grupo B).



Na tabela 7.1 temos os valores médios da aceleração da gravidade encontrados pelos grupos. É importante ressaltar que um estudo da teoria dos erros não fez parte do escopo dessa aula experimental, de forma que os valores medidos para a aceleração da gravidade apresentaram arbitrariamente entre 3 e 4 algarismos significativos.

Tabela 7.1: Valores encontrados da aceleração da gravidade.

Tamanho do pêndulo	Valores médios da aceleração da gravidade
40 cm	10,43 m/s²
	10,31 m/s²
	10,10 m/s²
60 cm	10,14 m/s²
	10,11 m/s²
	9,85 m/s²
80 cm	10,43 m/s²
	10,44 m/s²
	10,01 m/s²

Em relato, o grupo de alunos A destacou as imprecisões dos valores encontrados e relacionou a isto as medidas feitas do comprimento do pêndulo e a forma de como estava soltando a massa pendular. Já o grupo de alunos B relatou a importância do experimento como uma forma, fora das aulas “comuns”, de se adquirir conhecimento. Eles também valorizaram a metodologia de se transmitir conhecimentos através de experimentos. Um aluno destacou que “se a pessoa realmente estiver interessada, mesmo que tenha algumas dificuldades ela acaba aprendendo”. O grupo de alunos C ficou desfalcado no dia da realização da experiência, e só

um componente deste grupo realizou a experiência. Ele relatou a importância de se fazê-la sozinho, observando que a concentração era melhor e as medições eram mais precisas.

7.2. PLANO INCLINADO – MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

Este experimento também foi aplicado na turma do 1º B do curso técnico em Eletromecânica integrado ao ensino médio do turno vespertino. O procedimento inicial foi o mesmo: uma explicação do assunto a ser abordado e de que maneira seria realizada a experiência.

Para aplicação do experimento do plano inclinado utilizamos o guia disponível no APÊNDICE B2. Este guia mostra os procedimentos a serem adotados para realização da experiência, inclusive o ângulo de inclinação que deve ser utilizado na rampa, que é de 10° a 15°, pois neste intervalo a bola rola sem deslizar.

Não foi possível registrar o momento da aplicação deste experimento. Temos apenas imagens dos kits construídos (figuras 7.8 e 7.9).

Figura 7.8: Detalhe da rampa com a bola e a interface.

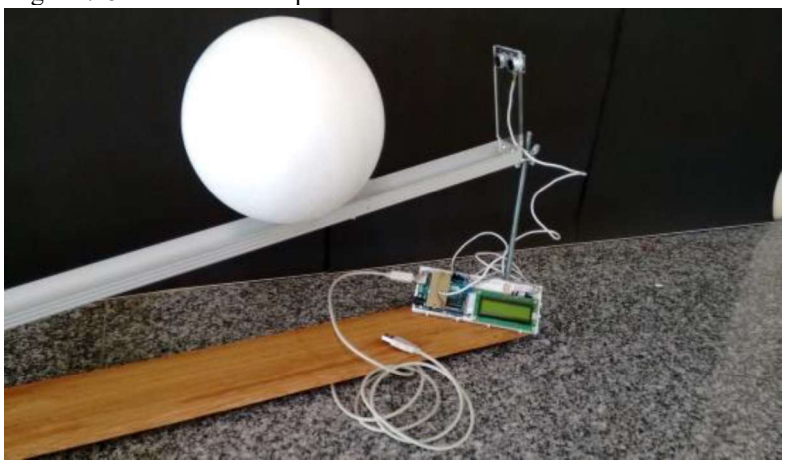


Figura 7.9: Planos inclinados construídos.

Tivemos problema com um sensor, de forma que um kit ficou inoperante. Fica aqui o alerta para se ter sempre peças de reposição.

Foram utilizados três kits na aplicação do produto. Nas figuras 7.10, 7.11 e 7.12 temos os gráficos construídos com os dados obtidos pelos grupos de alunos A, B e C, respectivamente.

Figura 7.10: Deslocamento no plano inclinado (grupo A).

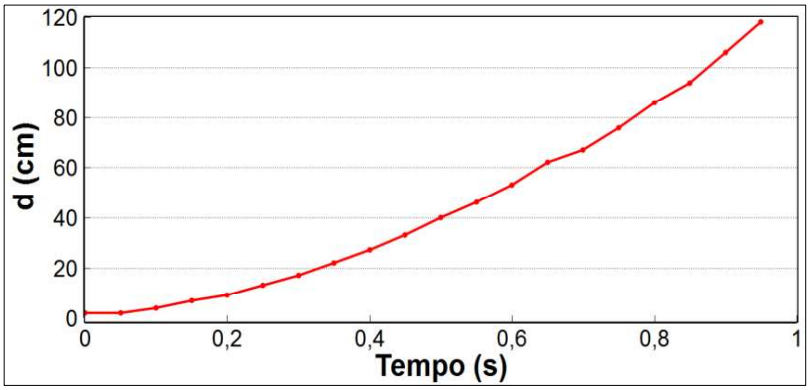


Figura 7.11: Deslocamento no plano inclinado (grupo B).

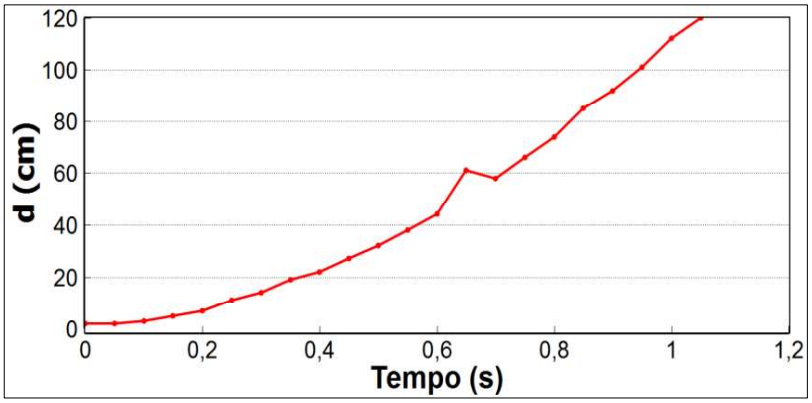
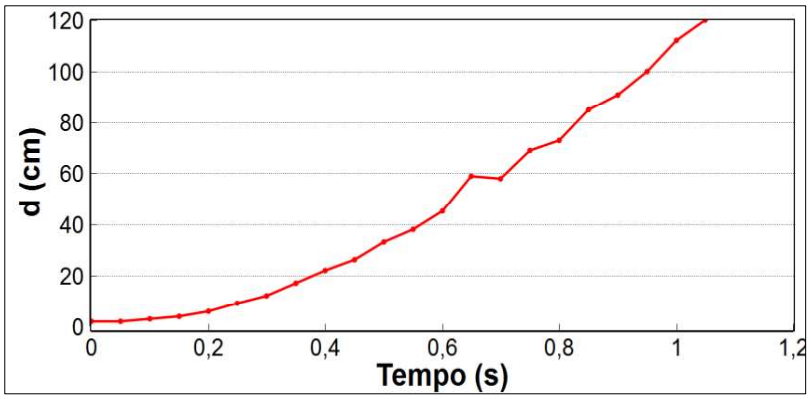


Figura 7.12: Deslocamento no plano inclinado (grupo C).



No gráfico da figura 7.10 a curva tem certa regularidade, enquanto que nos gráficos das figuras 7.11 e 7.12 existe certo pico na metade do trajeto. Isto foi verificado após vários testes com objetos diferentes deslocando-se pela rampa. Um deles foi um cilindro com dimensões aproximadas da bola de isopor, e com este cilindro não foi detectado nenhuma alteração no seu gráfico. Logo, ao se analisar melhor o deslocamento da bola, verificamos que neste trecho ela dava saltos devido a sua superfície não ser uniforme.

Um grupo em seu relato sugeriu a troca da bola de isopor por outros corpos para que se tenha uma ideia de como eles se comportam e sugeriu também melhoras no experimento. Outro grupo relatou a importância do conhecimento adquirido sobre programas usados em experimento e também sugeriu melhoras no experimento.

7.3. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Este experimento foi aplicado com alunos da turma do 2º A do curso técnico em informática integrado ao ensino médio do turno matutino. Os alunos possuíam idade entre 15 e 16 anos, todos eles oriundo do primeiro ano da própria instituição.

Para aplicação deste produto os alunos foram reunidos num momento que estava disponível no horário. Primeiramente foi passado uns slides mostrando a importância da lei de resfriamento de Newton e sua aplicabilidade. Em seguida foi apresentado o kit usado no experimento, com suas partes e o funcionamento de cada componente.

Observou-se que após a montagem, durante a coleta de dados, os alunos ficaram ociosos por um longo período. Portanto, aconselha-se que, para que isso não aconteça, se planeje outra atividade, como, por exemplo, anotar em intervalos de tempos iguais os valores da temperatura, e fazer uma análise do seu comportamento.

Neste caso utilizamos o guia do experimento (APÊNDICE B3), ou seja, cada grupo de alunos coletou os dados, figuras 7.13 a 7.15, e construiu os gráficos (figuras 7.16 a 7.18).

A curva na cor vermelha representa os valores da temperatura de resfriamento da água, e a de cor preta representa os valores da temperatura ambiente.

Figura 7.13: Coleta de temperatura (grupo A).

Figura 7.14: Coleta de temperatura (grupo B).

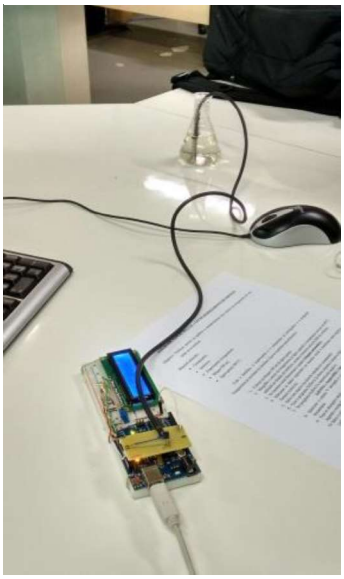


Figura 7.15: Coleta de temperatura (grupo C).

Figura 7.16: Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo A).

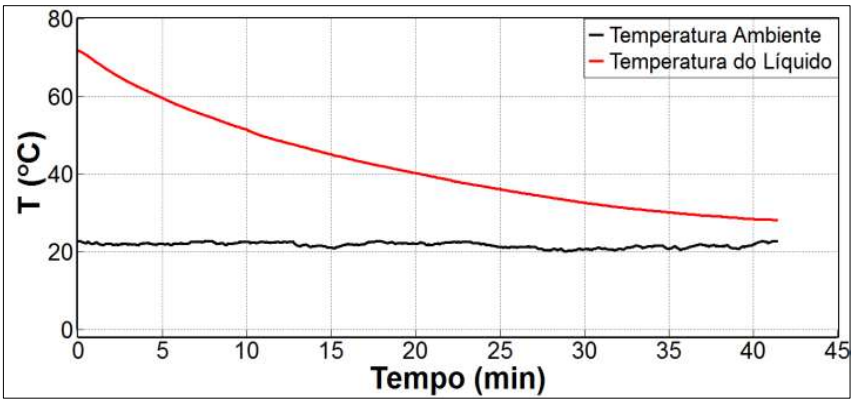


Figura 7.17: Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo B).

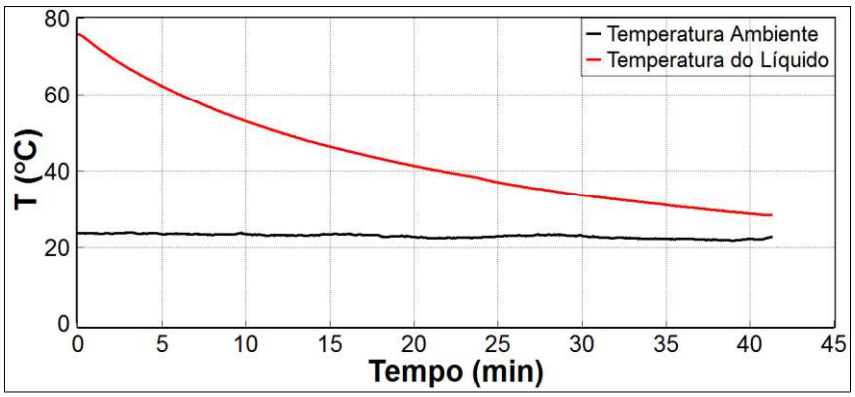
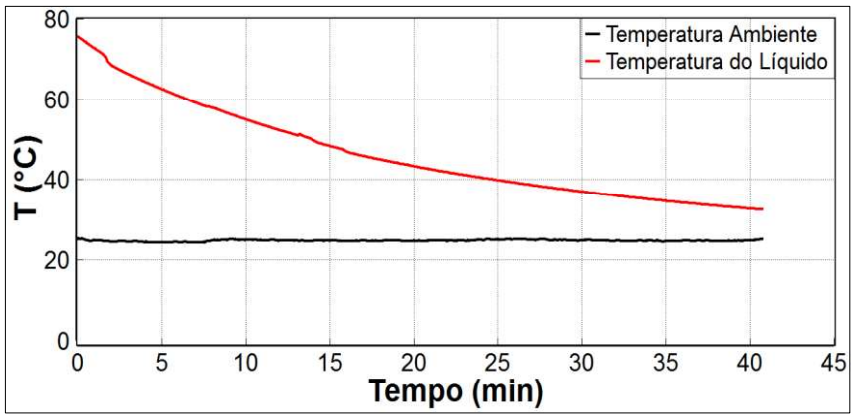


Figura 7.18: Gráfico da temperatura de resfriamento (grupo C).



