

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

GILBERTO FETZNER FILHO

Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio
usando a placa Arduino-UNO

**Porto Alegre
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio
usando a placa Arduino-UNO

GILBERTO FETZNER FILHO

Dissertação realizada sob orientação do Profº Dr. Ives Solano Araujo e Profº Dr. Rafael Peretti Pezzi, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2015

À minha família e amigos

Em especial aos meus pais Gilberto Artur Fetzner e Ivone Lambert Fetzner pela educação e exemplo de vida que sempre me deram. A minha irmã Marcia L. Fetzner que sempre esteve ao meu lado, incentivando e ajudando, sempre com seu olhar crítico e sincero sobre a qualidade do trabalho.

À minha esposa Osiane da Silva Fetzner e a meu filho Giovani de Souza Fetzner que tiveram paciência e compreensão de entender a minha ausência em alguns momentos durante o período em que me dediquei a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

- A todos os professores do MPEF da UFRGS que confiaram em meu potencial e dedicação durante esta caminhada.
- Aos meus orientadores Profº Dr. Ives Solano Araujo e Profº Dr. Rafael Peretti Pezzi pela oportunidade de ser seu orientando, e também pelas inúmeras sugestões ao longo deste trabalho.
- A Profª Drª Eliane Angela Veit e ao Profº Dr. Fernando Lang da Silveira que acreditaram em meu potencial e dedicação, sendo decisivos para o início desta caminhada.
- Aos todos os colegas e amigos bolsistas do CTA, em especial ao Germano Postal e Lucas Leal pelas sugestões e ajuda na finalização deste trabalho.
- A todos os meus colegas do MPEF que estiveram juntos nesta caminhada e que certamente lembrarão de todos os momentos que passamos no bar do Antônio discutindo sobre as aulas, listas de exercícios e também sobre as frustrações e alegrias de nossa carreira no magistério.
- Ao meu amigo Marcelo Rocha que mesmo estando longe, morando no Rio de Janeiro, me incentivou e colaborou para o início do meu trabalho.

Muito obrigado.

RESUMO

Um dos principais desafios que um professor de Física enfrenta ao tentar atualizar suas aulas e trazer novas abordagens para o contexto escolar diz respeito a infraestrutura necessária para implementá-las. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de materiais instrucionais de baixo custo para a realização de experimentos de Física relacionados ao conteúdo de Cinemática usando a placa Arduino-UNO como interface para aquisição de dados. Para isto foi desenvolvido um material didático, amparado na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, composto por: I) equipamento constituído por sensores ópticos infravermelhos e ultrassônico; II) três modelos de *shield* para a placa Arduino-UNO; III) *softwares* desenvolvidos em *Python* para visualização em tempo real dos gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo; IV) vídeos tutoriais mostrando a montagem de todo o equipamento utilizado para aquisição de dados; V) guias pedagógicos para orientar o professor na aplicação das aulas; VI) guias de atividades elaborados com a metodologia “Predizer, Interagir e Explicar” (P.I.E.). O material instrucional foi elaborado dentro de um conceito de Recursos Educacionais Abertos (REA). Atribuímos licenças permissivas a todo o material desenvolvido neste trabalho a fim de que professores, pesquisadores, estudantes e demais membros da sociedade possam usar, estudar, modificar e compartilhar livremente todo o seu conteúdo. A proposta foi implementada em três turmas do primeiro ano do Ensino Médio na Escola Técnica Frederico Guilherme Schmidt na cidade de São Leopoldo (RS), durante o terceiro trimestre de 2014, totalizando dezenove períodos. Durante a aplicação do projeto foram realizadas duas provas como instrumento de avaliação da aprendizagem, além dos questionários que fazem parte do guia de atividades dos alunos, entregues no final de cada tarefa. Os resultados indicam que o uso de experimentos com aquisição automática de dados nas aulas de Física, em conjunto com uma metodologia adequada de ensino, contribuíram para o aprendizado e motivação dos alunos. Acreditamos que, por se tratar de um material didático de baixo custo, elaborado com uso de *softwares* livres e *hardware* aberto, é altamente disseminável e tornar-

se-á muito útil para o desenvolvimento de projetos e práticas educacionais no Ensino de Física.

Palavras-chave: Experimentos de Física de baixo custo; Ensino de Física; Arduino

ABSTRACT

One of the main challenges faced by physics teachers to bring innovative teaching approaches to class is related to the lack of infrastructure to implement it. The objective of this work was to develop low cost instructional materials to conduct didactical experiments about Kinematics using the Arduino-UNO board as an interface for data acquisition. It was developed a teaching material, supported by the Theory of Meaningful Learning (David Ausubel), composed of: i) an equipment with infrared and ultrasonic sensors; II) three shields for the Arduino-UNO board; III) a software developed in Python for real time visualization of graphs position, velocity and acceleration versus time; IV) video tutorials showing the assembly of all equipment used for data acquisition; V) teaching guides to orient the lessons; VI) activity guides designed with the methodology "Predict, Interact and Explain" (P.I.E.). The instructional material was prepared within a concept of Open Educational Resources (OER). We attribute permissive licenses to all material developed so teachers, researchers, students and other members of society can use, study, modify and freely share all the content. The proposal was implemented in three high school classes at the Frederico Guilherme Schmidt Technical School in São Leopoldo (Brazil) during the third quarter of 2014, totalizing 19 class periods. Questionnaires and exams were carried on to evaluate students learning. Our results suggests the use of experiments with automatic data acquisition in physics classes, together with an appropriate teaching methodology, contributed to the learning and student's motivation. Considering the low cost of the hardware and the use of open source software and open hardware the materials developed can be easily adopted giving to the teachers minimal conditions for the development of projects and educational practices in physics teaching.

Keywords: Low cost physics experiments; Physical Education; Arduino

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Placa Arduino-UNO.....	21
Figura 2: Planejamento do conjunto de aquisição de dados.....	33
Figura 3: Equipamento 1 com os cabos e sensores ópticos em sua configuração plano inclinado.....	37
Figura 4: Sensor de distância.....	38
Figura 5: Protótipo do Shield Galileu Cronômetro construído em uma placa de circuito impresso de ilhas padrão.....	40
Figura 6: Esquema do circuito Shield Galileu Cronômetro.....	41
Figura 7: Shield Galileu Cronômetro – Versão 1.0.....	42
Figura 8: Desenho da placa Shield Galileu Cronômetro elaborado no KiCAD.....	43
Figura 9: Placa do circuito Shield Galileu Cronômetro construída pela Fresadora PCI João-de-Barro.....	43
Figura 10: Protótipo do Shield Galileu Cronômetro Líquidos.....	44
Figura 11: Esquema do circuito do Shield Galileu Cronômetro Líquidos.....	45
Figura 12: Shield Galileu Cronômetro Líquidos.....	46
Figura 13: Desenho da placa Shield Galileu Cronômetro Líquidos.....	47
Figura 14: Placa do circuito Shield Galileu Cronômetro Líquidos.....	47
Figura 15: Shield Galileu Ultrassônico.....	48
Figura 16: Esquema do circuito Shield Galileu Ultrassônico.....	50
Figura 17: Shield Galileu Ultrassônico.....	51
Figura 18: Desenho da placa Shield Galileu Ultrassônico.....	51
Figura 19: Placa do circuito Shield Galileu Ultrassônico.....	52
Figura 20: Ambiente de desenvolvimento do Arduino - IDE.....	54
Figura 21: Aba de acesso ao Monitor Serial.....	55
Figura 22: IDE do programa Python.....	56
Figura 23: Gráfico de posição em função do tempo I.....	58
Figura 24: Gráfico de posição em função do tempo II.....	58
Figura 25: Foto atual da Escola.....	60
Figura 26: Frente da sala.....	61
Figura 27: Fundos da sala.....	61
Figura 28: Slide mostrando o programa de aquisição de dados.....	62
Figura 29: Alunos fotografando o equipamento.....	62
Figura 30: Alunos fazendo o esboço dos gráficos de velocidade em função do tempo.....	64
Figura 31: Alunos realizando o experimento.....	64
Figura 32: Alunos observando o movimento da esfera dentro d' água.....	66
Figura 33: Alunos realizando o experimento.....	66
Figura 34: Alunos organizados em grupos resolvendo o Questionário 2.1.....	66
Figura 35: Alunos realizando a Atividade Prática 2.1.....	70
Figura 36: Gráfico de velocidade em função do tempo.....	71
Figura 37: Esboço do gráfico de velocidade em função do tempo.....	72
Figura 38: Alunos organizados em grupos para responder o Questionário 4.2.....	74
Figura 39: Aluno fazendo o teste de hipóteses.....	74
Figura 40: Gráfico de posição em função do tempo.....	74
Figura 41: Exemplo de gráfico de posição em função do tempo.....	76
Figura 42: Aluno reproduzindo o gráfico da atividade 5.1.....	77
Figura 43: Alunos visualizando o gráfico de posição em função do tempo.....	77

Figura 44: Equipamento posicionado na vertical.....	78
Figura 45: Aluno realizando a demonstração do uso do equipamento de aquisição de dados.....	79
Figura 46: Alunos fazendo a correção das questões do Questionário 6.2.....	80
Figura 47: Alunos observando o gráfico de posição em função do tempo.....	80
Figura 48: Alunos realizando a Atividade Prática 6.1.....	80
Figura 49: Alunos fazendo a aquisição de dados de tempo.....	80
Figura 50: Massa da bolinha de papel.....	83
Figura 51: Massa da bolinha de pebolim.....	83
Figura 52: Grupo de alunos realizando a aquisição de dados de tempo de queda...	84
Figura 53: Alunos anotando na tabela os tempos de queda.....	84
Figura 54: Sequência das atividades propostas com a metodologia P.I.E.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Objetivos de aprendizagem propostos para a unidade de ensino.....	35
Tabela 2: Modelos de Shield e programas ".ino".....	53
Tabela 3: Relação dos Guias Pedagógicos e softwares utilizados.....	57
Tabela 4: Links dos vídeos tutoriais no youtube.....	59
Tabela 5: Resposta dos alunos em relação a variação de energia mecânica.....	83
Tabela 6: Dados referentes às questões 4, 5, 6, 7 e 8.....	95

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	11
2 – ESTUDOS ANTERIORES.....	16
2.1 Aquisição automática de dados utilizando a placa de som e a porta de jogos do computador.....	16
2.2 Aquisição automática de dados utilizando a placa Arduino-UNO.....	21
3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
3.1 Recursos Educacionais Abertos.....	26
3.2 Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.....	28
4 – O PRODUTO EDUCACIONAL.....	33
4.1 Guias Pedagógicos e Guias de Atividades.....	34
4.2 Equipamento de aquisição de dados.....	36
4.2.1 Equipamento 1: sensores ópticos-suporte-barras roscada.....	36
4.2.2 Equipamento 2: constituído por um cabo e sensor ultrassônico.....	38
4.3 <i>Hardware – Shields</i>	39
4.3.1 Protótipo do <i>Shield Galileu</i> Cronômetro.....	39
4.3.1.1 <i>Shield Galileu</i> Cronômetro – Versão 1.0.....	41
4.3.1.2 <i>Shield Galileu</i> Cronômetro Líquidos.....	44
4.3.1.2.1 <i>Shield Galileu</i> Cronômetro Líquidos – Versão 1.0.....	46
4.3.1.3 <i>Shield Galileu</i> Ultrassônico.....	48
4.3.1.3.1 <i>Shield Galileu</i> Ultrassônico – Versão 1.0.....	50
4.3.2 <i>Shield Galileu</i> Cronômetro Líquidos.....	44
4.3.2.1 <i>Shield Galileu</i> Cronômetro Líquidos – Versão 1.0.....	46
4.3.3 <i>Shield Galileu</i> Ultrassônico.....	48
4.3.3.1 <i>Shield Galileu</i> Ultrassônico – Versão 1.0.....	50
4.4 <i>Softwares</i>	52
4.4.1 <i>Softwares</i> para Arduino.....	52
4.4.2 <i>Softwares</i> em <i>Python</i>	55
4.5 Vídeos: tutoriais de montagem.....	59
5 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	60
5.1 Contexto de aplicação da proposta didática.....	60
5.2 Relato de Aplicação das Aulas.....	62
5.2.1 Primeira aula: velocidades média e instantânea.....	62
5.2.2 Segunda aula: movimento uniforme.....	65
5.2.3 Terceira aula: movimento uniformemente variado.....	68
5.2.4 Quarta aula: movimento uniformemente variado.....	70
5.2.5 Quinta aula: movimento uniformemente variado.....	75
5.2.6 Sexta aula: queda livre.....	77
5.2.7 Sétima aula: conservação de energia.....	81
6 – AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES E DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	85
6.1 Avaliação dos estudantes.....	86
6.2 Resultados da avaliação da proposta didática.....	91
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
REFERÊNCIAS.....	101
APÊNDICE – A.....	104
APÊNDICE – B.....	114
APÊNDICE – C.....	119
APÊNDICE – D.....	137
APÊNDICE – E.....	170
APÊNDICE – F.....	203
APÊNDICE – G.....	204

ANEXO – A.....206

1 – INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira, ao longo das últimas décadas, vem passando por diversas transformações socioculturais influenciadas pelo desenvolvimento científico e tecnológico, em particular com o advento dos computadores pessoais e da internet. Tal desenvolvimento possibilita que pesquisadores e educadores em toda a parte compartilhem experiências e resultados, ampliando a divulgação de nosso conhecimento de fenômenos físicos observados em nosso planeta e outros lugares do Universo.