Em seu relato, o grupo de alunos A destacou que estudos práticos são essenciais para o aprendizado, e que, segundo eles, foi a partir desta atividade que eles tiveram noção de como

são feitas pesquisas científicas. O grupo de alunos B relatou que a experiência fez com que houvesse uma melhora no entendimento dos assuntos vistos em sala de aula, e que a física pode ser vista com outros olhos, como também ampliou o conhecimento na área de informática. Já o grupo e alunos C destacou o conhecimento adquirido através do experimento e a interação com o mesmo. Eles valorizaram a realização de atividades experimentais como forma de "tirar" a monotonia de sala de aula.

7.4. CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR

Este experimento foi aplicado na turma do 2º A do curso técnico em eletromecânica integrado ao ensino médio do turno vespertino, formada por jovens adolescentes com idade entre 15 e 17 anos, todos eles oriundo do primeiro ano da própria instituição.

Esta turma no primeiro ano tem no seu Projeto Pedagógico do Curso (PPC) a disciplina de Eletricidade, que trata sobre capacitor. Assim, este experimento é uma maneira de colocar na prática um conhecimento já adquirido.

Foi possível utilizar com esta turma quatro kits de experimentos. Só não utilizamos os cinco construídos pelo fato de que um deles teve problema em uma das soldas na placa.

Nas figuras 7.19 a 7.22 temos o registro dos momentos de coleta de dados de cada grupo de alunos.

Figura 7.19: Kit com interface do grupo A.

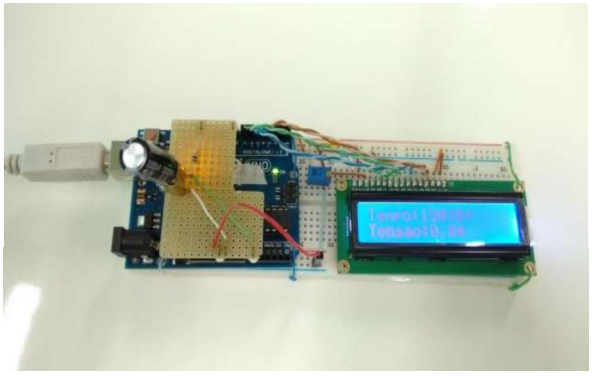


Figura 7.20: Kit com interface do grupo B.

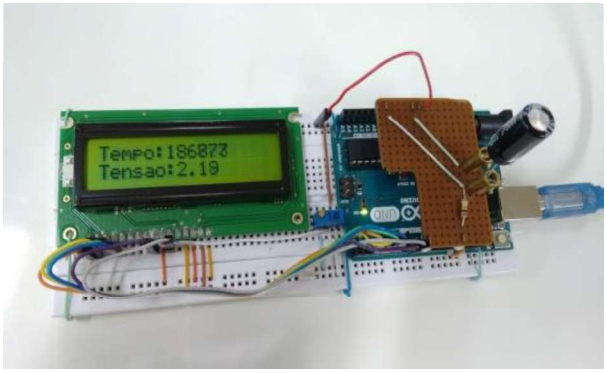


Figura 7.21: Kit com interface do grupo C.

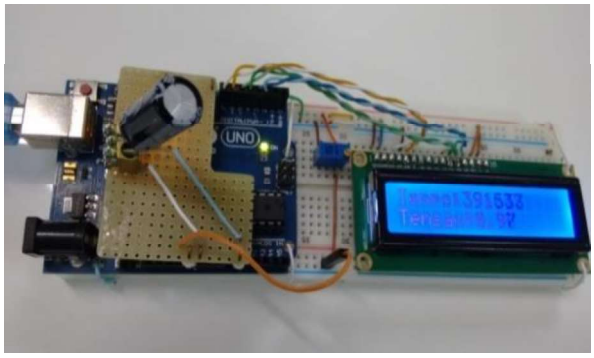
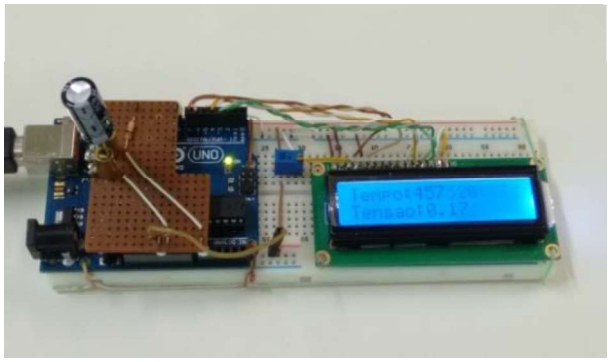


Figura 7.22: Kit com interface do grupo D.



Os gráficos das figuras 7.23 a 7.25 representam a carga e descarga de capacitor, obtidos por cada grupo de alunos utilizando capacitor de 1000 µF.

Figura 7.23: Carga e descarga com capacitor de 1000 µF (grupo A).

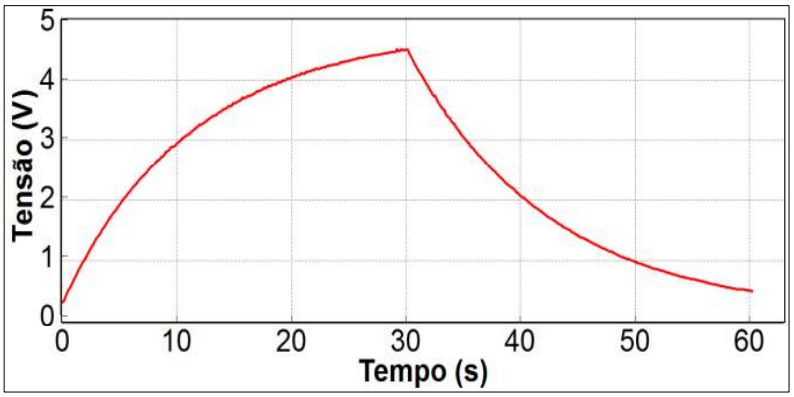


Figura 7.24: Carga e descarga com capacitor de 1000 µF (grupo B).

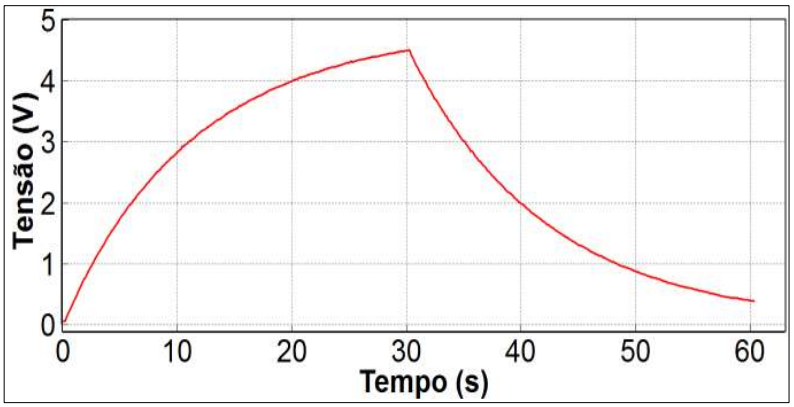


Figura 7.25: Carga e descarga com capacitor de 1000 µF (grupo C).

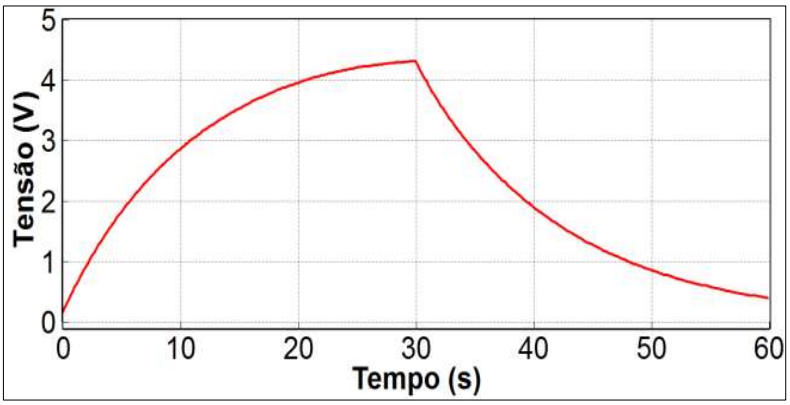
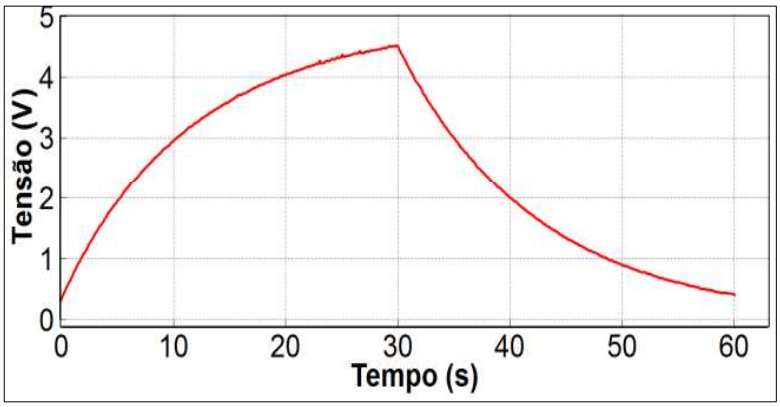


Figura 7.26: Carga e descarga com capacitor de 1000 µF (grupo D).



Já as figuras 7.27 a 7.30 representam a carga e descarga utilizando capacitor de 3300 µF.

Figura 7.27: Carga e descarga com capacitor de 3300 µF (grupo A).

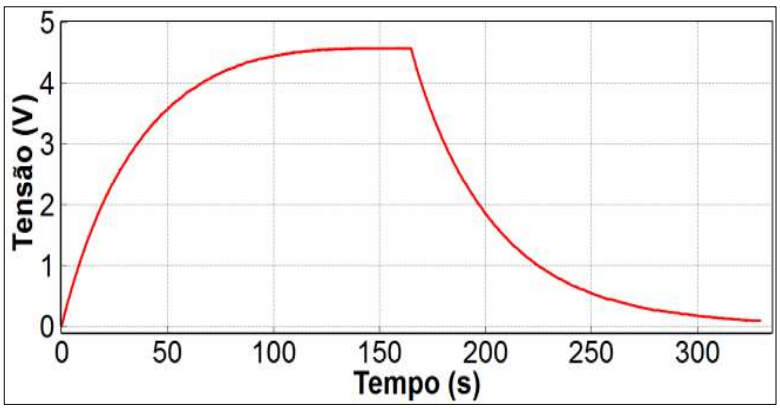


Figura 7.28: Carga e descarga com capacitor de 3300 µF (grupo B).

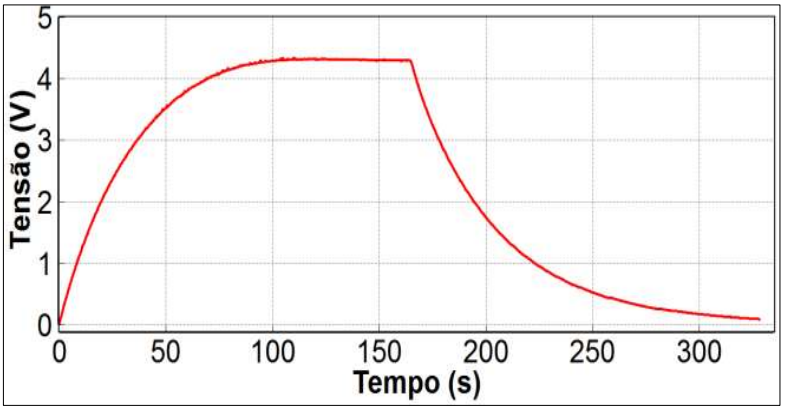


Figura 7.29: Carga e descarga com capacitor de 3300 µF (grupo C).

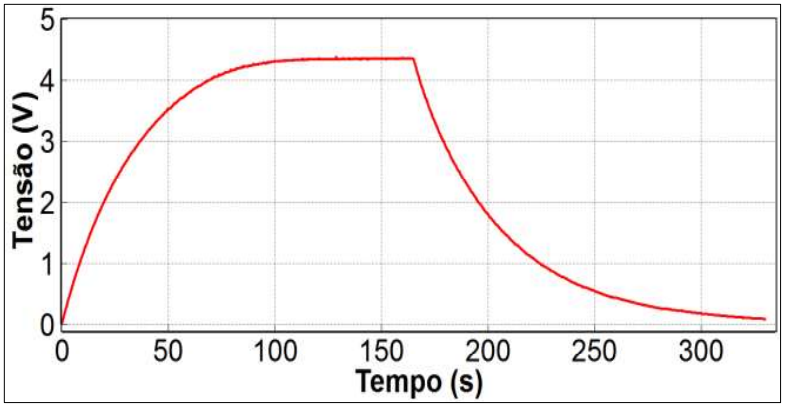
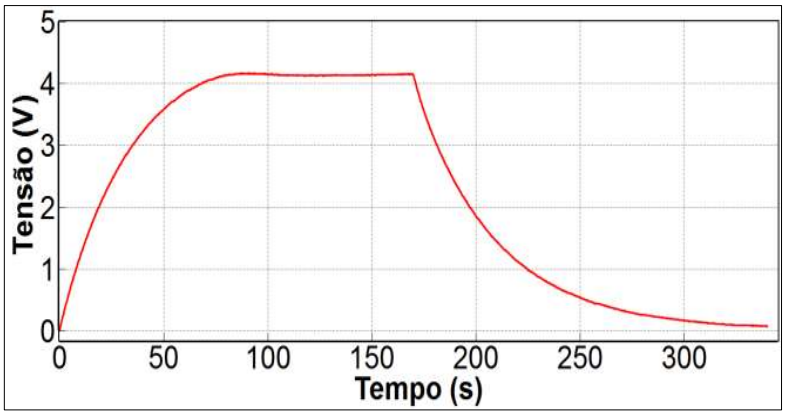


Figura 7.30: Carga e descarga com capacitor de 3300 µF (grupo D).



Podemos observar que foram usados tempos diferentes para ocorrer a carga e descarga de cada tipo de capacitor. No código do programa, este tempo é o valor da variável *interval*, que muda o estado do pino do resistor de 10 kΩ, que em alta tensão (HIGH) carrega e em baixa tensão (LOW) descarrega. Para o capacitor de 1000 μF, foi utilizado o tempo *3RC,* e para o de 3300 μF, foi usado *5RC*. Não nos atentamos para este fato, porque o ideal seria ter o mesmo tempo, pois assim poderia se fazer uma comparação melhor dos gráficos. Observe que os gráficos experimentais da figura 7.23 a 7.30 são muito semelhantes ao gráfico teórico apresentado na figura 5.9.

Nesta turma não foi feito relato da experiência por parte dos grupos de alunos. Os gráficos foram projetados em sala de aula e junto com toda a turma foram analisados um a um.

8. CONCLUSÃO

Neste trabalho mostramos que é possível construir kits de experimento de física de baixo custo, cujos dados coletados possam ser assistidos por computador. Para tanto, foram construídos cinco kits para cada experiência escolhida. A escolha das experiências foi realizada de acordo com a seleção de assuntos abordados pela disciplina no Ensino Médio. O número de kits construído foi definido de forma a tentar atender um maior número de alunos na realização das experiências.

Para a construção dos kits pensou-se na utilização de materiais que fossem acessíveis e de fácil manipulação. A escolha da plataforma Arduino como interface se deu em virtude da facilidade de utilização, fácil acesso, código livre e baixa exigência de conhecimentos específicos na área de programação, o que facilita a reprodução e confecção dos kits.

A aplicação foi realizada com estudantes do Ensino Médio dos cursos Técnicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO *Campus* Vilhena, Vilhena-RO. Os alunos participantes foram jovens entre 13 e 15 anos, de 1ª e 2ª série. A escolha das turmas para a aplicação de cada experimento seguiu alguns critérios: assunto já visto, quantidade de alunos por turma e horário disponível.

Na aplicação do produto tivemos diversas reações por parte dos alunos, sendo umas já esperadas e outras nem tanto. A turma para qual foi aplicado o experimento do capacitor era da 2º série do curso de eletromecânica e o assunto abordado já tinha sido visto na disciplina de eletricidade estudada na 1ª série. Inicialmente, verificamos uma reação de descaso pelo fato de já terem estudado o conteúdo. Entretanto, a partir do momento que eles constataram que a abordagem era diferente da que eles viram, começaram a interagir fazendo perguntas e dando sugestões. O experimento da lei de resfriamento de Newton foi aplicado a um grupo de aluno da 2ª série do curso de informática, que demonstraram interesse em fazer a experiência e ver na prática uma aplicação do seu curso. Para aplicar os experimentos do pêndulo e do plano inclinado a turma escolhida foi a turma da 1ª série do curso de eletromecânica, uma turma bem diversificada, parte deles oriundos de outras escolas e a outra parte de alunos retidos do próprio instituto. Na parte inicial da aplicação do produto, momento que foi explicado o conteúdo a ser visto no experimento, foi constatado um grande desinteresse em participar das atividades. Tanto que, pelo fato de terem sidos convidados para participar das experiências, poucos quiseram continuar.

Vale salientar que o presente trabalho permitiu perceber que é possível construir kits de

experimentos que tenham a mesma funcionalidade de equipamentos sofisticados, como as famosas e pré-definidas “caixas pretas”. Além disso, não se faz necessário conhecimento profundo por parte do professor sobre programação e eletrônica, bastando apenas ter criatividade.

As novas implementações realizadas apresentam resultados relevantes, alcançando deste modo o objetivo previamente estabelecido, que foi auxiliar professores na construção de kits experimentais para aquisição de dados de grandezas físicas, com as quais se é capaz de comprovar, bem como, testar situações reais. Além do mais, é possível criar uma cultura na utilização de novos materiais mais criativos, dinâmicos e interativos, facilitando a construção dos conhecimentos adquiridos em sala de aula.

A partir das técnicas propostas, torna-se evidente a relevância deste trabalho como um instrumento que garantirá um melhor entendimento por parte dos alunos nas aulas experimentais de física, o que contribuirá para um desempenho mais criativo dos professores da disciplina.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David. P.; NOVAK, Joserph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2 ed. Rio de janeiro: Interamericana Ltda, 1980.

BANZI, Massimo. **Primeiros passos com o Arduino.** Tradução por Rafael Zanolli. 1 ed. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

CAVALCANTE, Marisa A.; BONIZZIA, Amanda; GOMES, Leandro C. P.. O ensino e aprendizagem de física no século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 31, n. 4, 4501, 2009. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/314501.pdf>.

CAVALCANTE, Marisa A; TAVOLARO, Cristiane R. C.; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 33, n. 4, 4503, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/334503.pdf>.

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em ação.** Tradução por Camila Paduan. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2013.

LAUDARES, Francisco A. L.; CRUZ, Frederico A. O.; CRUZ, Tessie G.; BIGANSOLLI, Antonio R.. Instrumentação para o Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para a introdução tecnológica. **Revista de Formación e Innovación Educativa Universitária**. v. 7, n. 1, p. 51-58, jan./abr. 2014. Disponível em: <http://webs.uvigo.es/refiedu/>.

MARTINAZZO, C. A.; TRETIM D. S.; FERRARI D.; PIAIA, M. M. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. **Perspectiva**, Erechim. v. 38, n. 143, p. 21-30, set. 2014. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf>.

MUNEM, Mustafa A.; FOULIS, David J.. **Cálculo,** v. 1. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

SOUZA, Anderson R.; PAIXÃO, Alexsander C.; UZÊDA, Diego D.; DIAS, Marcos A.; DUARTE, Sergio; AMORIM, Helio S.. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 33, n. 1, 1702, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/331702.pdf>.

TIPLER, Paul A.. **Física.** v. 2. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1978.

UNESCO. **Ensino de Ciências: O Futuro em risco.** 2005. Disponível em: <www.dominiopublico.gov.br/download/testo/ue000216.pdf> Acesso em: 31ago. 2017.

WAISELFISZ, Julio Jacob. **O Ensino das ciências no Brasil e o PISA.** Disponível em: <http://www.mapadaviolencia.org.br/publicações/Pisa.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2017.

APÊNDICE A – CÓDIGOS DOS PROGRAMAS

Neste apêndice temos os códigos de cada programa dos experimentos.

APÊNDICE A1 – CÓDIGO DO PROGRAMA PÊNDULO

O programa pêndulo faz a medição do tempo para um determinado número de oscilações já fixa no programa.

```
int pinosensor = 13;              // Pino de ligação do sensor
int valorsensor = 0;              // Variável que registra o estado do sensor de entrada
int cont = 0;
int osc = 0;
float tempo;
float tempo1;
float tempototal;
float tempofinal;
float tempoinicial;
int i = 0;
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);     // Portas de ligações do LCD na placa UNO
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   pinMode(pinosensor, INPUT);          // Seta o pino do sensor de entrada como ENTRADA
   lcd.begin(16,2);                     // Informações iniciais do display
   lcd.setCursor(0,0);                  // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 1ªlinha
   lcd.print("Oscil:");                 // Escreve o nome Oscil: no display
   lcd.setCursor(0,1);                  // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 2ªlinha
   lcd.print("Tempo:");                 // Escreve o nome Tempo: no display
   Serial.print("Oscil");               // Imprime no Monitor Serial a palavra Oscil
   Serial.print("\t");                  // Separa os dados de uma linha por TAB
   Serial.println("Tempo");             // Imprime no Monitor Serial a palavra Tempo
}
void loop()
{
   while (cont < 21)                    // Faz a contagem de 21 passagens pela barreira laser
         {
```

```
        if(digitalRead(pinosensor)!=1)
        {
          while(digitalRead(pinosensor)!=1);
          if(i==0)
          {
          tempoinicial = millis();
          i++;
          }
          cont=cont+1;
        }
       }
  tempofinal = millis();
  tempototal = tempofinal-tempoinicial;    // Tempo total de 21 passagens pela barreira laser
  tempo1= tempototal/1000;                 // Tempo total em segundos
  osc= (cont - 1)/2;                  // Cálculo de 10 oscilações
  lcd.setCursor(6,0);                 // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print(osc);                     // Escreve o número de oscilações no display
  Serial.print(osc);                  // Imprime o número de oscilações no monitor serial
  Serial.print("\t");                 // Separa os dados de uma linha por TAB
  lcd.setCursor(6,1);                 // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 2ªlinha
  lcd.print(tempo1);                  // Escreve o valor do tempo
  Serial.println(tempo1);             // Imprime o valor do tempo no monitor serial
  // Zera as medidas iniciais
cont=0;
osc=0;
tempo1=0;
tempototal=0;
tempofinal=0;
tempoinicial=0;
}
```

APÊNDICE A2 – CÓDIGO DO PROGRAMA DISTÂNCIA

Este programa mede a distância em centímetro de um objeto em relação ao sensor ultrassônico.

```
        #include <LiquidCrystal.h>          // biblioteca para o display LCD
        #include<Ultrasonic.h>              // biblioteca para o sensor ultrassônico
        #define echoPin 13                  // Pino 13 recebe o pulso do eco
        #define trigPin 12                  // Pino 12 envia o pulso para gerar o eco
        int k;
```

```
Ultrasonic ultrasonic(12,13);          // Define os pinos para o Sensor
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);   // Define os pinos para o display
 void setup()
{
 Serial.begin(9600);
 pinMode(echoPin, INPUT);            // define o pino 13 como entrada (recebe)
 pinMode(trigPin, OUTPUT);           // define o pino 12 como saída (envia)
}
 void loop()
 {
 k++;                                // Incrementa um valor a cada leitura
 digitalWrite(trigPin,LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin,HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin,LOW);
 int distancia = (ultrasonic.Ranging(CM));  // Modulo da biblioteca Ultrasonic.h que
                                            // faz o cálculo da distância
lcd.begin(16, 2);           // "avisa" o arduino que o LCD possui 16 colunas e duas linhas
 lcd.setCursor(0,0);                // Posiciona o cursor no display na 1ªcoluna e 1ªlinha
 lcd.print("Distancia: ");           // Escreve no diplay "Distancia"
 lcd.print(distancia);              // Escreve o valor da distância no display
 lcd.print(" cm");                  // Escreve "cm" após o valor do sensor
 Serial.print(k);                   // Imprime uma sequência de números
 Serial.print("\t");                // Separa os dados na linha por TAB
 Serial.println(distancia);         // Imprime o valor da distância no monitor serial
 delay(50);                         // Aguarda 50ms para a próxima leitura
}
```

APÊNDICE A3 – CÓDIGO DO PROGRAMA TEMPERATURA

Este programa utiliza dois sensores para medir a temperatura ambiente e a de um líquido.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal.h>
int k;
#define ONE_WIRE_BUS 13
#define ONE_WIRE_BUS2 12
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS2);
```