Atualmente, é expressiva a utilização de microcomputadores como ferramentas de informação e comunicação, entretanto, mesmo com toda esta tecnologia disponível, a Física, responsável por grande parte deste desenvolvimento, ainda é ensinada em muitas escolas utilizando os mesmos recursos de dois séculos, deixando-se de lado o uso do computador como ferramenta de laboratório para o Ensino de Física (CAVALCANTE; BONIZZIA, GOMES, 2009).

Atividades de ensino atualizadas, que lancem mão das potencialidades trazidas pela disponibilidade dos computadores, como por exemplo a aquisição automática de dados, deixam de ser implementadas mesmo em escolas que possuam estes equipamentos. Sua utilização acaba ficando restrita à digitação de trabalhos e pesquisas na internet, muitas vezes não ultrapassando o uso de tabelas para a construção de gráficos (SOARES; BORGES, 2010).

A restrição da utilização de computadores para aquisição de dados nas escolas ocorre por vários motivos, entre os quais: i) alto custo das interfaces comerciais; ii) grande parte dos professores desconhece a possibilidade de confecção de sistemas de aquisição automática de dados de baixo custo, iii) pouco tempo disponível para a montagem e teste de dispositivos em sala de aula, caso estes queiram elaborar sua própria interface (BORGES, 2002; CAVALCANTE; BONIZZIA; GOMES, 2008; SOARES; BORGES, 2010).

Tendo em vista esse contexto, apresentamos no presente trabalho uma proposta de ensino voltada para o ensino de Cinemática e Dinâmica a partir de experimentos didáticos de baixo custo com aquisição automática de dados em

tempo real. O equipamento utilizado em nossas atividades de ensino é constituído por sensores ópticos que, conectados a um circuito modular (*Shield*), enviam dados temporais para a placa Arduino-UNO¹ e, por meio de uma interface gráfica desenvolvida na linguagem *Python*², permitem a visualização em tempo real dos gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Desta forma é possível fazer teste de hipóteses sobre os fenômenos físicos em estudo, correlacionando com os pressupostos teóricos que são estabelecidos na Física.

O produto educacional desenvolvido neste trabalho é composto por: circuito (*Shield*) que serve e interface para aquisição de dados, *software livre* para a utilização de experimentos de Cinemática e Dinâmica no Ensino Médio usando a placa Arduino-UNO e guias de atividades para professores e alunos, desenvolvidos no formato aberto ODT (*Open Document Text*) possibilitando que os professores o modifiquem, de acordo com suas necessidades.

O material instrucional desenvolvido neste projeto de Ensino é baseado no conceito de Recursos Educacionais Abertos (REA) o que possibilita a professores, alunos ou qualquer outro usuário interessado fazer a utilização deste material sem nenhum tipo de custo relacionado a aquisição de licença de uso, dando a todos a liberdade para usar, estudar, modificar e distribuir o material de acordo com os termos de licenças permissivas.

O guia de atividades foi desenvolvido tendo como base a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a metodologia Predizer, Interagir e Explicar (P.I.E.), (DORNELES, 2010). Nesta metodologia, os alunos são motivados a predizer por escrito, através da resposta às questões presentes no guia, o comportamento de um determinado fenômeno físico a partir da visualização de um experimento realizado pelo professor. Em seguida, eles podem interagir com o equipamento e, discutindo em grupo, buscar explicações para as possíveis divergências ou (convergências) entre as previsões que fizeram e o que foi efetivamente observado no experimento.

Todo o material instrucional desenvolvido nesta dissertação está disponível à comunidade em formato digital através de uma imagem de um disco virtual que pode

1 Placa de código aberto, com entradas e saídas analógicas e digitais, desenvolvida para controlar uma vasta gama de sensores existentes no mercado. Mais detalhes em: <http://www.arduino.cc/>

2 Linguagem de programação de alto nível, que dispõe de diversas bibliotecas. Mais detalhes em: <http://www.python.org>.

ser gravado em um Pendrive inicializável³.

Optou-se pelo uso do TropOs⁴, que é uma distribuição GNU/Linux, para a divulgação deste material instrucional. Isto torna o material potencialmente disseminável e fácil de ser utilizado pelo professor, uma vez que no Pendrive estarão o sistema operacional e todos os arquivos e bibliotecas necessárias para executar as atividades. Desta forma o professor não precisa se preocupar com a instalação de *drivers* e configuração de *softwares* para fazer a coleta de dados, basta que inicie o seu computador a partir do *Pendrive* e execute as atividades nele presentes.

O trabalho procura difundir o uso da placa Arduino em experimentos didáticos de baixo custo para o ensino de Física no Ensino Médio, fazendo com que o professor possa compreender um pouco mais sobre a utilização e criação de interfaces de código aberto para a aquisição automática de dados.

Com a finalidade de facilitar a reprodução do equipamento por parte de professores e alunos, foram elaborados vídeos de montagem do equipamento e guias tutoriais de fabricação de todos os circuitos utilizados neste trabalho. Os circuitos de cada um dos modelos de *Shield* utilizados neste projeto estão descritos no Apêndice A desta dissertação e uma versão desenvolvida para ser fabricada digitalmente pode ser encontrada no site do Centro de Tecnologia Acadêmica do Instituto de Física da UFRGS⁵ (CTA-IF UFRGS). Neste site, acessando-se a aba projetos é possível encontrar todos os arquivos referentes aos circuitos para montagem dos três modelos do *Shield* na versão Galileu, nome dado em homenagem ao Físico Galileu Galilei.

O *Shield* na versão Galileu descrito no site do CTA foi projetado para ser fabricado digitalmente utilizando-se a Fresadora PCI João-de-Barro. Surgiu da evolução do protótipo desenvolvido e aplicado neste trabalho a qual foi montada em placas de fenolite perfurada. A Fresadora PCI João-de-Barro é uma fresadora de placas de circuito impresso desenvolvida pelo CTA para facilitar a prototipação e fabricação em pequena escala de instrumentos científicos e educacionais⁶.

3 Pendrive com sistema operacional livre completo que utiliza uma distribuição GNU/Linux TropOs baseada na distribuição Debian, que foi desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Acadêmica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://cta.if.ufrgs.br/projects/tropos/wiki/Wiki>.

4 <http://cta.if.ufrgs.br/>

5 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>

6 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/fresadora-pci-joao-de-barro/wiki>

O material instrucional foi aplicado em 19 horas-aula dentro da carga horária da disciplina de Física durante o terceiro trimestre de 2015 em duas turmas de 1º Ano de uma escola técnica pública no Município de São Leopoldo.

No Capítulo 2 (Estudos anteriores) apresentamos uma revisão sucinta da literatura onde são mostrados trabalhos relacionados à aplicação da placa Arduino-UNO em experimentos de Física. Neste Capítulo também faz-se referência ao uso de recursos educacionais abertos no desenvolvimento de materiais instrucionais.

No Capítulo 3 (Fundamentação Teórica), apresentamos o referencial teórico que dá sustentação a este trabalho, a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

No Capítulo 4 (O produto educacional) é feita uma descrição detalhada do material didático desenvolvido para a aplicação desta proposta de ensino: *hardware* (Apêndice A), *software* (Apêndice B e C) que compõe o equipamento para aquisição automática de dados, guias pedagógicos, guias de atividades (Apêndices D e E), vídeos relacionados ao conteúdo trabalhado que foram utilizados em cada uma das aulas (Apêndice F) e aqueles elaborados pelo próprio autor, que descrevem os processos de montagem de todo o equipamento desenvolvido.

O Capítulo 5 (Aplicação da proposta didática) se refere à descrição do contexto de aplicação da proposta: identificação da escola, números de alunos que participaram da proposta didática e condições físicas que o estabelecimento de ensino ofereceu ao professor para desenvolver sua prática discente. Neste Capítulo também é apresentada uma tabela com a relação dos guias pedagógicos e do *hardware* e *software* utilizado em cada uma das atividades práticas desenvolvidas seguindo a mesma sequência dos conteúdos trabalhados em sala de aula e um relato de cada uma das aulas, descrevendo a participação dos alunos em cada uma das atividades prática proposta e mostrando como o material instrucional desenvolvido foi aplicado.

No Capítulo 6 (Avaliação dos estudantes e da proposta didática) apresentamos uma descrição das respostas dos alunos apresentadas no Questionário de avaliação (Apêndice G) elaborado no final do trimestre.

No Capítulo 7 (Considerações finais) apresentamos algumas considerações gerais a respeito do trabalho desenvolvido, apontado pontos positivos e negativos

que por sua vez devem ser observados pelos professores no encaminhamento desta proposta didática.

2 – ESTUDOS ANTERIORES

Neste capítulo apresentamos alguns estudos publicados no período de 2004 a 2013 envolvendo a aquisição automática de dados no ensino de Física em nível médio ou superior que mais se alinha com a proposta do nosso trabalho. Nosso objetivo é situar nossa proposta com aquelas trazidas por outros membros da comunidade científica, entretanto foge de nosso escopo a realização de uma revisão aprofundada da literatura. Nossa busca se restringiu a publicações nos periódicos Revista Brasileira de Ensino de Física, Física na Escola e Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Além disso, também consultamos as Atas do Simpósio Nacional de Ensino de Física e algumas Dissertações de Mestrado Acadêmico e Profissional em Ensino de Física que abordam o tema.

2.1 Aquisição automática de dados utilizando a placa de som e a porta de jogos do computador

Grande parte dos trabalhos publicados na última década fazem referência ao uso da placa de som ou da porta de jogos para a aquisição automática de dados e apresentam *softwares* específicos para leitura e interpretação gráfica desses dados, como: *Aqdados 2.0* (ARAUJO, I. S., 2003), *Excel* (FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A., 2004), *Cool Edit* (CAVALCANTE; BONIZZIA, GOMES, 2008), *Audacity* (CAVALCANTE; BONIZZIA, GOMES, 2009).

Haag, Araujo, Veit (2005) apresentam uma série de possibilidades para se implementar um sistema de aquisição de baixo custo em laboratórios didáticos, além de discutir a importância e a potencialidade que o uso deste tipo de tecnologia traz para o ensino de Ciências na atualidade. Com o objetivo de instrumentalizar ainda mais o leitor, os autores procuram ilustrar diferentes tipos de experimentos de física que podem ser realizados utilizando *softwares* existentes no mercado em versões *freeware* e *shareware*. Nesse material é possível encontrar informações importantes sobre diferentes tipos de sensores, conversores analógico/digital, componentes eletrônicos e suas aplicações em experimentos de física. Os autores citam referências bibliográficas onde é possível encontrar diversos trabalhos publicados

voltados ao ensino de Física que utilizam a entrada do microfone, porta paralela e porta de jogos do computador para aquisição de dados, fazendo referência ao uso das linguagens de programação *LOGO*, *Visual Basic Application* (VBA), *DELPHI*, C++ e planilha *Excel* em diferentes aplicações.)