```
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DallasTemperature sensors2(&oneWire2);
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
void setup()
{
 Serial.begin(9600);
 lcd.begin(16, 2);
 sensors.begin();
 Serial.print("t");
 Serial.print("\t");
 Serial.print("T.Amb");
 Serial.print("\t");
 Serial.println("T.Liq");
}
void loop()
{
 k++;
 // Envia o comando para obter as temperaturas
 lcd.setCursor(0,0);
 float TempAmb;
   sensors.requestTemperatures();
   TempAmb = sensors.getTempCByIndex(0);
   lcd.print("T.Amb: ");                  // Escreve T.Amb: no display
   lcd.setCursor(7,0);                   // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
   lcd.print(TempAmb);                   // Escreve o valor da temperatura ambiente
   lcd.write(B11011111);                 // Escreve o simbolo de grau
   lcd.print("C");                       // Escreve o simbolo de Celsius
   lcd.setCursor(0,1);                   // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna 2ªlinha
   float TempLiq;
   sensors2.requestTemperatures();
   TempLiq = sensors2.getTempCByIndex(0);
   lcd.print("T.Liq: ");                  // Escreve T. Liq: no display
   lcd.setCursor(7,1);                   // Coloca o cursor do display na 8ªcoluna e 2ªlinha
   lcd.print(TempLiq);                   // Escreve o valor da temperatura do líquido
   lcd.write(B11011111);
   lcd.print("C");
   delay(1000);
Serial.print(k);                         // Imprime o valor de k no monitor serial
Serial.print("\t");                      // Separa os dados de uma linha por TAB
Serial.print(TempAmb);                   // Imprime o valor da temperatura ambiente
Serial.print("\t");                      // Separa os dados de uma linha por TAB
Serial.println(TempLiq);                 // Imprime o valor da temperatura do líquido
}
```

APÊNDICE A4 – CÓDIGO DO PROGRAMA CAPACITOR

Este programa faz a leitura da tensão num capacitor quando está carregando e descarregando.

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int resistorPin = 13;
int estadoresistor = LOW;
long previousMillis = 0;
int pinocapacitor = 0;
int valorLido = 0;
float tensaocapacitor = 0;
long interval = 165000;   // intervalo de tempo em milisegundos em que muda o estado do
                          //pino do resistor, em alto, carrega o capacitor e em baixo
                          //descarrega.
unsigned long time;
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
void setup()
{
  pinMode(resistorPin, OUTPUT); // define o modo de funcionamento da saída digital
                           // ligada ao resistor, modo saída.
  Serial.begin(9600);          // Inicializa comunicação Serial numa taxa de 9600 bps
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.print("Tempo");      // Nomeia a primeira coluna no Monitor Serial
  Serial.print("\t");          // Separa os dados de uma linha por TAB
  Serial.println("Tensão");   // Nomeia a segunda coluna no Monitor Serial
  lcd.setCursor(0,0);          // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print("Tempo: ");        // Escreve o nome Tempo: no display
  lcd.setCursor(0,1);          // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 2ªlinha
  lcd.print("Tensao: ");       // Escreve o nome Tensão no display
}
void loop()
{
  valorLido = analogRead(pinocapacitor);       // leitura do pino analógico do capacitor
  tensaocapacitor = (valorLido * 0.0048876);   // 5V / 1023 = 0.0048876 (precisão do A/D)
  time=(millis());                             // base de tempo de coleta de dados
  Serial.print(time);                          // imprime o valor de tempo em linha
  Serial.print("\t");                          // imprime o valor da tensão do capacitor em tabela
  Serial.println(tensaocapacitor);             // imprime o valor da tensão do capacitor
  lcd.setCursor(6,0);                          // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print(time);                             // Escreve o valor do tempo
  lcd.setCursor(7,1);                          // Coloca o cursor do display na 8ªcoluna e 2ªlinha
```

```
  lcd.print(tensaocapacitor);              // Escreve o valor da tensão do capacitor
  delay(100);                              // define o intervalo de tempo para a coleta de dados
 if(time - previousMillis > interval)
  {
   previousMillis = time;                  // salva o ultimo instante em que o pino do resistor mudou de estado
   if (estadoresistor == LOW)              // se o pino estiver em alto muda para baixo e vice-versa
   estadoresistor = HIGH;
   else
   estadoresistor = LOW;
   digitalWrite(resistorPin, estadoresistor);  //escreve o estado do resistor na porta digital em que o resistor esta ligado
  }
}
```

APÊNDICE B – GUIAS DOS EXPERIMENTOS

Neste apêndice temos os guias de cada experimento.

APÊNDICE B1 – GUIA DO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES

Instituição:		
Disciplina:	Professor (a):	Data: ____/ ____/_____
Aluno (a):	Turma:	

ATIVIDADE EXPERIMENTAL – PÊNDULO SIMPLES

Objetivo: Determinar a aceleração da gravidade.

Material utilizado:

- Computador;
- Interface;
- Experimento Pêndulo;
- Fita métrica;

Com a Interface, o experimento e o computador já interligados, faça os seguintes procedimentos:

1- Posicione o experimento de forma que a massa pendular fique bem nivelada em relação ao sensor e ao laser. Para isso utilize os ajustes dos pés da base;
2- Utilizando a fita métrica, meça o tamanho do fio de acordo com a tabela abaixo;
3- Carregue o programa pêndulo na interface;
4- Afaste a massa pendular num ângulo próximo de 10°;
5- Ligue o laser e solte a massa pendular;
6- Anote na tabela o valor do tempo registrado no display para as dez Oscilações previstas e desligue o laser;
7- Faça três vezes para cada medida de L.

Antes de cada medição deve-se reiniciar a placa apertando o botão *reset*.

Mude a contagem do número de oscilações e meça o tempo conforme a sua necessidade. Para fazer esta alteração basta apenas acessar o código do programa Pêndulo e mudar o valor da variável "cont", na linha que contém o comando *while*(cont<21), onde 21 foi o valor para dez oscilações. Este valor é encontrado usando a seguinte expressão:

cont = 2 (nº de oscilações) + 1

Comprimento L (cm)	Número de Oscilações	Tempo t(s)
40		
60		
80		

Na tabela abaixo preencha com os valores médios das medidas obtidas do número de oscilações e do tempo obtido em cada comprimento. E utilizando as equações abaixo determine o valor do período (T), de T² e da aceleração da gravidade (g).

$$T = \frac{tempo\ (t)}{Número\ de\ Oscilações} \qquad g = \frac{4.\pi^2.L}{T^2}$$

Comprimento L (m)	Número de Oscilações	Tempo t(s)	Período T(s)	T²(s²)	g
0,40					
0,60					
0,80					

Fazer um relato dos valores obtidos para aceleração da gravidade.

APÊNDICE B2 – GUIA DO EXPERIMENTO DO PLANO INCLINADO

Instituição:		
Disciplina:	Professor (a):	Data: ____/ ____/_____
Aluno (a):	Turma:	

ATIVIDADE EXPERIMENTAL – DISTÂNCIA

Objetivo: Constatar através de gráfico o tipo de movimento efetuado por um objeto rolando num plano inclinado.

Material utilizado:

- Computador;
- Interface;
- Experimento Plano inclinado;

Com a Interface, o experimento e o computador já interligados, e o programa Distância já instalado na interface, faça os seguintes procedimentos:

1- Ajuste o Plano inclinado de forma que a rampa fique firme e com inclinação entre 10° e 15°.
2- Coloque o objeto no topo do plano inclinado, junto ao sensor ultrassônico.
3- Acione o monitor serial do IDE do Arduino e em seguida solte o objeto.
4- No monitor serial desmarque o quadro **rolagem automática**.
5- Selecione os dados registrados e transforme num arquivo em formato texto(.tx).
6- Salve este arquivo na área de trabalho do computador.
7- No programa SciDAVis importe este arquivo.

SciDAVis > Arquivo(*File*) > Importar arquivo *ASCII*

8- Selecione a coluna Y desejada e construa o gráfico selecionando na barra de ferramentas.
9- Faça as alterações necessárias no gráfico, como: título do gráfico, título dos eixos, legenda e escala dos eixos.
10- Salve o gráfico numa pasta no formato (.sciprj) em salvar projeto. E nos formatos (.pdf) e (.bmp) em exportar gráfico.

Fazer uma análise do gráfico obtido comparando com o movimento uniformemente variado.

APÊNDICE B3 – GUIA DO EXPERIMENTO DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Instituição:		
Disciplina:	Professor (a):	Data: ____/ ____/_____
Aluno (a):	Turma:	

ATIVIDADE EXPERIMENTAL – LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Objetivo: Verificar através de gráfico o comportamento dos valores da temperatura de um corpo ao se resfriar.

Material utilizado:

- Computador;
- Interface;
- Experimento Temperatura;
- Béquer 500 ml;
- Água quente (90°C)

Com a Interface, o experimento e o computador já interligados, e o programa Temperatura já instalado na interface, faça os seguintes procedimentos:

1- Colocar no béquer 300 ml de água quente.
2- Mergulhe o sensor de temperatura na água, quando a temperatura estiver em 80°C, indicada no display da interface, acione o monitor serial do IDE do Arduino.
3- Faça uma tabela e anote a cada minuto, pelo menos uns vinte minutos, a temperatura.
4- Faça uma análise da variação destes valores.
5- No monitor serial desmarque o quadro **rolagem automática**.
6- Selecione os dados registrados no monitor serial e transforme num arquivo em formato texto (.tx).
7- Salve este arquivo na área de trabalho do computador.
8- Com o programa SciDavis já aberto importe o arquivo salvo.
9- No programa SciDAVis importe este arquivo.

SciDAVis > Arquivo(File) > Importar arquivo ASCII

10- Selecione a coluna Y desejada e construa o gráfico selecionando na barra de ferramentas.
11- Faça as alterações necessárias no gráfico, como: título do gráfico, título dos eixos, legenda e escala dos eixos.
12- Salve o gráfico numa pasta no formato (.sciprj) em salvar projeto. E nos formatos (.pdf) e (.bmp) em exportar gráfico.

Fazer uma análise do gráfico obtido verificando a variação dos valores obtidos.

APÊNDICE B4 – GUIA DO EXPERIMENTO DA CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR

Instituição:		
Disciplina:	Professor (a):	Data: ____/ ____/_____
Aluno (a):	Turma:	

ATIVIDADE EXPERIMENTAL – CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR

Objetivo: Verificar através do gráfico o comportamento do carregamento e descarregamento de um capacitor.

Material utilizado:

- Computador;
- Interface;
- Experimento Capacitor;
- Capacitores eletrolíticos de 1000 μF e 3300 μF.
- Chave de fenda pequena

Com a Interface, o experimento e o computador já interligados, e o programa Capacitor já instalado na interface, faça os seguintes procedimentos:

1- Conecte utilizando a chave de fenda o capacitor de 1000 μF na placa do experimento, atentando a polarização do mesmo.
2- Acione o monitor serial do IDE do Arduino.
3- Acompanhe os valores mínimo e máximo da tensão.
4- No monitor serial desmarque o quadro **rolagem automática**.
5- Selecione os dados registrados e transforme num arquivo em formato texto (.tx).
6- Salve este arquivo na área de trabalho do computador.
7- No programa SciDAVis importe este arquivo.

SciDAVis > Arquivo (File) > Importar arquivo ASCII

8- Selecione a coluna Y desejada e construa o gráfico selecionando na barra de ferramentas.
9- Faça as alterações necessárias no gráfico, como: título do gráfico, título dos eixos, legenda e escala dos eixos.
10- Salve o gráfico numa pasta no formato (.sciprj) em salvar projeto. E nos formatos (.pdf) e (.bmp) em exportar gráfico.
11- Repita para o capacitor de 3300 μF.
Antes de cada medição deve-se reiniciar a placa apertando o botão *reset*.

Fazer uma análise dos gráficos obtidos na carga e descarga para cada capacitor e compara-los.

APÊNDICE C – RELATOS DOS ALUNOS

Neste apêndice temos os relatos dos alunos sobre cada experimento.

APÊNDICE C1 – RELATOS DO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES

Na tabela abaixo preencha com os valores médios das medidas obtidas do número de oscilações e do tempo obtido em cada comprimento. E utilizando as equações abaixo determine o valor do período(T), de T² e da aceleração da gravidade(g).

$$T = \frac{Número\ de\ Oscilações}{tempo\ (t)} \qquad g = \frac{4.\pi^2.L}{T^2}$$

Comprimento L (m)	Número de Oscilações	Tempo t(s)	Período T(s)	T²(s²)	g
0,40	10	12,45	1,24	1,53	10,31 m/s²
0,60	10	15,33	1,53	2,34	10,11 m/s²
0,80	10	17,49	1,74	3,02	10,44 m/s²

Comentários: O objetivo do experimento era determinar a aceleração da gravidade, não conseguimos chegar a um valor exato, chegamos pouco próximo devido à alguns erros técnicos tais como o ângulo que não chegou a ser exato, o comprimento do pêndulo, a forma como estava sendo solta a massa, não estava traçando o caminho correto e sim variando de um lado para outro, por estas interferências e algumas à mais não poderíamos chegar ao resultado exato e sim numa aceleração próxima e variante.

O experimento é muito interessante, gostamos muito de ter participado, com ele conseguimos obter mais conhecimento sobre cálculo da aceleração da gravidade.

A experiência que tive neste projeto foi muito positiva, ela em minha opinião atingiu o objetivo, porque ela pode passar conhecimento e foi algo diferenciado das aulas comuns.

Projetos como este podem fazer uma grande diferença tanto para os professores quanto os alunos, porque nele a metodologia de passagem de conhecimento é diferenciada e isso acaba ajudando para que o projeto possa fluir melhor e atingir seu objetivo. O uso de projetos durante o ano letivo é algo muito bom porque se a pessoa realmente estiver interessada, mesmo que tenha algumas dificuldades ela acaba aprendendo, eu acredito que seja pelo modo que o projeto é aplicado, aí aquela aula de projeto fica mais calma e assim todos conseguem aprender no mesmo ritmo.

Conclusão: Para mim foi muito benéfico participar deste projeto, ele pode me trazer mais conhecimento de um modo mais prático.

Na tabela abaixo preencha com os valores médios das medidas obtidas do número de oscilações e do tempo obtido em cada comprimento. E utilizando as equações abaixo determine o valor do período(T), de T^2 e da aceleração da gravidade(g).

$$T = \frac{Número\ de\ Oscilações}{tempo\ (t)} \qquad g = \frac{4.\pi^2.L}{T^2}$$

Comprimento L (m)	Número de Oscilações	Tempo t(s)	Período T(s)	$T^2(s^2)$	g
0,40	10	12.52	1.252	1,56	10,1
0,60	10	15.50	1.55	2.4	9,9
0,80	10	17.77	1.777	3.15	10,01

Comentários:

Nesse experimento eu observei que eu consegui absorver mais conhecimento do que o anterior, talvez pelo fato de eu estar fazendo sozinha, o experimento em grupo pode ser muito vantajoso, mas quando você faz com pessoas que realmente estão interessadas. Os valores neste experimento eu tive mais precisão do que o anterior um exemplo dos resultados é: L (cm) 40 / número de oscilações: 10 / tempo: 31.76 s no experimento de hoje: número de oscilações: 10 / tempo: 12.51. Isto mostra que fazendo o trabalho com calma se obtêm melhores resultados e maior precisão.

APÊNDICE C2 – RELATO DO EXPERIMENTO DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Relato

Ao decorrer deste projeto, no qual realizamos o experimento de registrar os valores da temperatura até chegar a um equilíbrio térmico, foi possível aprender conceitos da termologia através da prática dos experimentos.
Conclui-se portanto que o estudo prático (experimentos) é essencial para o aprendizado, a prática complementou os conceitos (teoria) estudados na primeira aula do projeto.
Foi possível aprender mais sobre como são feitos estudos científicos. Pois foi necessário exercer algumas funções que são realizados em estudos ainda mais complexos. Necessitamos exercer a observação, estudo dos conceitos. A paciência para "receber" os resultados, e esperar até se ter um resultado também foi um grande aprendizado.

Depois de conversar com os integrantes do grupo, chegamos a um consenso de que o projeto de física fez com que aprimorassemos nossos conhecimentos sobre escalas Termométricas, fazendo com que houvesse uma uma aula gratificante dentro da sala de aula e mostrando aos demais que a física pode ser divertida e fácil de ser compreendida. Além de melhorar nossos conhecimentos sobre a própria física, o projeto aprimorou, também, nossos conhecimentos para a área de informática.

Relato do experimento

Experimento sobre a lei do resfriamento, realizamos, baseado no hardware arduino, testes referentes ao resfriamento de água quente, já notável a diferença entre, ser receber a teoria em sala e pôr-la em prova por meio de experimento.

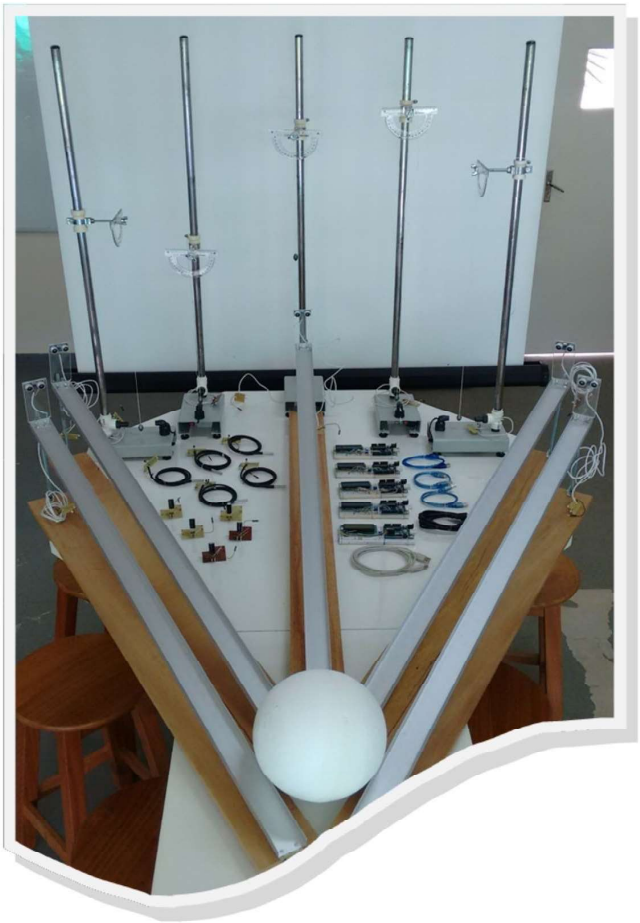
A interação com materiais novos, como arduino, nos traz conhecimentos úteis, principalmente a alunos, como nós, de informática, que poderão ser levados para a nossa carreira.

A realização de experimento como esse além de nos dar enormes acervos de conhecimento, quebra a monotonia da sala de aula, que muitas vezes se restringe a quadro e caderno.

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL “Kits de Experimentos de Física com o Arduíno”

KITS DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA

Com o Arduino



Leonardo Pereira da Silva

SUMÁRIO

1. Introdução 3

2. Interface 4

3. Pêndulo Simples 6

3.1. Haste vertical 7

3.2. Haste horizontal 8

3.3. Base 9

4. Plano Inclinado 12

5. Lei de Resfriamento de Newton 15

6. Capacitor 16

7. Instalação do software do Arduino 17

8. Códigos 18

1. INTRODUÇÃO

Este material mostra o passo a passo da construção de kits de experimentos de física para coleta de dados usando a plataforma Arduino. Este produto é fruto do projeto de Mestrado Profissional de Ensino de Física.

Será descrito a construção de quatros experimentos e a interface que servirá para os quatros experimentos.

O Experimento Pêndulo simples servirá para coletar o tempo e o número de oscilações. O experimento Plano inclinado coletará a distância de uma bola de isopor que rola a rampa. Já o experimento que trata da Lei de resfriamento de Newton coletará a temperatura de um líquido resfriando-se e por fim, o experimento do Capacitor coletará os valores de tensão no carregamento e descarregamento de um capacitor.

Para coleta e análise dos dados produzidos por estes experimentos foi construído uma interface utilizando a plataforma Arduino, como também estão disponível neste material os respectivos códigos dos programas responsáveis pelo funcionamento de cada experimento.

A intenção deste material é mostrar que, com pouco conhecimento de programação e com materiais de fácil aquisição, é possível construir kits experimentais de física utilizando a referida plataforma.

2. INTERFACE

Para montagem da *interface*, figura 1, foi utilizado os materiais indicados na tabela 1:

Figura 1: *Interface*

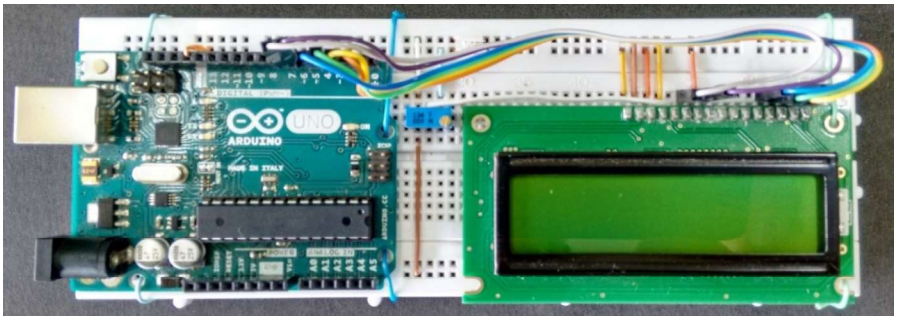


Tabela 1: Relação de materiais da *interface.*

Quantidade	Unidade	Material
1	Und.	Placa de Arduino UNO R3
1	Und.	Cabo USB
1	Und.	Display LCD 16x2.
1	Und.	Protoboard 830 pontos
1	Und.	Trimpot 10k
20	cm	Cabo de rede

O cabo de rede descrito na tabela serve para fazer as ligações do display e da placa Arduino, na figura 2 temos os materiais a serem utilizados:

O esquema de ligações é mostrado na figura 3, este esquema foi construído no programa Fritzing.

Figura 2: Materiais da *Interface.*

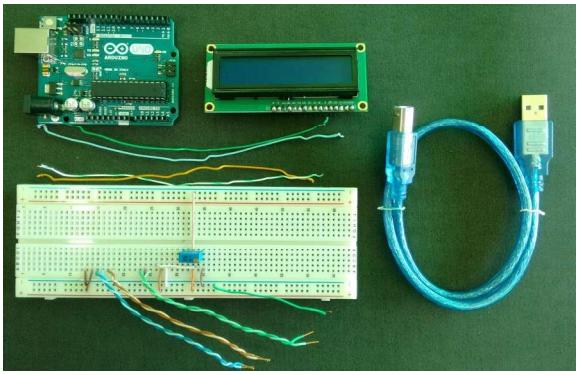
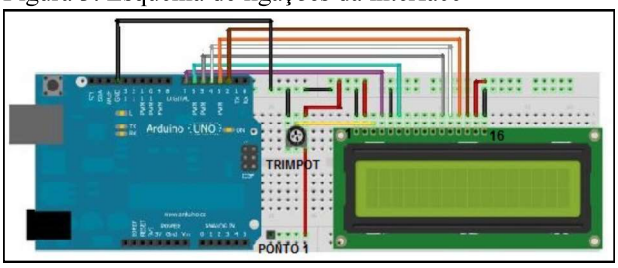


Figura 3: Esquema de ligações da interface



Tomando como base a própria *protoboard*, fixamos através de fios o *display* e a placa UNO, figura 4 e 5.

Figura 4: Fixação do *display*.

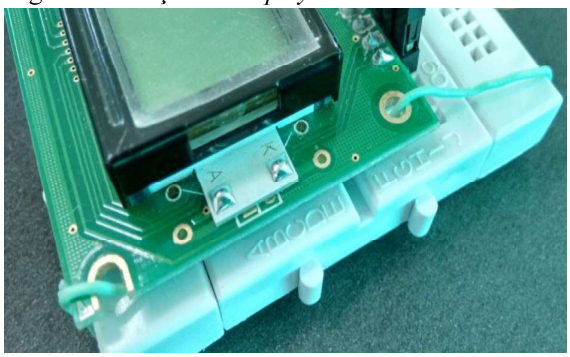
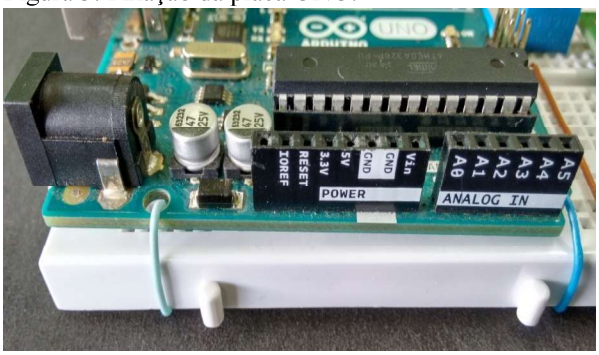
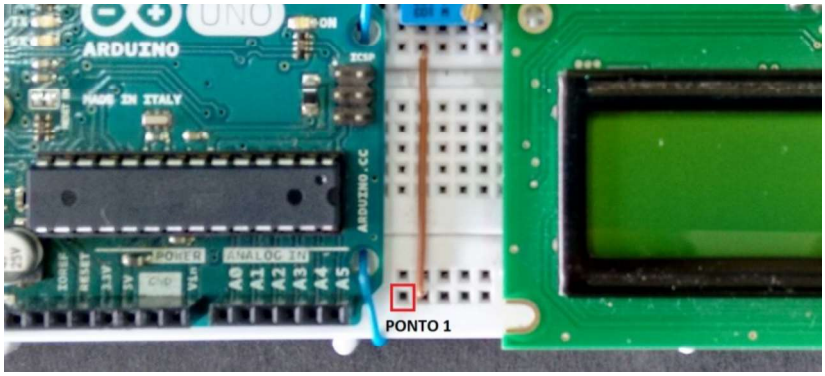


Figura 5: Fixação da placa UNO.