Diferente de nosso projeto que usa a porta USB para entrada de dados, Silva (2005), descreve cinco atividades experimentais com aquisição automática de dados utilizando a porta de jogos (DB15) do computador para explorar conceitos de física nas áreas de cinemática, dinâmica e ondas mecânicas. Estas atividades foram realizadas no segundo semestre de 2003 com alunos do ensino médio do curso para formação de Tecnólogos em Polímeros do CEFET/RS, Sapucaia do Sul e no segundo semestre de 2004 para alunos do ensino médio matriculados no Curso de Extensão: *física para o Ensino Médio II* ofertado pelo Instituto de Física da UFRGS.

Em seu trabalho são utilizados emissores de luz infravermelho e fototransistores receptores conectados à entrada digital da porta de jogos do computador (DB15) para o estudo dos conceitos de velocidade média, movimento uniforme e velocidade instantânea. A aquisição automática de dados é iniciada quando o fototransistor é obstruído pela passagem de um objeto, alterando o estado lógico da porta e registrando o intervalo de tempo equivalente a obstrução ocorrida no sensor. A leitura dos valores da entrada da porta digital é realizada por um programa escrito em linguagem VBA (*Visual Basic Application*) que faz parte do pacote Office da Microsoft.

Para o estudo de ondas mecânicas longitudinais a placa de som e um microfone são usados como interface entre o computador e o mundo externo para captura do sinal sonoro. A análise de frequências é feita através do *software Spectrogram*.

Neste trabalho, Silva (2005) também apresenta atividades explorando o funcionamento de outros tipos de sensores como LDR, potenciômetros e termistores. A leitura e registro dos valores do sinal elétrico é feita com o *software Aqdados 2.0* (Araújo 2003), o qual faz a leitura de até três entradas analógicas e quatro entradas digitais da porta de jogos da placa de som de forma simultânea, gerando um arquivo de texto que pode ser analisado com uso de uma planilha eletrônica. O acesso ao *software* é livre.

De acordo com Silva (2005), estas atividades experimentais proporcionaram a troca de informações entre os alunos, instigando o raciocínio crítico e investigativo proporcionando condições para que os alunos compreendam os processos envolvidos na construção do conhecimento.

Outro trabalho que apresenta uma proposta pedagógica para o uso do computador em atividades didáticas que envolve aquisição de dados de tempo, temperatura e intensidade luminosa via porta de jogos é descrito por Figueira (2005). Inicialmente ele descreve como é feita a aquisição de dados experimentais por meio de sensores que são conectados a porta de jogos (DB15) e a forma de utilizar a planilha *Excel* para análise dos dados coletados. Também são explicadas a sequência de comandos e funções armazenadas em um módulo do *Visual Basic* (macros) necessárias para que os dados possam ser lidos e interpretados. O conjunto de atividades experimentais desenvolvidas no campo da mecânica e termologia foram aplicadas em uma oficina extraclasse em agosto de 2005, para os alunos de uma unidade do Centro Federal de Educação Tecnológica na cidade de Pato Branco, Paraná.

A sequência didática está organizada em quatro módulos. Os módulos I e II apresentam a linguagem de programação VBA (*Visual Basic Application*) e exploram as principais funções da planilha *Excel*, onde o autor procura mostrar aos alunos como é possível escrever uma rotina de programação com a utilização da macro do VBA.

Nos módulos III e IV são explorados experimentos que envolvem a aquisição de dados de tempo para o estudo do período, frequência e amplitude de oscilação do movimento em um pêndulo simples e de um sistema massa mola, com o uso de sensores de luz LDR (*Light Dependent Resistor*) conectados a uma das entradas analógicas (entrada B5).

De acordo com Figueira (2005), “os alunos trabalharam sempre motivados e com muita interatividade, o que representou um fator positivo na aprendizagem, refletindo uma mudança de atitude em relação às aulas tradicionais” (p. 49).

Outra aplicação da porta de jogos para aquisição de dados é descrita por Figueira, Veit (2004) para o estudo do movimento de pião, envolvendo a lei da

conservação de momento angular. A aquisição dos dados experimentais é feita com uso da planilha *Excel* e macros escritas em *Visual Basic*.

Todos os trabalhos citados descrevem o uso da porta de jogos para aquisição de dados uma vez que, até a década passada, boa parte dos computadores pessoais possuíam a entrada (DB15) para envio e recebimento de dados de periféricos, tais como *mouse*, impressora e *joystick*. Com o desenvolvimento tecnológico, estas portas foram gradualmente substituídas pelos atuais conectores USB (*Universal Serial Bus*), que são mais rápidos para transferência de dados. Nosso projeto utilizou a entrada USB do computador.

Sias (2006) descreve um conjunto de atividades experimentais para o ensino de física térmica no ensino médio utilizando o dispositivo CBL (*Calculator Based Laboratory*) para aquisição de dados. As atividades de laboratório foram implementadas em duas turmas do primeiro ano do ensino médio do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas /CEFET/RS e exploraram os conceitos de temperatura, energia interna, mudança de estado físico e pressão de vapor.

A aquisição automática de dados utilizando sensores de temperatura e pressão acoplados a dispositivos do tipo CBL, que é um modelo de calculadora gráfica produzida pela *Texas Instruments*, permite que gráficos com dados experimentais sejam visualizados em tempo real pelos alunos durante a realização das atividades.

Diferente de nossa proposta, podemos observar que o dispositivo CBL para fazer a aquisição automática de dados em laboratórios didáticos de física embora seja muito prático para uso em sala de aula, não é um Recurso Educacional Aberto (REA) e desta forma o usuário limita-se a usar os recursos que o *software* e o *hardware* oferece.

Soares e Borges (2010) descrevem a aplicação da aquisição automática de dados temporais de descida de uma bolinha dentro de um cano de PVC em um experimento de cinemática. Neste trabalho são utilizados dois pares de fototransistores do tipo LDR (*Light Dependent Resistor*) conectados com o pino 5 V da porta de jogos (DB15) e um programa escrito na linguagem de programação LOGO. Os dados do experimento são armazenados no formato XLS, permitindo que o usuário, utilizando do *software Excel*, faça a leitura e interpretação gráfica.

O projeto foi aplicado em uma escola pública rural do estado do Rio de Janeiro e, de acordo com o autor, a atividade proporcionou um ambiente de estímulo e motivação dos alunos na discussão do experimento realizado por Galileu Galilei com o plano inclinado.

Levando em consideração que os computadores atuais utilizam cada vez mais a porta USB, devido a sua alta taxa de transferência de dados, e já não apresentam mais a conexão (DB15), Cavalcante, Bonizzia, Gomes (2008) desenvolveram um sistema de aquisição de dados que utiliza a entrada de microfone da *placa de som do computador* como interface para medir intervalos de tempo em experimentos de mecânica.

Em seu trabalho, são apresentadas duas propostas de experimentos: determinação da aceleração de queda dos corpos no ar e verificação da lei da conservação de momento linear, utilizando fototransistores conectados diretamente a entrada do microfone. A coleta de dados gerados pelo bloqueio e desbloqueio de luz nos fotossensores são realizadas através do programa *Cool Edit*, disponível na Internet em versões *freeware* e *shareware*.

Ainda em relação ao uso da placa de som em experimentos de Física, Cavalcante, Bonizzia, Gomes (2009) propôs a utilização do *software Audacity* para estudo do lançamento horizontal e determinação da aceleração gravitacional local. Neste experimento o fototransistor é conectado diretamente a entrada do microfone do PC, sendo responsável por enviar um sinal alto/baixo ao *software* quando ocorrer um bloqueio e desbloqueio de luz no fototransistor, permitindo desta forma determinar o intervalo de tempo.

Em nosso trabalho, além de podermos determinar o valor da aceleração de queda dos corpos no ar, também é possível visualizarmos os gráficos em tempo real para a posição, velocidade e aceleração em função do tempo, o que torna o experimento muito didático para o ensino de física, visto que o aluno observa e analisa graficamente o movimento.

Outro aspecto importante em nosso projeto, diz respeito ao uso de *software* na linguagem de programação *Python* para interpretação e análise gráfica dos dados. Este *software* desenvolvido como o interpretador é livre e é acompanhado de um conjunto de bibliotecas que possibilita a criação de diversos formatos de

gráficos.

2.2 Aquisição automática de dados utilizando a placa Arduino-UNO

Assim como em nossa proposta de ensino, que utiliza a plataforma Arduino para fazer a aquisição de dados, encontramos na literatura, diversas publicações relacionadas com o tema proposto. Nesta seção serão apresentados alguns trabalhos que utilizam esta plataforma para fazer a aquisição automática de dados.

A placa Arduino-UNO⁷ (Figura 1) é uma plataforma *open source* que usa *hardware aberto e software* livre e pode ser conectada com um computador através de uma porta USB. A placa Arduino-UNO permite que o professor crie pequenas rotinas de programação, que tornam possível a aquisição automática de dados, possibilitando medidas de grandezas físicas como: tempo, temperatura, corrente elétrica, tensão etc. (SOUZA et al., 2011).

Além das vantagens do uso da placa Arduino-UNO apresentadas anteriormente, podemos mencionar ainda que o *software* e seu código fonte são distribuídos mediante licenças livres como GPL⁸ (IDE), LGPL (bibliotecas), *Creative Commons* (documentação do *hardware*), e estão disponíveis para múltiplas plataformas (BEZERRA Jr. et al., 2009).

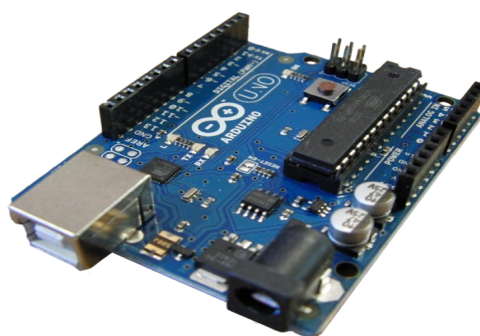


Figura 1: Placa Arduino-UNO

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>
(acesso em 08/06/2015)

Embora muitos professores de Física do ensino médio conheçam *softwares* e

⁷ <http://www.arduino.cc/>

⁸ General Public License

materiais desenvolvidos por empresas da área de projetos para laboratórios didáticos para o ensino de Física, não é frequente o uso destas interfaces para a coleta de dados nas escolas da rede pública brasileira devido ao seu alto custo (CAVALCANTE; BONIZZIA, GOMES, 2009).

Neste sentido o uso da placa Arduino-UNO, que é uma plataforma de modelagem eletrônica de *hardware* aberto de baixo custo, permite que projetos sejam criados por professores, alunos ou qualquer outra pessoa interessada no projeto.

BEZERRA Jr. et al. (2009), descreve dois experimentos que foram desenvolvidos no laboratório didático da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para o uso e divulgação de tecnologias livres para o ensino de Física. Nesse trabalho é utilizada a versão da plataforma Arduino denominada Diecimila e um programa desenvolvido na linguagem *Processing*⁹ para visualização gráfica dos dados.

Em um dos experimentos, são utilizados LEDs e fotodiodos montados sobre um trilho de ar e conectados a placa Arduino Diecimila que funcionam como sensores de movimento de modo que, cada vez que um corpo móvel deslizando sobre o trilho de ar interrompe a passagem de luz entre o emissor e receptor, um sinal é enviado para iniciar ou parar um programa contador que determina os intervalos de tempo. Os dados são analisados e visualizados em um ambiente gráfico desenvolvido em *Processing*.

O outro experimento desenvolvido, permite medir a frequência de ondas estacionárias geradas em uma corda oscilante. O sistema de aquisição de dados é composto por dois LEDs infravermelhos, um emissor e outro receptor que são conectados a placa Arduino. Nesse projeto, as informações sobre a tensão mecânica, densidade e comprimento da corda podem ser digitadas e um programa escrito na linguagem *Processing* apresenta as imagens referentes às ondas estacionárias que estão sendo geradas.

No trabalho de Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) é mostrado uma aplicação da plataforma Arduino Duemilanove em um experimento de carga e descarga de capacitores em um circuito RC série. Neste experimento foi utilizado

9 <https://processing.org/>

software livre *SciDAVis*¹⁰ e a linguagem de programação *Processing* para visualizar os gráficos de carga e descarga do capacitor em tempo real.

A proposta de didática apresentada pelos autores descreve três tipos de montagens experimentais utilizando a plataforma Arduino Duemilanove e mostra o respectivo código fonte para cada experimento, possibilitando um estudo detalhado da evolução da corrente ao longo do tempo neste tipo de circuito.

Outra aplicação bastante interessante é mostrada por Souza et al. (2011) o qual descreve a aplicação da placa Arduino *Freeduino*¹¹ na coleta de dados de um modelo de oscilador amortecido, onde é possível determinar a frequência de oscilação de uma régua plástica em torno de um ponto, após sofrer a ação de uma força externa. Este experimento permite que o aluno conheça alguns parâmetros importantes no processo de oscilação de um corpo.

Neste artigo os autores também apresentam um exemplo de aplicação da placa Arduino *Freeduino* no estudo da transferência radiativa de energia, onde são usados dois termistores do tipo NTC (*Negative Temperature Coefficient*) colados em duas placas metálicas de cores diferentes, às quais recebem radiação térmica de uma fonte (lâmpada de 150 W), obtendo desta forma gráficos de variação da temperatura ao longo do tempo para cada uma das placas. Para a leitura dos valores escritos na porta serial da placa Arduino *Freeduino*, o autor utilizou o *software Liberty Basic* para compilar o código de programação.

Outro trabalho que também utilizou a placa Arduino Duemilanove para aquisição de dados experimentais é descrito por Cavalcante (2013). Nesse projeto a autora reproduz o experimento do Tubo de Kundt para estudo do fenômeno de ressonância em ondas mecânicas estacionárias. Nesta montagem, ondas de diferentes frequências produzidas na saída de som do computador são geradas no interior do tubo por um alto-falante acoplado em uma de suas extremidades e, um microfone de eletreto introduzido no interior do tubo e ligado a um circuito amplificador, envia o sinal analógico da intensidade sonora para a placa Arduino. A visualização da intensidade das ondas sonoras é feita em tempo real utilizando-se o *software Simplot* e o espectro das frequências do som produzido no interior do tubo

10 <http://scidavis.sourceforge.net/>

11 A placa Arduino por ser um *hardware* aberto possibilita que sejam criadas diversas versões. A placa Arduino *Freeduino* é uma das versões genéricas da placa Arduino.

é visualizado através do *software Processing*.

O uso da plataforma Arduino para estudo dos circuitos elétricos em regime de corrente alternada é descrito por Neto (2013). A proposta de ensino teve como objetivo investigar as dificuldades encontradas pelos alunos no estudo deste tipo de circuito, após terem cursado a disciplina de Física – Eletromagnetismo. O material instrucional foi aplicado em duas etapas: um estudo piloto aplicado aos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNIPAMPA, com o objetivo de testar o material didático desenvolvido e uma segunda aplicação com caráter exploratório, realizada com os alunos do curso de Física da UFRGS, com o objetivo de identificar dificuldades de aprendizagem associados a este tipo de circuito.

Neste projeto, o autor utilizou a placa Arduino modelo Duemilanove e um *Shield* desenvolvido para a medição de tensão negativa sobre a placa. Os valores de tensão sobre os elementos presentes nos circuitos RC, RL e RLC foram visualizados no computador em tempo real pelos alunos na forma de gráficos, através de uma interface gráfica desenvolvida na linguagem *Python*¹².

De acordo com Neto (2013) “a linguagem *Python* foi escolhida porque há uma grande quantidade de bibliotecas numéricas e científicas livres disponíveis para uso e apresenta uma série de comandos, presentes na interface gráfica, que permitem ao usuário executar a placa Arduino” (p. 33).

Considerando o exposto pelos autores citados, conclui-se que é fundamental que educadores e estudantes tenham acesso ao *hardware* e ao *software* utilizado na aquisição de dados, o que permite que a interface possa ser desenvolvida de acordo com a necessidade de cada experimento, e não ao contrário, caso fosse utilizada uma interface proprietária.

A placa Arduino-UNO utiliza uma interface muito prática para a aquisição de dados, sendo usada para controle de vários dispositivos de laboratórios. Por ser uma placa de *hardware open source* e difundida em todo mundo, é utilizada por várias comunidades de ensino e pesquisa, pois possibilita a troca de experiências e elaboração de projetos colaborativos que são publicados em *blogs* e *sites*.

Essa troca de experiências e elaboração de projetos colaborativos é viabilizada pela utilização de ferramentas abertas para o desenvolvimento de

12 <https://www.python.org/>

aplicações com licenciamento permissivo, que permitem a reutilização, adaptação e distribuição de modificações dos projetos. Exemplo: os diagramas elétricos do Arduino são licenciados *Creative Commons* Atribuição – Compartilha Igual, enquanto o *software* é licenciado pelas licenças GNU GPL e LGPL¹³.

A placa Arduino-UNO é uma plataforma *open source* que usa *hardware aberto* e *software* livre que faz parte de um conjunto de REA, que estão sob domínio público ou que estão licenciados de maneira aberta.

O uso de Recursos Educacionais Abertos (REA) vêm abrindo novas possibilidades para a produção e disseminação de conhecimento e proporcionando inovações em diferentes áreas de ensino. É possível encontrar diversos repositórios de REA na *WEB* possibilitando amplo acesso aos materiais de aprendizagem e tecnologias para aprendizagem colaborativa. Além de serem gratuitos, os REA podem ser editados e recriados por diversos membros de uma comunidade, o que agrega qualidade ao material, pois ele é revisado e atualizado diversas vezes.

No Capítulo 3 desta dissertação procuramos descrever o significado do termo REA apresentando os diferentes tipos de licenças que estes recursos utilizam e suas respectivas permissões.

¹³ GNU GPL e LPGL: designação de licenças para softwares livres usadas no projeto GNU da FSF (Free Software Foundation) criadas em 1989. Permite que os softwares sejam distribuídos e modificados pelo usuário de acordo com a sua necessidade.

3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso de tecnologias livre e abertas em projetos desenvolvidos na área da educação permite que estudantes participem de forma ativa do processo educacional e professores tenham mais autonomia na sua aplicação, uma vez que fazem parte de um modelo colaborativo de produção intelectual, onde erros são corrigidos à medida que ocorrem não sendo impostas restrições técnicas e jurídicas que impeçam a criação de trabalhos derivados.

Nesse sentido, entendemos que o uso de Recursos Educacionais Abertos (REA) no desenvolvimento de projetos educacionais, tornam o material instrucional potencialmente significativo, conceito central da teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel o qual adotamos como referencial teórico deste trabalho.

3.1 Recursos Educacionais Abertos

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), o termo REA, criado no Fórum de 2002, faz referência a todos os bens educacionais pertencentes a humanidade (UNESCO, 2012). Segundo a UNESCO (2012, p. 1), a REA é definida como,

“os materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições. O licenciamento aberto é construído no âmbito da estrutura existente dos direitos de propriedade intelectual, tais como se encontram definidos por convenções internacionais pertinentes, e respeita a autoria da obra”.

O REA é focado em dois princípios: licenças de uso (que são baseadas e reguladas pela Lei de Direito Autoral e pelo Código Civil) e abertura técnica no sentido de utilizar formatos e recursos que são fáceis de abrir e modificar qualquer *software*. Neste sentido os REA devem primar pelo que chamamos de “interoperabilidade” técnica legal para facilitar o seu uso e reuso (EDUCAÇÃO ABERTA, 2011).

Atualmente existem diversos tipos de licenças que regulam o uso de

softwares, *hardwares* e conteúdos em geral, como: textos, planilhas de cálculos, imagens, vídeos, fotos e músicas.

Neste trabalho o conteúdo de todo o material instrucional desenvolvido está disponível de acordo com a definição de conhecimento aberto, *software* livre e *hardware* aberto a fim de que possa ser utilizado livremente, copiado, distribuído, estudado e adaptado às condições e interesses de professores e usuários a qualquer momento.

Apresentamos uma descrição das licenças que potencializam a disseminação deste material instrucional.

Software livre¹⁴: designam-se por *software* livre aquele em que os usuários são livres para executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o *software*.

A fim de garantir que sejam satisfeitas as quatro liberdades, é necessário que o programa seja distribuído acompanhado do seu código-fonte e que não sejam colocadas restrições para que os usuários alterem e redistribuam esse código.

Existem diversos tipos de licenças para *softwares* livres, sendo a mais utilizada e conhecida a GPL (General Public Licence) no âmbito do projeto GNU, criada por Richard Stallman, fundador da FSF (*Free Software Foundation*¹⁵). As licenças LGPL se referem a licença de algumas bibliotecas utilizadas nos softwares.

Em nosso trabalho, utilizamos a plataforma Arduino-UNO, que possui o código fonte para o IDE e a biblioteca de funções da placa disponibilizadas sob a licença GPL v2, e o software *Python*, que possui uma licença livre aprovada pela OSI (*Open Source Initiative*¹⁶) e compatível com a GPL.

Creative Commons¹⁷: as licenças *Creative Commons* foram idealizadas para dar permissão e restrição a distribuição de conteúdos culturais em geral (textos, músicas, imagens, filmes e outros), para que estes possam ser disponibilizados a todos os usuários de acordo com a atribuição do seu autor.

A organização não governamental *Creative Commons*, fundada em 2002 por Lawrence Lessig, criou seis licenças de uso regular que garantem os direitos de execução, reprodução e distribuição de obras de acordo com a seleção de quatro condições: créditos ao autor da obra, uso não comercial, não permissão de obras

14 <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>

15 http://pt.wikipedia.org/wiki/Free_Software_Foundation

16 http://pt.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Initiative

17 http://pt.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons

derivadas e compartilhamento pela mesma licença.

Em nosso trabalho todos os Guias Pedagógicos e de Atividades (Apêndices D e E) possuem licenças *Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual* (CC BY-SA 4.0) permitindo que os usuários distribuam, adaptem ou criem obras derivadas, mesmo que para uso comercial, contanto que o crédito seja atribuído ao autor e que todas as obras derivadas sejam licenciadas sobre os mesmos termos.

Os vídeos desenvolvidos para auxiliar a montagem do equipamento (Apêndice F) estão licenciados por *Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual* (CC BY-NC-SA).

Hardware aberto: em nosso trabalho utilizamos a *Licença de Hardware Aberto do CERN*¹⁸ para distribuir os três modelos de *Shield* desenvolvidos para a aquisição de dados. Esta licença permite ao usuário ter acesso à documentação, ou seja, aos desenhos do *hardware*, diagramas esquemáticos, circuitos, leiaute de placas de circuito, fluxogramas do projeto e outros materiais explicativos. O usuário poderá ter acesso a este material consultando o apêndice A desta dissertação ou acessando no site do CTA / UFRGS.¹⁹

Esta licença foi lançada em 2011 no CERN²⁰, tendo sua última versão publicada em 2013. Tem como objetivo governar o uso, cópia, modificação e distribuição de documentação de desenhos de hardware.

Acreditamos que o uso de REA contribui para que professores possam repensar a sua prática em sala de aula, atualizar conceitos e trocar experiências. Dessa forma, atribuímos licenças permissivas a todo o material instrucional desenvolvido neste trabalho a fim de que professores, pesquisadores, estudantes e demais membros da sociedade possam usar, estudar, modificar e compartilhar livremente todo o seu conteúdo, de acordo com suas respectivas licenças de uso.

3.2 Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel

O conceito central da teoria de David Ausubel é o de *aprendizagem significativa*, definida como um processo por meio do qual uma nova informação

18 http://cta.if.ufrgs.br/projects/suporte-cta/wiki/Licen%C3%A7a_de_Hardware_Aberto_do_CERN

19 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

20 <http://home.web.cern.ch/>

relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo de maneira não-arbitrária e não literal, ou seja, a nova informação é assimilada através da interação com os conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* (MOREIRA; MASINI, 1982).