Para alimentar o display com tensão de 5 volts da própria placa Arduino, foi indicado na *protoboard* um ponto para fazer esta conexão o ponto 1, figura 6. O fato é que a placa do Arduino só possui uma saída de 5 volts e precisa-se alimentar o experimento e o *display* ao mesmo tempo, então foi instalado um fio na placa de conexão, do experimento com a interface, que faz a alimentação do *display* após esta ser interligada na interface. Outra forma de alimentar o display seria soldando um fio diretamente na placa Arduino na saída de 5 volts.

Figura 6: Detalhe do ponto de alimentação do *display*.



3. PÊNDULO SIMPLES

Para montagem deste experimento foi utilizado os seguintes materiais listados na tabela 3.

Tabela 2: Relação de materiais do experimento plano inclinado.

Quantidade	Unidade	Material
120	cm	Cano de metal (cabo de vassoura)
1	Und.	Ponteira interna
1	Und.	Nípel Roscável 20 mm
1	Und.	Luva de correr 22mm para água quente
1	Und.	Abraçadeira tipo “D” com parafuso ½”
15	cm	Barra roscada 3/16”
3	Und.	Porca sextavada 3/16”
2	Und.	Arruela 3/16” de Tecnil
1	Und.	Transferidor 180°
1	Und.	Porca borboleta 3/16”
150	cm	Cordão
1	Und.	Chumbada
1	Und.	Perfil “U” Enrijecido
4	Und.	Pés nivelador para móveis
2	Und.	Parafuso
1	Und.	Plug roscável 20mm
1	Und.	Joelho interno duplo para mangueira ½”
2	Und.	Adaptador redução para mangueira ½” x 3/8”
1	Und.	Tê roscável 20mm
1	Und.	Sensor Óptico
1	Und.	Laser vermelho
1	Und.	Clipe para papel
1	Und.	Bateria 9 volt
1	Und.	Mini chave liga desliga duas posições dois polos
1	Und.	Conector Clip de Bateria 9 volt
1	Und.	Resistor 220R
1	Und.	Placa Fenolite perfurada
2	m	Cabo duas vias
10	cm	Cabo de antena de TV

A descrição deste experimento, figura 7, será feita em três partes:

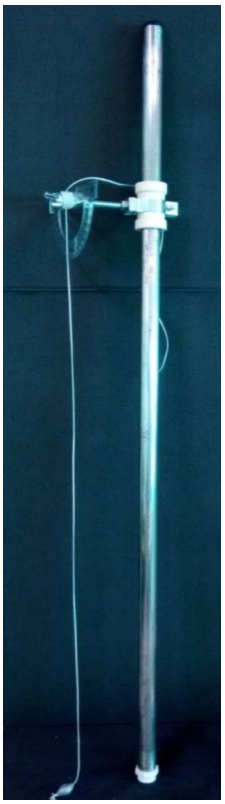
3.1 Haste vertical.

3.2 Haste horizontal.

3.3 Base.

Figura 7: Pêndulo simples.

Figura 8: Haste vertical.



3.1 Haste vertical

A haste vertical, figura 8, feita de um cano de metal aproveitado de um cabo de vassoura, onde foi retirado a sua proteção plástica e cortado no tamanho necessário.

Em uma de suas extremidades foi colocado uma ponteira interna figura 9, e na outra um nípel roscável de 20 mm figuras 10 e 11, a finalidade deste nípel é facilitar o encaixe da haste na base.

Figura 9: Ponteira interna.

Figura 10: Nipel encaixada na haste.

Figura 11: Nipel

3.2 Haste horizontal

A haste horizontal, figura 12, tem finalidade de dar sustentação e ajustar o tamanho do cordão que suspende a partícula.

Na luva de correr são retirados os dois anéis de vedação, para que a mesma possa correr livremente na haste vertical. Para sua fixação numa determinada posição, foi adaptado um parafuso que propicia isto, figura 13.

Figura 12: Haste horizontal.

Figura 13: Detalhe da luva de correr.

A barra roscada foi fixada na luva através de uma braçadeira tipo “D”, figura 14.

Figura 14: Detalhes da braçadeira e a luva.

Figura 15: Materiais da haste horizontal.

Na outra extremidade da barra foi feita um furo de 2 mm, figura 16, por onde passa o cordão que suspende a partícula. O tamanho do cordão é controlado através das duas arruelas de tecnil e da porca borboleta. Nesta mesma extremidade é encaixado o transferidor, figura 17, que serve para medir o ângulo de afastamento da partícula em relação ao ponto de equilíbrio.

Figura 17: Detalhes do furo na barra.

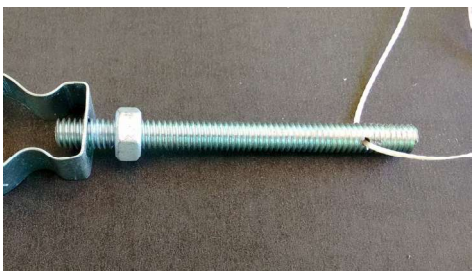
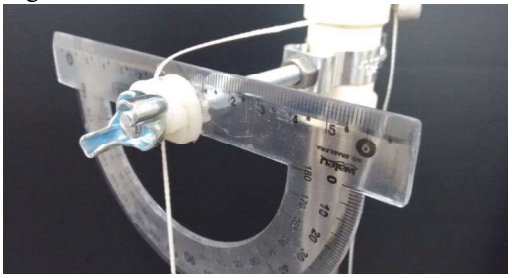


Figura 17: Detalhes do transferidor.



Para confecção da partícula foi utilizada uma chumbada, figura 18, usada em pescaria, o cordão foi passado por um furo já existente na mesma e colado com cola bond.

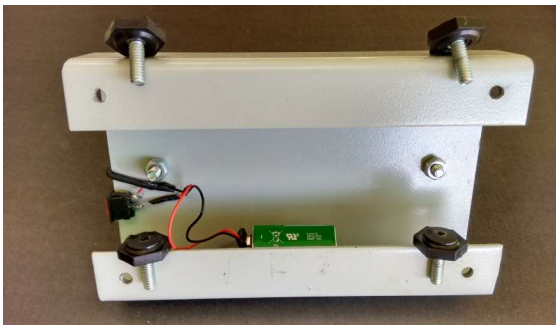
Figura 18: Detalhes da partícula (chumbada).

3.3 Base

A Base, figura 20, foi confeccionada em ferro, perfil em "U" enrijecido, na parte inferior da mesma foi feito quatro furos para instalação dos pés niveladores, figura 21.

Figura 20: Base do pêndulo.

Figura 21: Instalação dos pés niveladores.



Também na parte inferior, figura 22, foi instalado o circuito de alimentação do laser, figura 23, o interruptor foi fixado com cola epóxi e a bateria fica fixada através do clipe para papel.

Figura 22: Circuito de alimentação do laser.

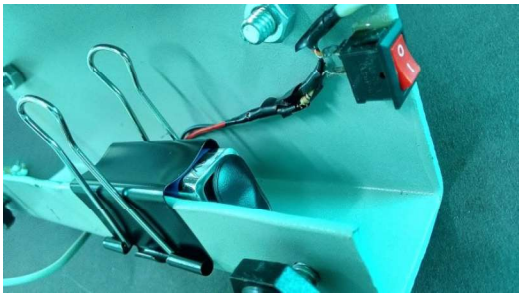
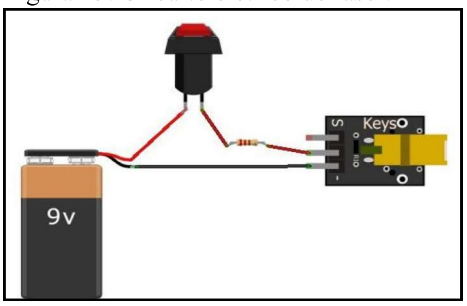


Figura 23: Circuito elétrico do laser.



Na parte superior foram feitos dois furos, para instalação de dois plugs roscável, figura 24 e 25, os plugs foram fixados na base através de parafusos.

Figura 24: Plugs instalados na base.

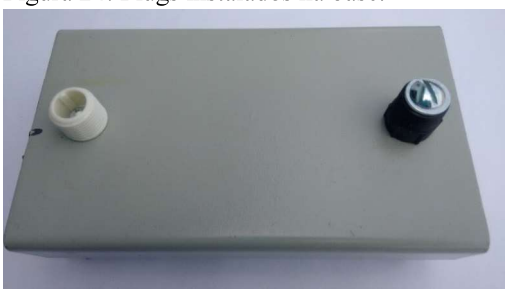
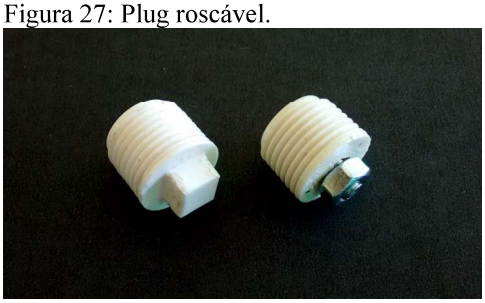


Figura 25: Plugs desmontados.

O plug de cor branca, figura 26, foi adaptado de um plug roscável de 20 mm.

Figura 27: Plug branco.

Figura 27: Plug roscável.



Neste plug é conectado o joelho interno duplo para mangueira ½'', figura 28, que foi cortado, e serve de suporte para o laser, figura 29.

Figura 28: Joelho 1/2".

Figura 29: Suporte do laser.

No outro furo, foi fixado um plug, figura 30, feito de um adaptador redução para mangueira ½'' x 3/8'', figura 31.

Figura 30: Plug roscável.

Figura 31: Adaptador.

Este plug serve para dar suporte ao tê, figura 32 e 33, que por sua vez serve para conectar a haste vertical e o suporte do sensor óptico.

Figura 32: Plug e o tê.

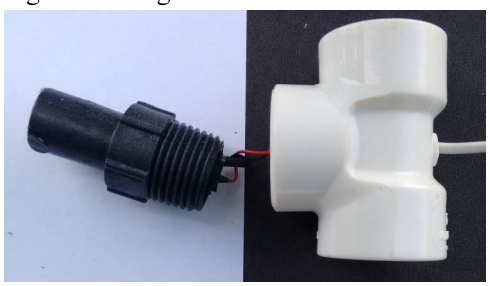


Figura 33: Plug e o tê instalados na base.

Já as acomodações tanto do sensor óptico como do laser foram feitas com borracha macia, que ajuda no alinhamento dos mesmos. A instalação de plugs diferentes na base teve como motivo o alinhamento do laser com o sensor óptico.

Para conexão do experimento com a interface foi feita uma pequena placa de circuito impresso ilhada, figura 34, confeccionada sob medida para o encaixe na placa do Arduino UNO. Nesta placa também foi instalado o resistor que faz parte do circuito eletrônico do sensor óptico, figura 35.

Figura 34: Placa de circuito impresso.

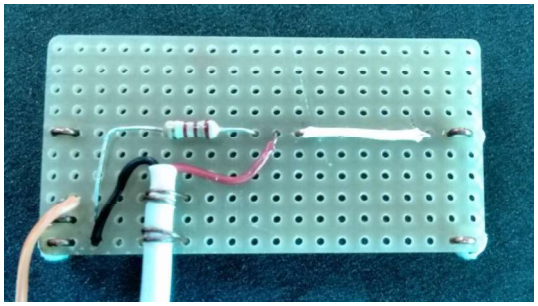
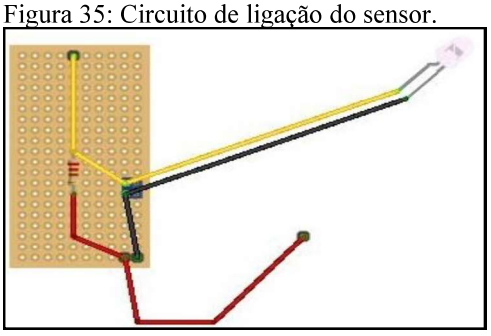


Figura 35: Circuito de ligação do sensor.



Para confecção dos terminais desta placa, figura 36, foi utilizado o fio interno de cabo coaxial, o mesmo usado para ligação de antena de televisão, figura 37.

Figura 36: Terminais da placa.

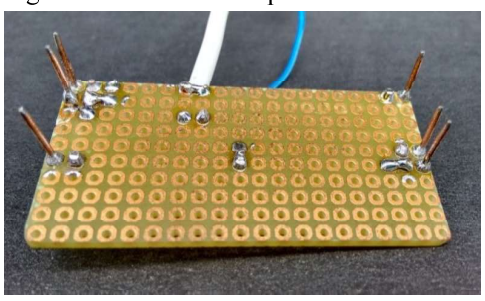


Figura 37: Cabo coaxial e terminais.

4. PLANO INCLINADO

Para construção do plano inclinado, figura 38, foi utilizado os materiais descritos na tabela 3:

Figura 38: Plano inclinado.

Tabela 3: Relação de materiais do experimento plano inclinado.