Os subsunçores são de extrema importância para que ocorra a aprendizagem significativa, pois servem de ancoradouro a novas ideias e conceitos. Quando o indivíduo se depara com um conteúdo novo, em uma área de conhecimento desconhecida para ele, inicialmente ocorrerá um processo de *aprendizagem mecânica*, no qual as novas informações pouco se associam com os conceitos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo até a hora em que alguns elementos do conhecimento possam servir de subsunçores. Inicia-se aí a aprendizagem significativa. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa, os subsunçores vão tornando-se cada vez mais elaborados e o indivíduo consegue assimilar novas informações.

Neste material instrucional foram utilizados vídeos que procuram relacionar o conteúdo teórico trabalhado em cada uma das aulas, com aspectos do cotidiano do aluno, como por exemplo a determinação da velocidade média de diferentes meios de transportes que eles costumam utilizar, tais como ônibus, carros e trens. O objetivo é criar um ambiente motivador que desperte no aluno interesse em investigar situações reais podendo interpretá-las de forma correta do ponto de vista da ciência.

A aprendizagem significativa, segundo a teoria de David Ausubel depende de duas condições:

- O material a ser ensinado ao aprendiz deverá ser potencialmente significativo, para isto, deve ter significado lógico tal que o indivíduo tenha conceitos que possam ser relacionáveis, de forma substantiva e não-arbitrária, com o conhecimento a ser aprendido, ou seja, se o material exibe um caráter suficientemente não arbitrário e não aleatório é porque existe uma base adequada para relacioná-lo aos tipos de ideias correspondentemente relevantes que os seres humano são capazes de aprender (AUSUBEL, 1980).

A proposta de análise e discussão do vídeo que descreve o salto do

paraquedista austríaco Félix Baumgartner, acompanhada da atividade experimental elaborada para o estudo do movimento uniforme, é um exemplo de material potencialmente significativo presente neste trabalho. Nessa atividade o aluno é desafiado a descrever graficamente o movimento descrito por uma esfera ao ser solta em um recipiente contendo água. Observamos aqui, que a atividade experimental procura trabalhar conceitos mais específicos os quais requerem um nível mais elevado de abstração e compreensão do conteúdo, como por exemplo: a formatação do gráfico de posição em função do tempo e o ponto de referência utilizado para o lançamento da esfera no líquido.

- O indivíduo deve manifestar disposição em relacionar a nova informação de forma substantiva e não-arbitrária à sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1980).

Na elaboração do material procuramos partir de uma ideia mais geral e inclusiva que possibilitasse ao aluno relacionar conceitos-chaves e, então, progressivamente diferenciá-los.

Segundo Ausubel o cérebro humano forma uma hierarquia conceitual onde conceitos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais e portanto mais inclusivos definindo a *estrutura cognitiva* do sujeito (MOREIRA, 2011).

Conforme Moreira, Masini (1982), uma outra forma para a formação de conceitos que ocorre na criança é através da generalização de instâncias específicas por meio de experiência empírico concreta na idade pré-escolar. A partir desta idade a formação de novos conceitos ocorrerá no indivíduo através de *assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa*.

Durante o processo de aprendizagem significativa, conceitos são elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, desta forma o conteúdo elaborado pelo professor deve proporcionar a *diferenciação progressiva e reconciliação integrativa*. Sendo assim, é necessário que o professor organize seu conteúdo obedecendo dois princípios:

I. Diferenciação progressiva: é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes, e progressivamente diferenciadas (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 21).

No presente trabalho desenvolvemos Guias de Atividade onde as ideias mais gerais foram inicialmente apresentadas pelo professor e os alunos, através de atividades realizadas em grupos, exploram ideias mais específicas que envolvem uma atividade experimental realizada em sala de aula.

Conforme será descrito em maiores detalhes no Capítulo 4, utilizamos a metodologia P. I. E. para a realização das atividades experimentais de modo a incentivar os alunos a discutirem e fazerem previsões sobre o comportamento das grandezas físicas que fazem parte do experimento observado, elaborando e testando suas próprias hipóteses na tentativa de explicar e justificar as questões. Durante este processo procuramos promover a diferenciação progressiva dos conceitos, onde os conceitos mais gerais são progressivamente diferenciados em termos de detalhes e especificidade do experimento realizado.

Observamos a atividade proposta para o ensino do conceito de velocidade média. Nesta atividade os alunos inicialmente assistem um vídeo no qual o corredor recordista jamaicano Usain Bolt conquista em 2009 a marca de 9,58 s para os 100 m rasos. Após este vídeo, os alunos determinam a velocidade média do corredor e são questionados a respeito da determinação da velocidade instantânea do corredor em cada etapa da prova. Este procedimento didático oportuniza aos alunos uma diferenciação progressiva no conceito de velocidade favorecendo a associação de novos significados a este conceito.

II. Reconciliação integrativa: onde “o material instrucional deve ser elaborado para que se possa fazer uma relação entre as ideias, apontar similaridades ou diferenças significativas” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 21).

Um exemplo de reconciliação integrativa pode ser observada nas atividades experimentais que exigem que o aluno analise os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo utilizando dados experimentais. Nessa análise, o aluno é capaz de reconhecer algumas propriedades gráficas que são similares entre os diferentes gráficos, como o significado da declividade e da região abaixo da curva nos gráficos.

Todas as atividades propostas neste material instrucional foram desenvolvidas de forma que o indivíduo consiga melhor relacionar o conteúdo teórico com sua estrutura cognitiva. O uso da metodologia P.I.E. para a realização

das atividades experimentais tem por finalidade abrir espaços para a discussão de ideias, encaminhando a uma diferenciação progressiva de conceitos dentro das diferentes áreas da física.

No Capítulo 4 apresentamos o produto educacional, onde fazemos uma descrição detalhada do material didático desenvolvido para a aplicação da proposta de ensino.

4 – O PRODUTO EDUCACIONAL

Neste Capítulo apresentamos o produto educacional desenvolvido para a aquisição e interpretação de dados em experimentos de Cinemática e Dinâmica, envolvendo os conceitos de velocidade média e instantânea, velocidade limite, aceleração, movimento uniforme e uniformemente variado, aceleração gravitacional e conservação de energia mecânica.

Para a introdução de cada um desses conceitos foram elaborados Guias Pedagógicos destinados a orientar o professor em sua prática em sala de aula e Guias de Atividades que orientam a atividade experimental realizada pelos alunos.

O organograma apresentado na Figura 2, descreve as etapas que foram estabelecidas pelo autor para elaboração do conjunto de aquisição de dados. Esta organização foi muito importante para que se pudesse definir quais os recursos (*hardwares e softwares*) seriam utilizadas no projeto.

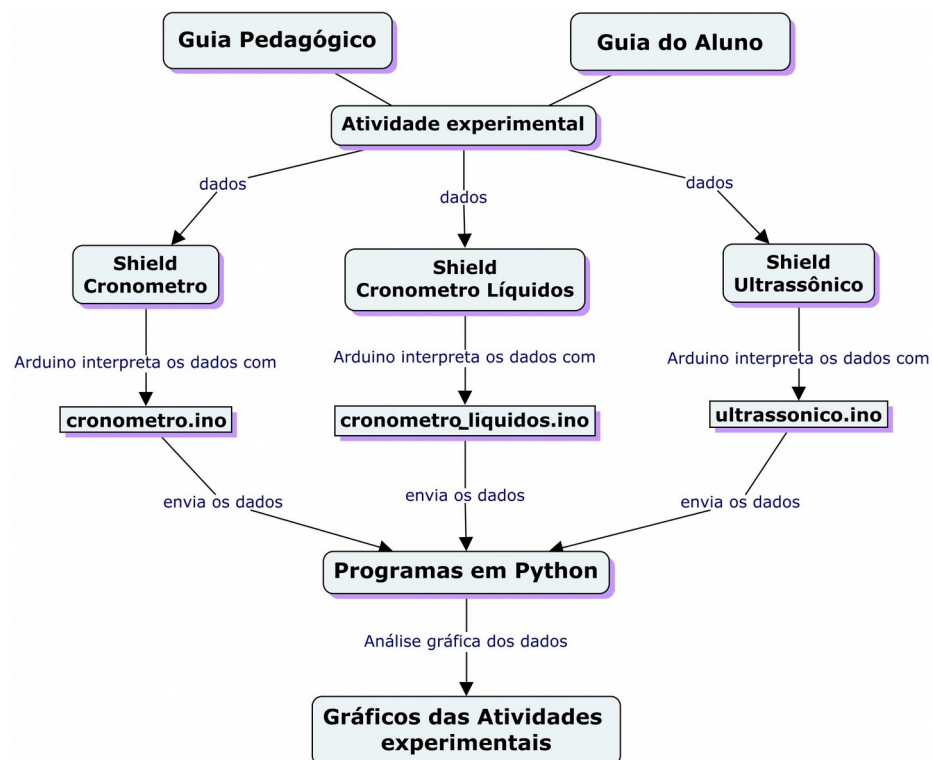


Figura 2: Planejamento do conjunto de aquisição de dados..

Para que o usuário possa utilizar de forma adequada este material e usufruir de toda a sua potencialidade, descrevemos separadamente cada um dos recursos produzidos (Tabela 3). Desta forma, acreditamos que o professor poderá compreender em detalhes a construção de todo o equipamento e sua aplicação no ensino de Física.

O produto educacional desenvolvido durante a realização deste trabalho de dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física é composto por:

- Guias Pedagógicos desenvolvidos para auxiliar os professores durante a aplicação das atividades.
- Guias de Atividades com atividades experimentais dirigidos aos alunos.
- Equipamento para a aquisição de dados temporais desenvolvido para coleta automatizada de dados, incluindo circuitos eletrônicos utilizados como interface para recebimento de dados do experimento pelo computador.
- *Softwares* desenvolvidos na linguagem C/C++ para serem executados na plataforma Arduino, utilizado para fazer a coleta dos dados.
- *Softwares* desenvolvidos na linguagem *Python* para fazer representações gráficas dos dados coletados na tela do computador.
- Vídeo-tutoriais descrevendo a montagem do equipamento para o professor.

4.1 Guias Pedagógicos e Guias de Atividades

Os Guias Pedagógicos foram elaborados com o objetivo de dar suporte ao professor durante a aplicação da proposta didática. Em cada guia estão descritos o objetivo, material utilizado, questionários com a metodologia P.I.E. e instruções para o uso do equipamento de aquisição de dados em cada uma das atividades.

As tarefas propostas nos guias procuram levar o aluno a refletir sobre a atividade experimental, ultrapassando o pensamento empirista simplista da resposta única e correta, fazendo da atividade investigativa um instrumento de aprendizagem.

A Tabela 1 apresenta sinteticamente os objetivos de aprendizagem esperados para esta unidade de ensino.

Tabela 1: Objetivos de aprendizagem propostos para a unidade de ensino.

Ao final desta unidade de ensino o aluno deverá ser capaz de:
Velocidade Média e Velocidade Instantânea
<ul style="list-style-type: none"> diferenciar os conceitos de velocidade média, instantânea, inicial e final. representar graficamente a velocidade em função do tempo. reconhecer a grandeza física associada à declividade de um gráfico de velocidade em função do tempo.
Movimento Uniforme
<ul style="list-style-type: none"> representar graficamente a velocidade em função do tempo utilizando diferentes posições para a origem do referencial. reconhecer a grandeza física associada a região abaixo do gráfico de velocidade em função do tempo. explicar o termo “velocidade limite”.
Movimento Uniformemente Variado
<ul style="list-style-type: none"> explicar o conceito de aceleração média. reconhecer a função horária da velocidade. representar graficamente a aceleração em função do tempo.
Movimento Uniformemente Variado
<ul style="list-style-type: none"> representar graficamente a posição em função do tempo. avaliar os efeitos da velocidade inicial no gráfico de posição em função do tempo. reconhecer a função horária da posição em função do tempo.
Movimento Uniformemente Variado
<ul style="list-style-type: none"> reconhecer a grandeza física associada a declividade de um gráfico de posição em função do tempo. descrever o movimento de um corpo através da interpretação do gráfico de posição em função do tempo.
Aceleração de Queda Livre
<ul style="list-style-type: none"> diferenciar o conceito de queda livre e não livre de um corpo. explicar o conceito de aceleração gravitacional local.
Conservação de Energia
<ul style="list-style-type: none"> diferenciar forças conservativas e forças dissipativas. explicar e diferenciar os conceitos de energia cinética e potencial gravitacional. representar graficamente a posição em função do tempo em um movimento de queda livre utilizando diferentes posições para a origem do referencial. enunciar a Lei da Conservação de Energia e exemplificar suas aplicações.