Quantidade	Unidade	Material
1	Und.	Régua em madeira 150 cm x 10 cm x 2 cm
4	Und.	Pés em plástico
8	Und.	Parafusos madeira fenda Philips 3x12 mm
1	Und.	Perfil “U” em alumínio 4 cm x 2 cm x 120 cm
1	Und.	Dobradiça estreita 5 cm x 3 cm
1	Und.	Dobradiça quadrada 2,5 cm x 2,5 cm
1	Und.	Cantoneira “L” em alumínio 4 cm x 2 cm x 2 cm
1	Und.	Placa em acrílico 13 cm x 5 cm x 5 mm
30	cm	Barra roscada 3/16”
2	Und.	Porcas borboleta 3/16” zincada
1	Und.	Perfil “U” em alumínio 2 cm x 1 cm x 1 cm
4	Und.	Rebite
1	Und.	Pino de rebite
1	Und.	Par de sensor ultrassônico HC-SR04
1	Und.	Placa para circuito impresso
1	Und.	Bola de isopor 200 mm
1,5	m	Cabo 4 vias
10	cm	Cabo de antena de TV

A base foi feita em madeira maciça medindo 150 cm de comprimento, 10 cm de largura e 2 cm de espessura. Na parte inferior, foram instalados quatro pés de plástico para um melhor apoio, figura 39.

Figura 39: Pés do plano inclinado.

Numa das extremidades da base de madeira, foi instalada uma dobradiça estreita figura 40, que fixa a rampa de alumínio na base de madeira. Na outra extremidade, foi instalado o suporte da barra roscada figura 41, feito através de um perfil em "U" de alumínio 1cm x1cm, que é presa a barra roscada através de um pino.

Figura 40: Fixação da dobradiça.

Figura 41: Fixação da barra rosca-

A barra roscada, tem a finalidade de ajustar a altura da rampa através de duas porcas borboleta prendendo a dobradiça quadrada figura 42 e 43.

Figura 42: Detalhe das porcas borboleta.

Figura 43: Barra roscada.

A Rampa de alumínio foi confeccionada de um perfil "U" medindo 120 cm de comprimento, 4 cm de largura e 2 cm de altura, nas suas duas extremidades, foi fixadas dobradiças com rebite. Na extremidade que não está fixa à madeira, foi presa junta uma cantoneira em alumínio, figuras 44 e 45, que serve para fixar o suporte do sensor ultrassônico.

Figura 44: Fixação da cantoneira.

Figura 45: Fixação do suporte do sensor.

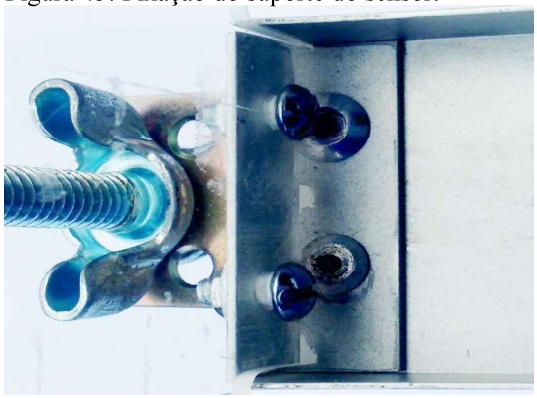


Figura 46: Suporte do sensor.

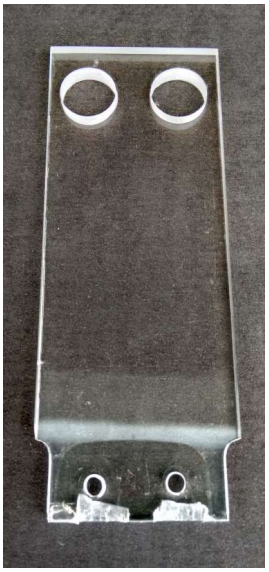


Figura 47: Suporte do sensor. instalado

O suporte do sensor ultrassônico, figuras 46 e 47, foi feito em acrílico medindo 13 cm de comprimento, 5 cm de largura e 5 mm de espessura. Foi fixado na cantoneira de alumínio através de parafusos.

A conexão do experimento com a *interface* é feita através de uma placa de circuito impresso ilhada figura 48nen49, que foi feita sob medida e se encaixa nos terminais da placa do Arduino UNO.

Figura 48: Circuito elétrico ultrassônico.

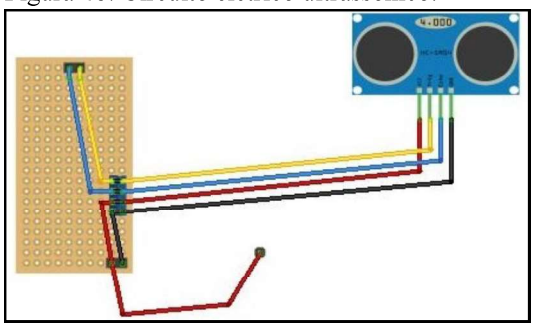
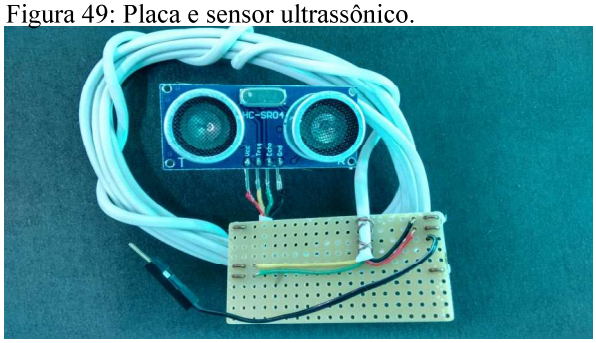
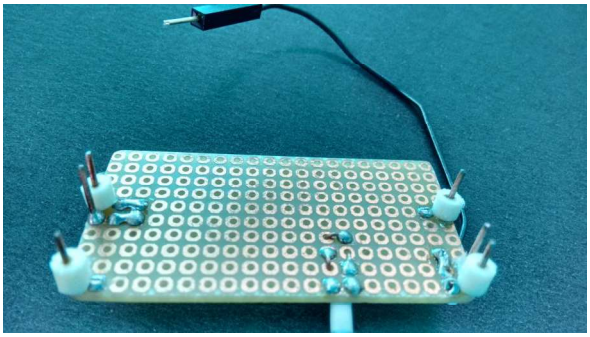


Figura 49: Placa e sensor ultrassônico.



Para confecção dos terminais desta placa, figura 50, que se interliga com a *interface*, foi utilizado o mesmo procedimento na confecção da placa do experimento anterior.

Figura 50: Terminais da placa.



5. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

Para construção do experimento da Lei de Resfriamento de Newton, figura 51, foi utilizado os materiais relacionados na tabela 4.

Figura 51: Experimento lei de resfriamento de

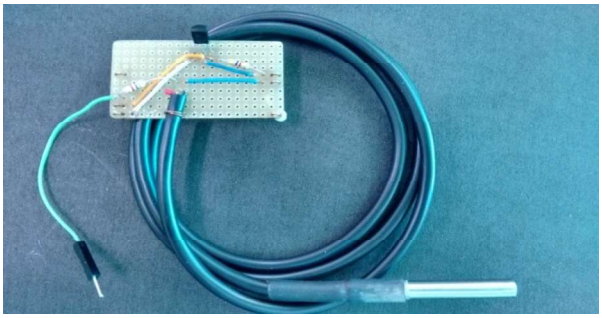


Tabela 4: Relação de materiais do experimento lei de resfriamento de Newton

Quantidade	Unidade	Material
1	Und.	Sensor de temperatura digital DS18B20, à prova d'água
1	Und.	Sensor de temperatura digital DS18B20
2	Und.	Resistores 4k7
1	Und.	Placa de circuito impresso ilhada.
10	cm	Cabo de antena de TV

A construção deste experimento resume-se a uma placa de circuito impresso, figura 52, que de um lado está montado o circuito eletrônico da figura 53 e do outro os terminais que se encaixam na placa de Arduino figura 3.44.

Figura 52: Placa circuito impresso lei de resfriamento.

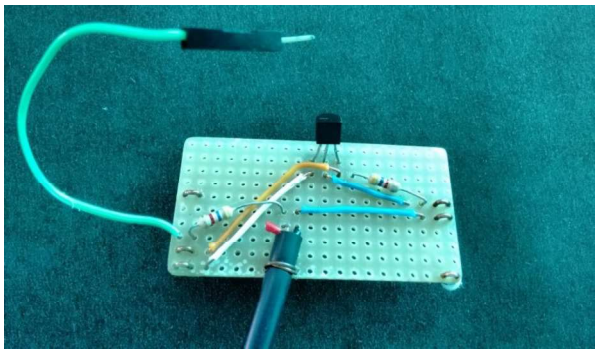
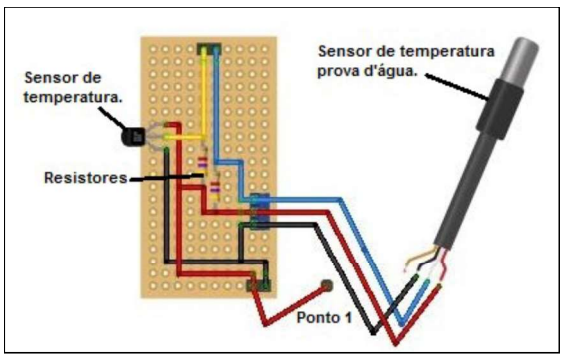
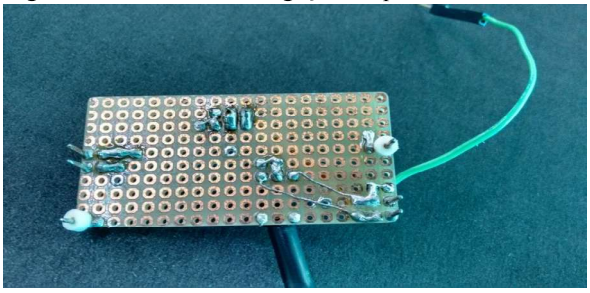


Figura 53: Circuito eletrônico lei de resfriamento.



Para confecção dos terminais desta placa, figura 54, foi utilizado o mesmo procedimento das placas anteriores que faz a conexão com a interface.

Figura 54: Terminais de ligação da placa.



6. CAPACITOR

Para construção do experimento de carga e descarga de um capacitor foi utilizado os materiais descritos na tabela 5.

Tabeal 5: Relação de materiais do experimento capacitor.

Quantidade	Unidade	Material
1	Und.	Placa de circuito impresso ilhada
1	Und.	Resistor 10k
1	Und.	Barra de terminais com parafuso
10	cm	Cabo de antena de TV

Este experimento resume-se apenas numa placa de circuito impresso figura 55, onde foi instalado um circuito eletrônico, figura 56, com um suporte para o capacitor.

Figura 55: Experimento capacitor.

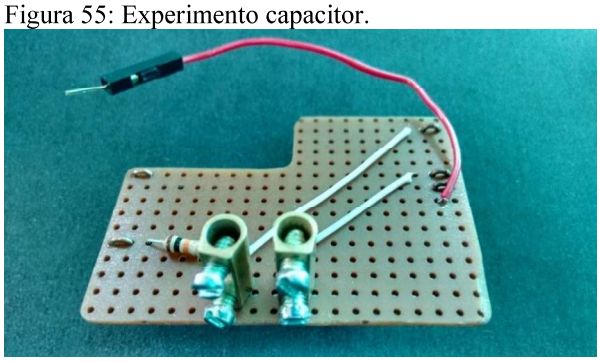
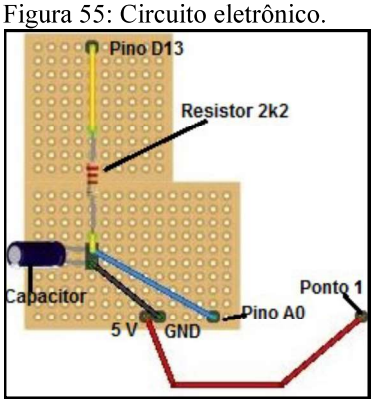


Figura 55: Circuito eletrônico.



Para o encaixe do capacitor foi utilizados dois conectores de terminais de uma barra de terminais com parafuso, figura 57. Eles foram fixdos na placa em dois pinos e soldados com esta finalidade. Na placa também foi soldado o resistor que faz parte do circuito eletrônico.

Figura 57: Terminais de contato.

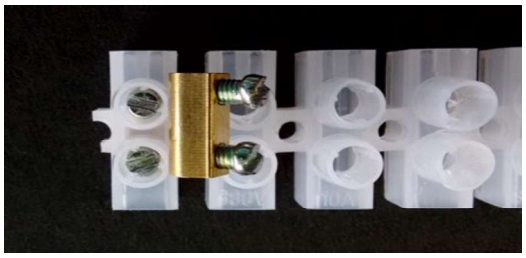
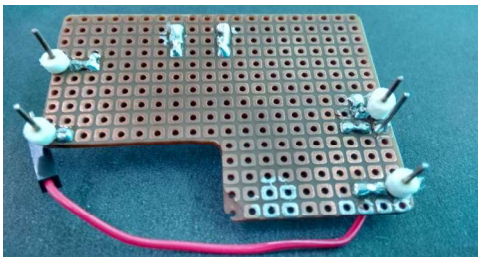


Figura 57: Terminais da placa do capacitor.



O encaixe desta placa com a *interface* foi feita através de terminais, figura 57, que foi construído do fio interno do cabo para antena de televisão e soldados. Foi cortada no tamanho necessário para o encaixe na placa do Arduino UNO.

7. INSTALAÇÃO DO SOFTWARE DO ARDUINO

Para instalação do *software* do Arduino deve-se proceder da seguinte forma:

1. Acessar a página na internet do Arduino oficial (https://arduino.cc/en/Main/Software), e fazer o *download* do IDE do Arduino, da versão apropriada do seu sistema operacional.
2. Descompacte o arquivo baixado e instale o Arduino clicando duas vezes no arquivo arduino.exe.
3. Conecte a sua placa no computador através do cabo USB, o LED, indicado por PWR, deve acender, indicando que a placa estar ligada.
4. A instalação do *driver* no *Windows* deverá iniciar automaticamente quando você conectar a placa.
5. Selecione a placa que você estar usando em Ferramenta >> Placa (Figura 58).
6. Selecione a porta correta que estar sendo utilizada pela placa Arduino em Ferramenta >> Porta (Figura 59).

Figura 58: Seleção da placa no IDE.

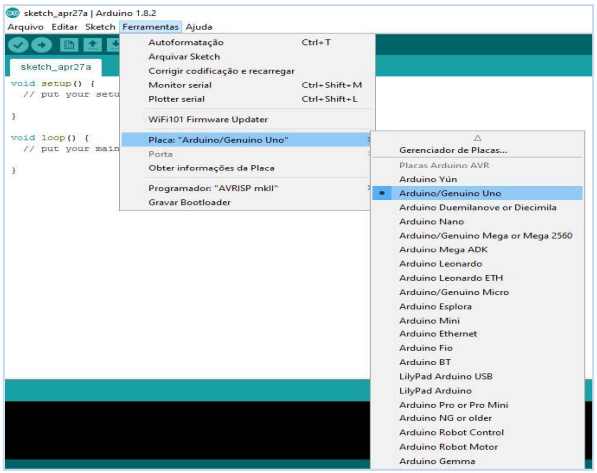
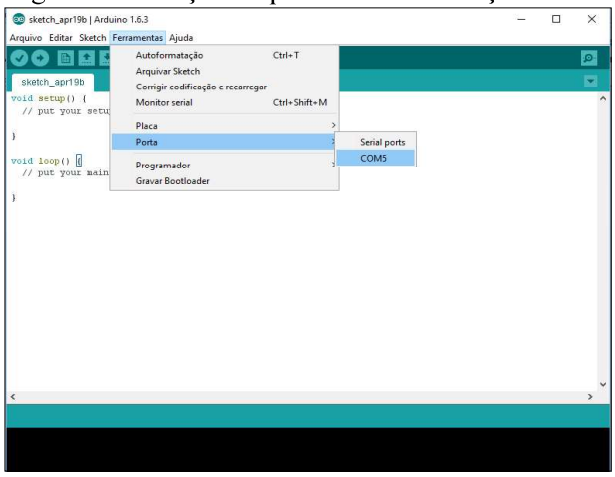


Figura 59: Seleção da porta de comunicação.



Após estes passos o Arduino estar pronto para ser usado, é só escrever os códigos e colocar para funcionar.

8. CÓDIGOS

Código do programa PÊNDULO, utilizado no experimento Pêndulo simples.

```
int pinosensor = 13;      // Pino de ligacao do sensor
int valorsensor = 0;      // Variavel que registra o estado do sensor de entrada
int cont = 0;
int osc = 0;
float tempo;
float tempo1;
float tempototal;
float tempofinal;
float tempoinicial;
int i = 0 ;
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);   // Portas de ligações do LCD na placa UNO
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   pinMode(pinosensor, INPUT);   // Seta o pino do sensor de entrada como ENTRADA
   lcd.begin(16,2);         // Informacoes iniciais do display
   lcd.setCursor(0,0);   // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 1ªlinha
   lcd.setCursor(0,0);   // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 1ªlinha
   lcd.print("Oscil:");    // Escreve o nome Oscil: no display
   lcd.setCursor(0,1);   // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 2ªlinha
   lcd.print("Tempo:");  // Escreve o nome Tempo: no display
   Serial.print("Oscil");   // Imprime no Monitor Serial a palavra Oscil
   Serial.print("\t");        // Separa os dados de uma linha por TAB
   Serial.println("Tempo");     // Imprime no Monitor Serial a palavra Tempo
}
void loop()
{
   while (cont < 21)        // Faz a contagem de 21 passagens pela barreira laser
        {
        if(digitalRead(pinosensor)!=1)
          {
          while(digitalRead(pinosensor)!=1);
          if(i==0)
   {
```

```
          tempoinicial = millis();
          i++;
           }
          cont=cont+1;
        }
       }
  tempofinal = millis();
  tempototal = tempofinal-tempoinicial;    // Tempo total de 21 passagens pela barreira laser
  tempo1= tempototal/1000;                 // Tempo total em segundos
  osc= (cont - 1)/2;                       // Cálculo de 10 oscilações
  lcd.setCursor(6,0);                      // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print(osc);                          // Escreve o número de oscilações no display
  Serial.print(osc);                       // Imprime o número de oscilações no monitor serial
  Serial.print("\t");                      // Separa os dados de uma linha por TAB
  lcd.setCursor(6,1);                      // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 2ªlinha
  lcd.print(tempo1);                       // Escreve o valor do tempo
  Serial.println(tempo1);                  // Imprime o valor do tempo no monitor serial
// Zera as medidas iniciais
cont=0;
osc=0;
tempo1=0;
tempototal=0;
tempofinal=0;
tempoinicial=0;
}
```

Código do programa DISTÂNCIA, utilizado no experimento de movimento uniformemente variado—PLANO INCLINADO.

```
#include <LiquidCrystal.h>            // biblioteca para o display LCD
#include<Ultrasonic.h>                // biblioteca para o sensor ultrassonico
#define echoPin 13                    // Pino 13 recebe o pulso do eco
#define trigPin 12                    // Pino 12 envia o pulso para gerar o eco
int k;
Ultrasonic ultrasonic(12,13);         // Define os pinos para o Sensor
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);  // Define os pinos para o display
void setup()
{
 Serial.begin(9600);                  // Inicializa comunicação Serial
 lcd.begin(16, 2);                    // Inicializa comunicação com o lcd
 pinMode(echoPin, INPUT);             // define o pino 13 como entrada (recebe)
 pinMode(trigPin, OUTPUT);            // define o pino 12 como saida (envia)
}
```

```
 void loop()
 {
 k++;                          // Incrementa um valor a cada leitura
 digitalWrite(trigPin,LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin,HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin,LOW);
 int distancia = (ultrasonic.Ranging(CM));  // Modulo da biblioteca Ultrasonic.h que faz o
cálculo da distância
 lcd.setCursor(0,0);                 // Posiciona o cursor no display na 1ªcoluna e 1ªlinha
 lcd.print("Distancia: ");           // Escreve no diplay "Distancia"
 lcd.print(distancia);               // Escreve o valor da distância no display
 lcd.print(" cm");                   // Escreve "cm" após o valor do sensor
 Serial.print(k);                    // Imprime uma sequência de números
 Serial.print("\t");                 // Separa os dados na linha por TAB
 Serial.println(distancia);          // Imprime o valor da distância no monitor serial
 delay(50);                          // Aguarda 50 ms para a próxima leitura
}
```

Código do programa TEMPERATURA, utilizado no experimento Lei de resfriamento de Newton.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal.h>
int k;
#define ONE_WIRE_BUS 13
#define ONE_WIRE_BUS2 12
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS2);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DallasTemperature sensors2(&oneWire2);
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  sensors.begin();
  Serial.print("t");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("T.Amb");
  Serial.print("\t");
  Serial.println("T.Liq");
}
```

```
void loop()
{
   k++;              // Envia o comando para obter as temperaturas
   lcd.setCursor(0,0);
   float TempAmb;
   sensors.requestTemperatures();
   TempAmb = sensors.getTempCByIndex(0);
   lcd.print("T.Amb: ");                 // Escreve T.Amb: no display
   lcd.setCursor(7,0);                  // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
   lcd.print(TempAmb);                  // Escreve o valor da temperatura ambiente
   lcd.write(B11011111);                // Escreve o simbolo de grau
   lcd.print("C");                      // Escreve o simbolo de Celsius
   lcd.setCursor(0,1);                  // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna 2ªlinha
   float TempLiq;
   sensors2.requestTemperatures();
   TempLiq = sensors2.getTempCByIndex(0);
   lcd.print("T.Liq: ");                 // Escreve T. Liq: no display
   lcd.setCursor(7,1);                  // Coloca o cursor do di splay na 8ªcoluna e 2ªlinha
   lcd.print(TempLiq);                  // Escreve o valor da temperatura do líquido
   lcd.write(B11011111);
   lcd.print("C");
   delay(1000);
   Serial.print(k);                     // Imprime o valor de k no monitor serial
   Serial.print("\t");                  // Separa os dados de uma linha por TAB
   Serial.print(TempAmb);               // Imprime o valor da temperatura ambiente
   Serial.print("\t");                  // Separa os dados de uma linha por TAB
   Serial.println(TempLiq);             // Imprime o valor da temperatura do líquido
}
```

Códogo do programa CAPACITOR, utilizado no experimento de Carga e descarga de um capacitor.

```
#include <LiquidCrystal.h>  // biblioteca para o display LCD
const int Pinresistor = 13;
int estadoinicial = LOW;
long instantemude = 0;      // armazena o intante em que o estado do pino do resistou mudou
int Pincapacitor = 0;
int valorLido = 0;
float tensaocapacitor = 0;
long intervalo = 100000;   // intervalo de tempo em milisegundos em que o estado do pino do
                           // resistor muda de estado, em alto, carrega o capacitor e em baixo
                           // descarrega.
unsigned long time;
```

```
void setup()
{
  pinMode(Pinresistor, OUTPUT); // define o modo de funcionamento da saida digital
                          // ligada ao resistor, modo saida.
  Serial.begin(9600);           // Inicializa comunicação Serial
  lcd.begin(16, 2);             // Inicializa comunicação com o lcd

  Serial.print("Tempo");      // Nomeia a primeira coluna no Monitor Serial
  Serial.print("\t");         // Separa os dados de uma linha por TAB
  Serial.println("Tensão");   // Nomeia a segunda coluna no Monitor Serial
  lcd.setCursor(0,0);         // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print("Tempo: ");       // Escreve o nome Tempo: no display
  lcd.setCursor(0,1);         // Coloca o cursor do display na 1ªcoluna e 2ªlinha
  lcd.print("Tensao: ");      // Escreve o nome Tensao no display
}
void loop()
{
  valorLido = analogRead(Pincapacitor);          // leitura do pino analogico do capacitor
  tensaocapacitor = (valorLido * 0.0048876);   // 5V / 1023 = 0.0048876 (precisão do A/D)
  time=(millis());                                 // base de tempo de coleta de dados
  Serial.print(time);                              // imprime o valor de tempo em linha
  Serial.print("\t");                            // imprime o valor da tensao do capacitor em tabela
  Serial.println(tensaocapacitor);             // imprime o valor da tensao do capacitor
  lcd.setCursor(6,0);                           // Coloca o cursor do display na 7ªcoluna e 1ªlinha
  lcd.print(time);                             // Escreve o valor do tempo
  lcd.setCursor(7,1);                          // Coloca o cursor do display na 8ªcoluna e 2ªlinha
  lcd.print(tensaocapacitor);                  // Escreve o valor da tensão do capacitor
  delay(100);                                 // define o intervalo de tempo para a coleta de dados
 if(time - instantemude > intervalo)
  {
   instantemude = time;               // salva o ultimo instante em que o pino do resistor mudou
                                         de estado
   if (estadoinicial == LOW)        // se o pino estiver em alto muda para baixo e vice-versa
   estadoinicial = HIGH;
   else
   estadoinicial = LOW;
   digitalWrite(Pinresistor, estadoinicial);  //escreve o estado do resistor na porta digital em
                                                 que o resistor esta ligado
  }
}
```

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, **Leonardo Pereira da Silva**, abaixo-assinado, aluno(a) regularmente matriculado(a) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ji-Paraná/UNIR, portador(a) do **RA: 201421394**, CPF: 497.369.144-53, RG: 1.074.656 SSP/PB, venho por meio deste autorizar a disponibilização pelo Pólo do Departamento de Física de Ji-Paraná do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PJIPAMNPEF) do meu Trabalho de Conclusão de Curso em meios eletrônicos existentes ou que venham a ser criados.

Ji-Paraná, 22 de dezembro de 2017.

Leonardo Pereira da Silva.

Leonardo Pereira da Silva