Os Guias são caracterizados pela presença de situações problemas que favorecem os alunos a explorar e testar ideias, sendo-lhes dada a oportunidade para discutirem em grupo e compararem pontos de vista, exercitando o pensamento crítico. Para alcançar tais objetivos elaborou-se questões cujas respostas poderiam ser comparadas com os resultados obtidos após a realização das atividades práticas, o que caracteriza a metodologia P.I.E. (Predizer, Interagir e Explicar).

Para ilustrar essa metodologia, usamos como exemplo a atividade

experimental sugerida na Aula 4 para o estudo do movimento uniformemente variado, onde os alunos inicialmente Predizem, ou seja, fazem o esboço do gráfico de posição em função do tempo para o movimento de descida de um carrinho sobre um plano inclinado em duas situações diferentes: quando o carrinho é “solto” muito próximo ao primeiro sensor do plano inclinado (origem do referencial) e quando “solto” a 10 cm desse sensor. Após, os alunos Interagem com o experimento e visualizam o gráfico em tempo real observando se a descrição gráfica apresentada está correta. Finalmente, o aluno é instigado a avaliar a resposta dada no guia, Explicando possíveis divergências entre o que ele previu e os resultados apresentados graficamente pelo *software*.

Nesse exemplo citado observa-se que o vínculo entre a teoria e a prática é reforçado pelo uso da metodologia P.I.E. nas atividades o que torna o material instrucional potencialmente significativo. O professor poderá ter acesso a este material consultando os Apêndices D e E desta dissertação.

4.2 Equipamento de aquisição de dados

Em nosso trabalho utilizamos dois tipos de equipamentos para fazer a aquisição automática de dados. Esses equipamentos são conectados a um circuito (*Shield*) por meio de cabos os quais enviam sinais para a placa Arduino-UNO. Esses sinais são processados por um programa instalado nessa placa que geram dados temporais e os enviam para o computador pela conexão USB para finalmente serem visualizados em tempo real em uma interface gráfica desenvolvida na linguagem *Python*.

4.2.1 Equipamento 1: sensores ópticos-suporte-barra roscada

O equipamento descrito na Figura 3 é constituído por seis conjuntos de sensores ópticos formados por um circuito emissor-receptor infravermelho que identifica a passagem de objetos entre os sensores. Estes sensores estão encaixados nas extremidades dos suportes em forma de “U” e conectados ao *Shield* por meio de cabos com conexão USB.

Neste equipamento, os suportes dos sensores estão afastados 15 cm um do outro, medida esta utilizada nos programas desenvolvidos em *Python* que são usados para a visualização gráfica dos dados deste equipamento. Caso o professor utilize outra medida para a distância entre os sensores, deverá atualizar a lista de posições dos sensores nesses programas.

Esse equipamento é utilizado para fazer a aquisição de dados de tempo para o estudo do movimento uniformemente variado descrito por um “carrinho de ferro” sobre um plano inclinado. O trilho de alumínio com 4 cm de largura e 1 m de comprimento quando encaixado no equipamento configura um plano inclinado. Se o equipamento for posicionado na vertical, sem o trilho, poderá ser utilizado para o estudo do movimento de queda de corpos e conservação de energia mecânica.

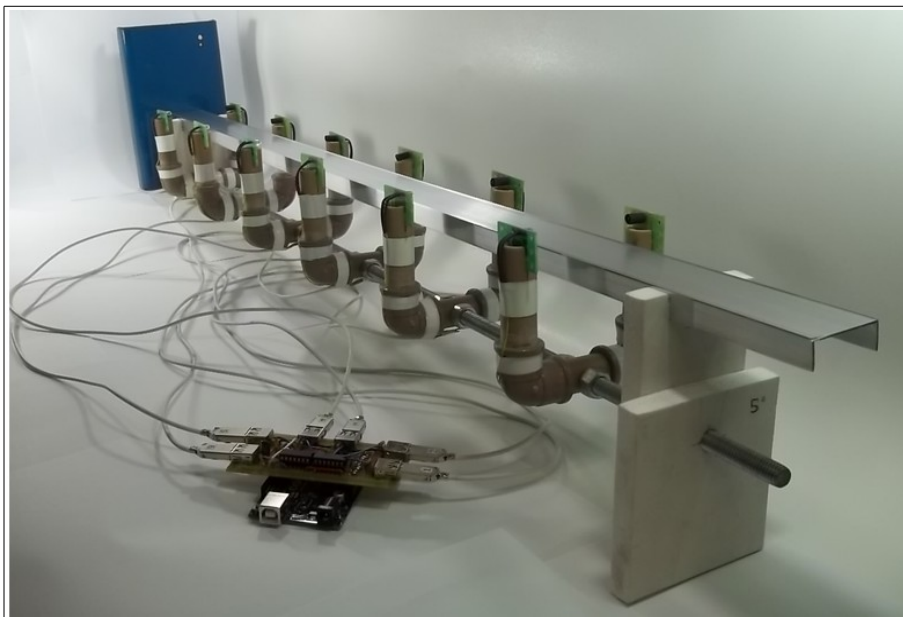


Figura 3: Equipamento 1 com os cabos e sensores ópticos em sua configuração plano inclinado.

Para a montagem dos suporte dos sensores em formato de “U”, foram utilizados canos de PVC de 20 mm de diâmetro os quais são fixados em uma barra roscada de 1 metro de comprimento e 12 mm de diâmetro que está presa a uma base de ferro.

O professor pode ter acesso a todos os detalhes do equipamento consultando o Apêndice A desta dissertação ou visualizando o Vídeo 1 no endereço:

<https://www.youtube.com/watch?v=MqWMkuF6FOw> que descreve em detalhes a montagem do suporte dos sensores incluindo as ferramentas e materiais necessários.

4.2.2 Equipamento 2: constituído por um cabo e sensor ultrassônico

O segundo equipamento desenvolvido para aquisição de dados está representado na Figura 4. É constituído por um sensor ultrassônico do tipo HC-SR04 que está preso a um trilho de alumínio com 4 cm de largura e 1 m de comprimento através de um suporte de acrílico. Este sensor está conectado ao *Shield* ultrassônico por meio de cabo com conexão USB.

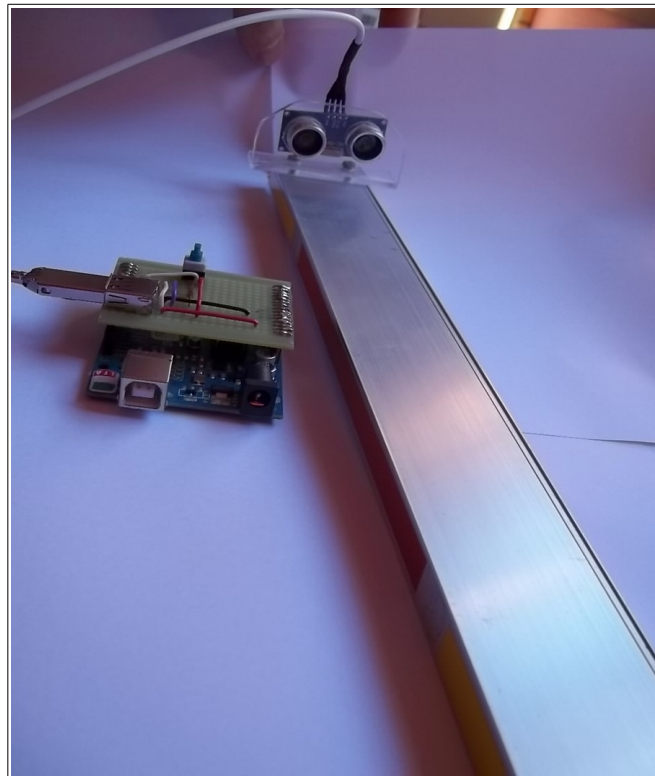


Figura 4: Sensor de distância

A função do sensor HC-SR04 é enviar dados de distância de objetos posicionados a sua frente (parados ou em movimento de aproximação ou afastamento sobre o trilho). Esses dados são interpretados pelo programa

ultrassom.ino carregado na placa Arduino e representados graficamente pelo programa *ultrassonico_posição_t_real.py.*, escrito em linguagem *Python*.

O professor poderá ter acesso a todos os detalhes do equipamento consultando o Apêndice A desta dissertação ou visualizando o Vídeo 6 no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=gqAF3DSQ_kY que descreve em detalhes a montagem do equipamento, incluindo material e ferramentas utilizadas.

4.3 Hardware – Shields

Os circuitos desenvolvidos para fazer a aquisição de dados temporais e suas implementações em *Shield* foram projetados para serem utilizados com a placa Arduino-UNO, podendo ser também utilizados com a placa Arduino-Duemilanove ou Arduino MEGA, visto que a disposição dos pinos de entrada e saída analógico e digitais dessas placas são iguais.

Nesta dissertação foram projetados três modelos de *Shield* para atender as diferentes necessidades de cada experimento. Os protótipos utilizados nesta dissertação sofreram algumas modificações no *layout* do circuito para que pudessem ser desenvolvidos com a utilização da Fresadora João-de-Barro²¹, sendo esta nova versão denominada *Shield Galileu*.

Todo o material instrucional desenvolvido neste projeto também está disponível no *site* do Centro de Tecnologia Acadêmica da UFRGS -CTA²². Neste *site*, ao acessar a aba projetos e selecionar “*Shield Galileu e Aplicações*”, o usuário poderá ter acesso aos arquivos aqui descritos, incluindo um histórico do projeto com imagens e fotos de versões anteriores destas interfaces.

4.3.1 Protótipo do *Shield Galileu Cronômetro*

O circuito representado na Figura 5, denominado “*Shield Galileu Cronômetro*” foi o primeiro *Shield* desenvolvido neste trabalho para aquisição de dados temporais. Para que este *Shield* possa se comunicar com a placa Arduino-UNO e interpretar os dados enviados pelos sensores ópticos, é necessário que esteja rodando o

21 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/fresadora-pci-joao-de-barro/wiki/Wiki>

22 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

programa *cronometro.ino* nesta placa. Para isto, o professor deverá fazer o *upload* deste programa na plataforma Arduino antes de realizar o experimento.

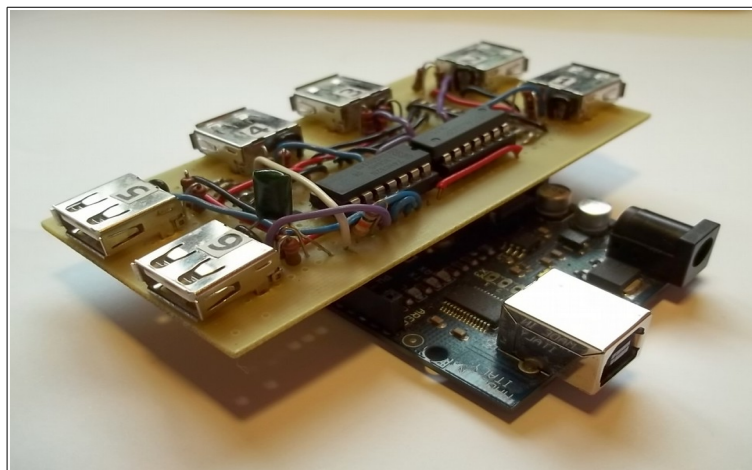


Figura 5: Protótipo do *Shield* Galileu Cronômetro construído em uma placa de circuito impresso de ilhas padrão.

O circuito elétrico deste *Shield* foi desenvolvido sobre uma placa de fenolite perfurada no tamanho de 5 cm x 10 cm e utiliza seis conectores USB para receber o sinal digital dos sensores ópticos. Sempre que um desses sensores é obstruído pela passagem de algum objeto, um sinal digital é enviado para o pino 2 da placa Arduino-UNO. Este sinal é responsável por fazer uma interrupção interna no microprocessador, desta forma o programa que roda na placa Arduino faz o registro de tempo entre cada uma das interrupções. O uso de interrupções na plataforma Arduino torna o *software* mais simples, com menor número de linhas em sua programação.

Neste circuito são usados dois circuitos integrados (CI 7432²³), que possuem internamente quatro portas lógicas “OU”, o que possibilita que o pino 2 da placa Arduino receba qualquer mudança de estado lógico ocorrida em qualquer sensor óptico que esteja conectado a uma de suas portas.

A interpretação gráfica dos dados é feita por um dos programas desenvolvidos em *Python*. Para isto é necessário que o professor utilize o programa relacionado a atividade prática proposta no Guia Pedagógico.

O professor poderá ter acesso a todos os detalhes do equipamento

23 http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/7/4/3/2/7432.shtml

consultando o Apêndice A desta dissertação ou visualizando o Vídeo 4 no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=lf4OhggIKfU>. Neste tutorial está descrito um passo a passo de montagem de todo o circuito incluindo os materiais e ferramentas utilizadas.

Na Figura 6 é apresentado o esquema do circuito *Shield Galileu Cronômetro*.

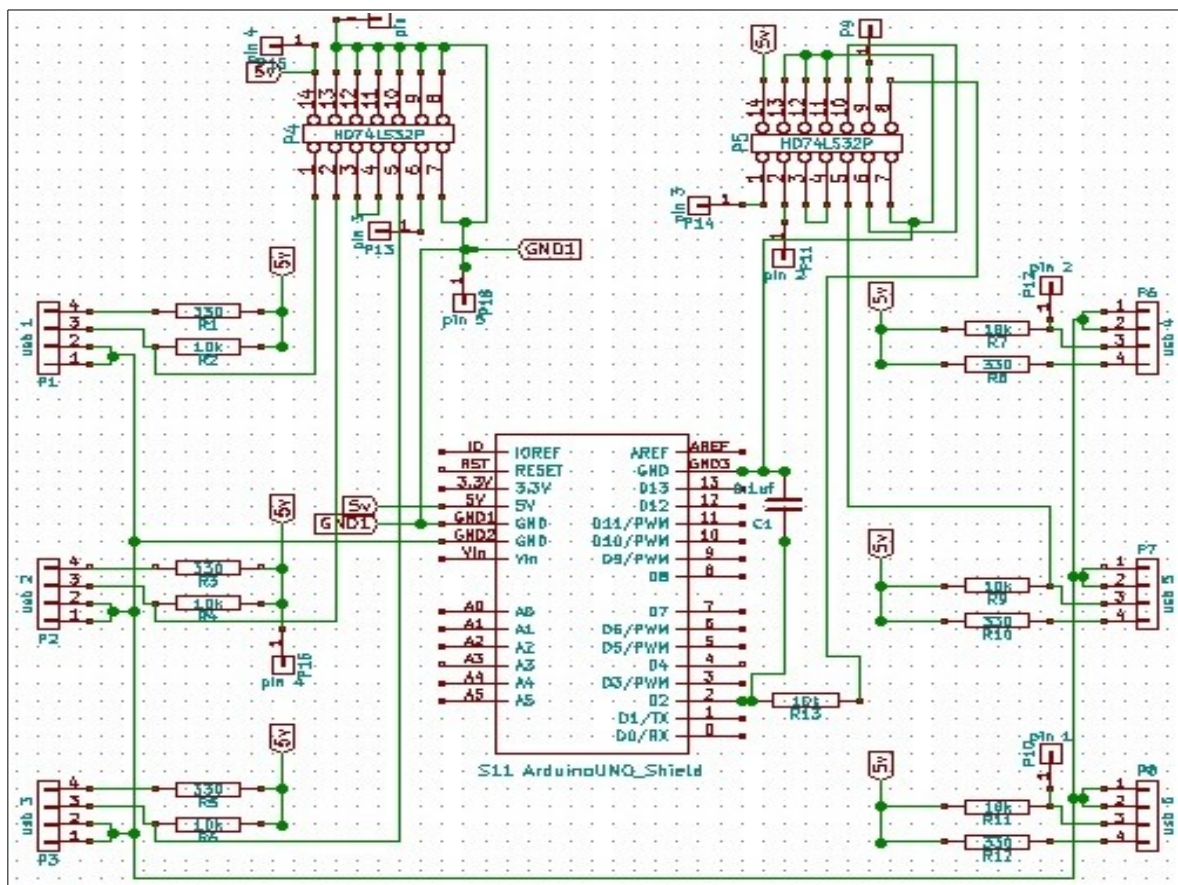


Figura 6:Esquema do circuito *Shield Galileu Cronômetro*

4.3.1.1 *Shield Galileu Cronômetro – Versão 1.0*

Na Figura 7 está representado a versão 1.0 do *Shield Galileu Cronômetro*. Esta placa foi desenvolvida para ser fabricada com a Fresadora PCI João-de-Barro, embora o usuário que não disponha deste recurso, possa fazê-la através do processo de corrosão tradicional. Nesta versão, a placa do circuito ficou um pouco maior em relação ao modelo anterior, pois os *jumpers* (fios) foram substituídos por

trilhas e os componentes foram reorganizados na placa.

Este *Shield* utiliza os mesmos programas da versão anterior, tanto para fazer a interpretação de dados como para gerar gráficos.

Interessados tem acesso a todos os esquemas elétricos deste *Shield* consultando o Apêndice A desta dissertação ou acessando no site do CTA / UFRGS.²⁴ a aba projetos e selecionar “*Shield* Galileu e Aplicações”.

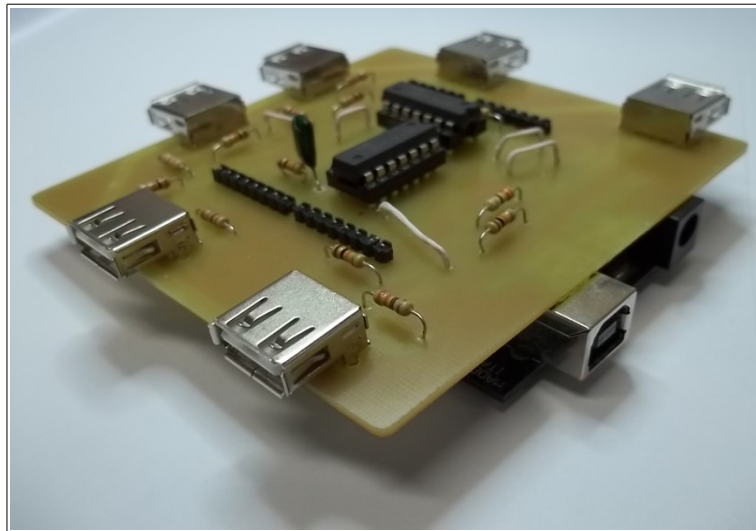


Figura 7: *Shield* Galileu Cronômetro – Versão 1.0

Na Figura 8 está representado o desenho da placa do circuito que foi utilizado para elaborar a placa na versão 1.0.

²⁴ <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

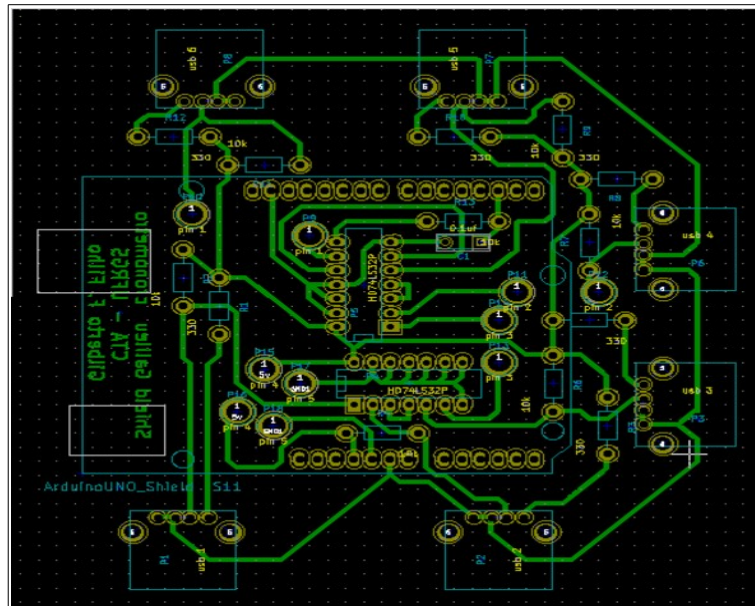


Figura 8: Desenho da placa *Shield Galileu Cronômetro* elaborado no KiCAD

Na Figura 9 esta representada a placa do circuito *Shield Galileu Cronômetro* após fresamento.

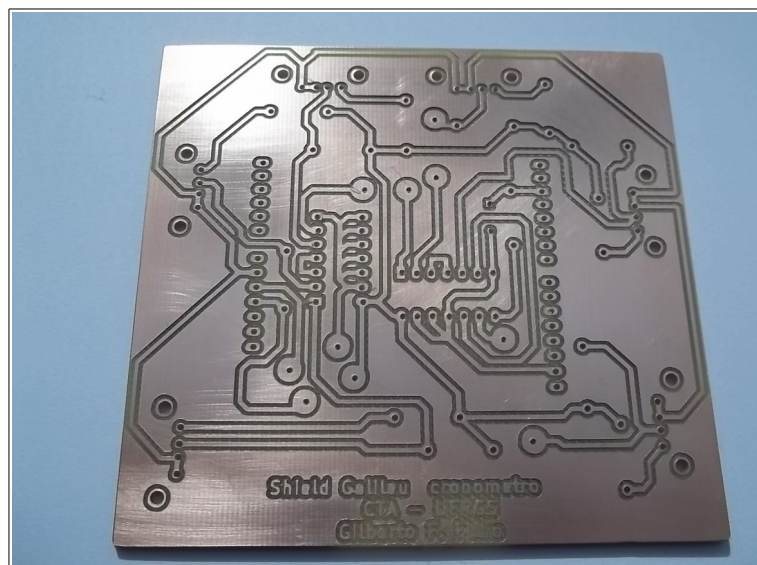


Figura 9: Placa do circuito *Shield Galileu Cronômetro* construída pela Fresadora PCI João-de-Barro

4.3.2. *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos

O *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos, representado na Figura 10 foi desenvolvido para fazer a aquisição de dados de temporais relacionados ao movimento de descida de uma esfera dentro de um tubo com água.

Neste modelo de *Shield*, a leitura de dados só é realizada se a sequência de obstrução dos sensores ópticos for igual àquela estabelecida na rotina de programação. Um laço “*while*” nessa rotina obriga que primeiro sensor seja obstruído pela passagem de algum objeto para que o segundo sensor fique habilitado a receber dados e assim sucessivamente. Dessa forma, temos a garantia de leitura de apenas um dado em cada um dos sensores ópticos, ou seja, se no experimento de descida da esfera dentro do tubo com água ocorrer oscilações da esfera ou bolhas de ar no líquido após a sua passagem pelos sensores ópticos, estas obstruções repetidas não serão registradas.

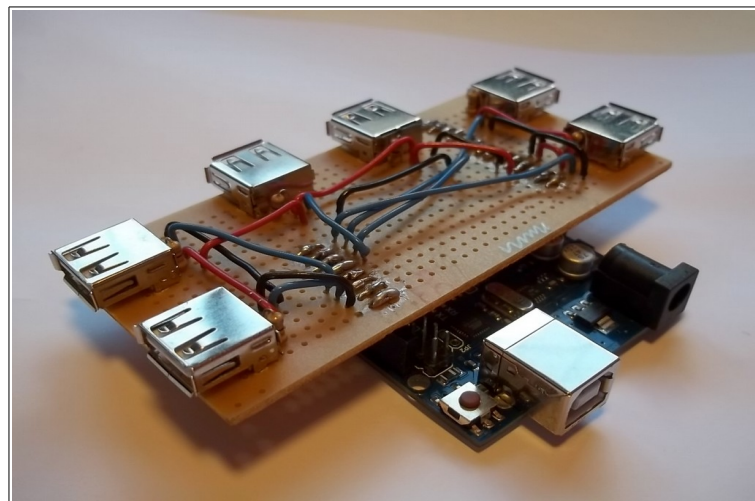


Figura 10: Protótipo do *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos

O circuito elétrico deste *Shield* foi desenvolvido sobre uma placa de fenolite perfurada no tamanho de 5 cm x 10 cm e utiliza seis conectores USB para receber o sinal digital dos sensores ópticos.

Para que este *Shield* possa se comunicar com a placa Arduino-UNO e interpretar os dados enviados pelos sensores ópticos, é necessário que o programa

cronometro liquidos.ino esteja carregado no Arduino. Para isto, o professor deverá fazer o *upload* deste programa na plataforma Arduino antes de realizar o experimento. A interpretação gráfica dos dados é feita por um dos programas desenvolvido em *Python* selecionado de acordo com a atividade de ensino descritas no Guia Pedagógico.

Neste *Shield* é necessário conectar os cabos de cada um dos sensores ópticos na entrada USB que corresponde a ordem de leitura de cada porta estabelecida no programa *cronometro liquidos.ino*.

O professor poderá ter acesso a todos os detalhes do equipamento consultando o Apêndice A desta dissertação ou visualizando o Vídeo 5 no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=fmK1hPgq-uU>. Neste tutorial está descrito um passo a passo de montagem de todo o circuito incluindo os materiais e ferramentas utilizadas.

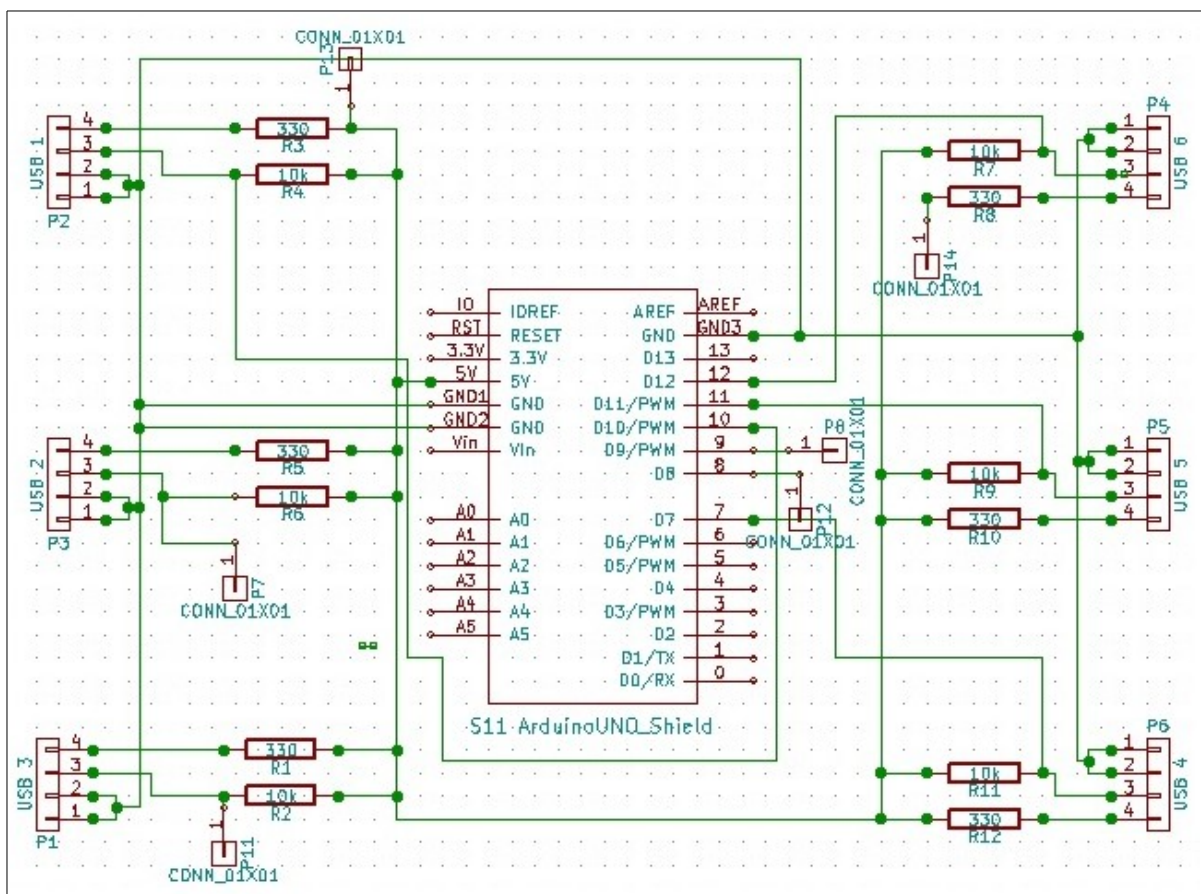


Figura 11: Esquema do circuito do *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos

Na Figura 11 está representado o esquema do circuito *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos.

4.3.2.1 *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos – Versão 1.0

Na Figura 12 está representado a versão 1.0 do *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos. Esta placa foi desenvolvida para ser fabricada com a Fresadora João-de-Barro, embora o usuário que não disponha deste recurso, possa fazê-la através do processo de corrosão.

Nesta versão, a placa do circuito ficou um pouco maior em relação ao modelo anterior, pois os *jumpers* (fios) foram substituídos por trilhas.

Este *Shield* utiliza os mesmos programas da versão anterior, tanto para fazer a interpretação de dados como para gerar gráficos.

O professor poderá ter acesso a todos os esquemas elétricos deste *Shield* consultando o Apêndice A desta dissertação ou acessando no site do CTA / UFRGS.²⁵ a aba projetos e selecionar “*Shield* Galileu e Aplicações”.

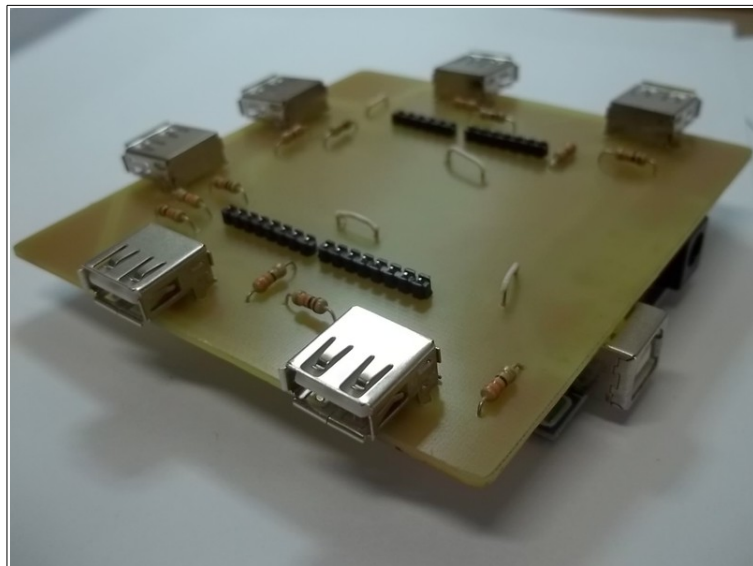


Figura 12: *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos

Na Figura 13 está representado o desenho da placa do circuito que foi

²⁵ <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

utilizado para elaborar a placa na versão 1.0.

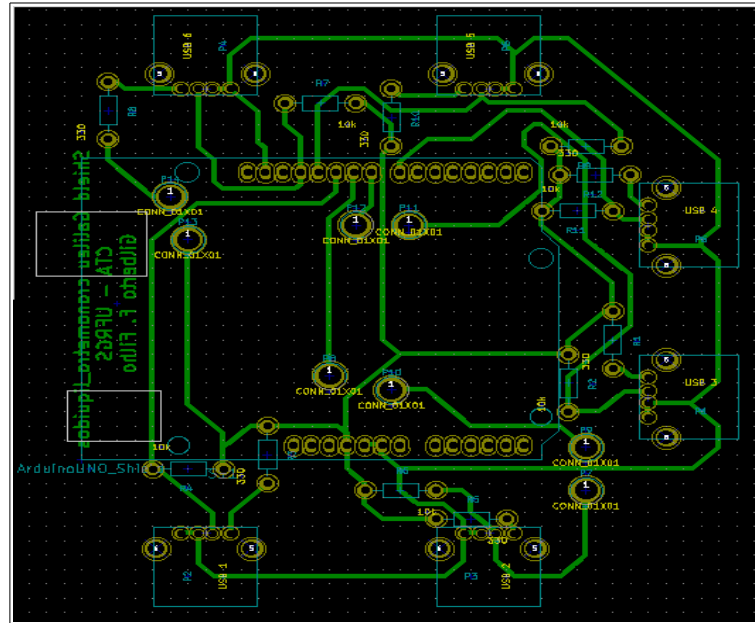


Figura 13: Desenho da placa *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos.

Na Figura 14 esta representada a placa do circuito *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos após fresamento.

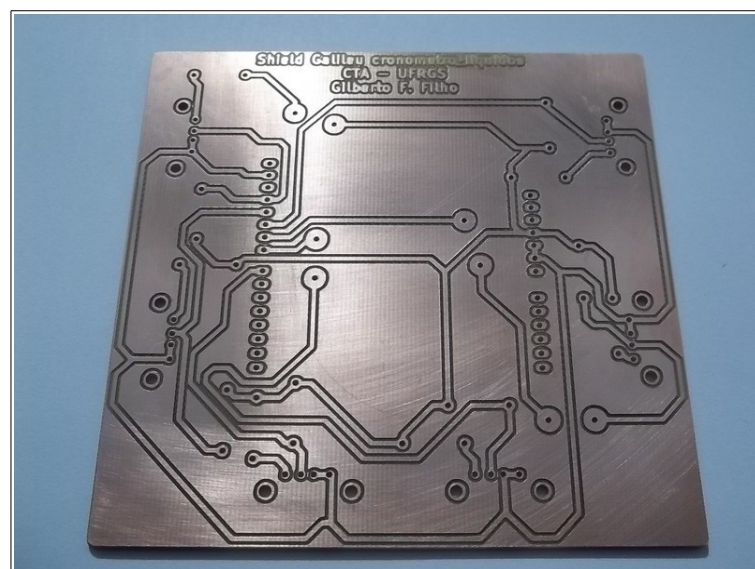


Figura 14: Placa do circuito *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos.

4.3.3 *Shield* Galileu Ultrassônico

O *Shield* Galileu Ultrassônico representado na Figura 15 foi o terceiro modelo de *Shield* desenvolvido nesta dissertação.

Com esta interface, o professor poderá trabalhar atividades relacionadas a interpretação dos gráficos de posição em função do tempo obtidos pelo movimento de aproximação e afastamento de um objeto (caixa de papel) em frente ao sensor ultrassônico.

Para que possa ser utilizado como uma interface de aquisição de dados é necessário que o professor faça a conexão do equipamento descrito na seção 4.2.2 e faça o *upload* do programa *ultrassom.ino* para que a placa Arduino-UNO possa interpretar os dados do sensor de distância.

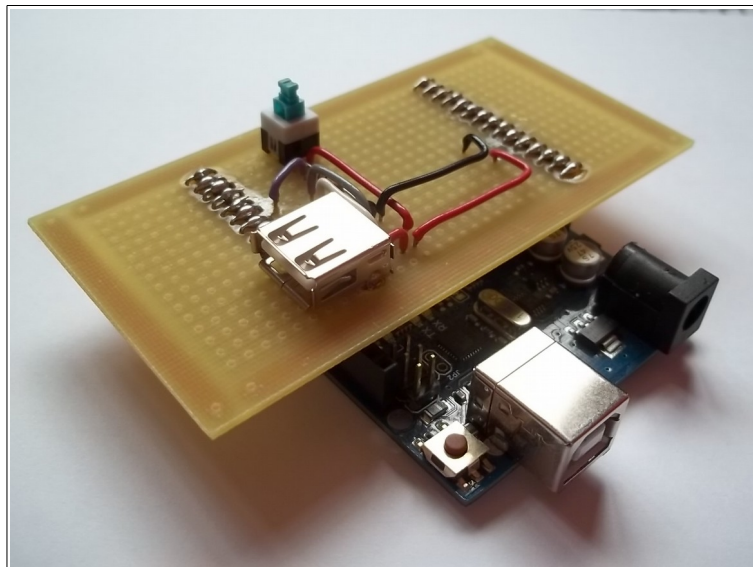


Figura 15: Protótipo *Shield* Galileu Ultrassônico

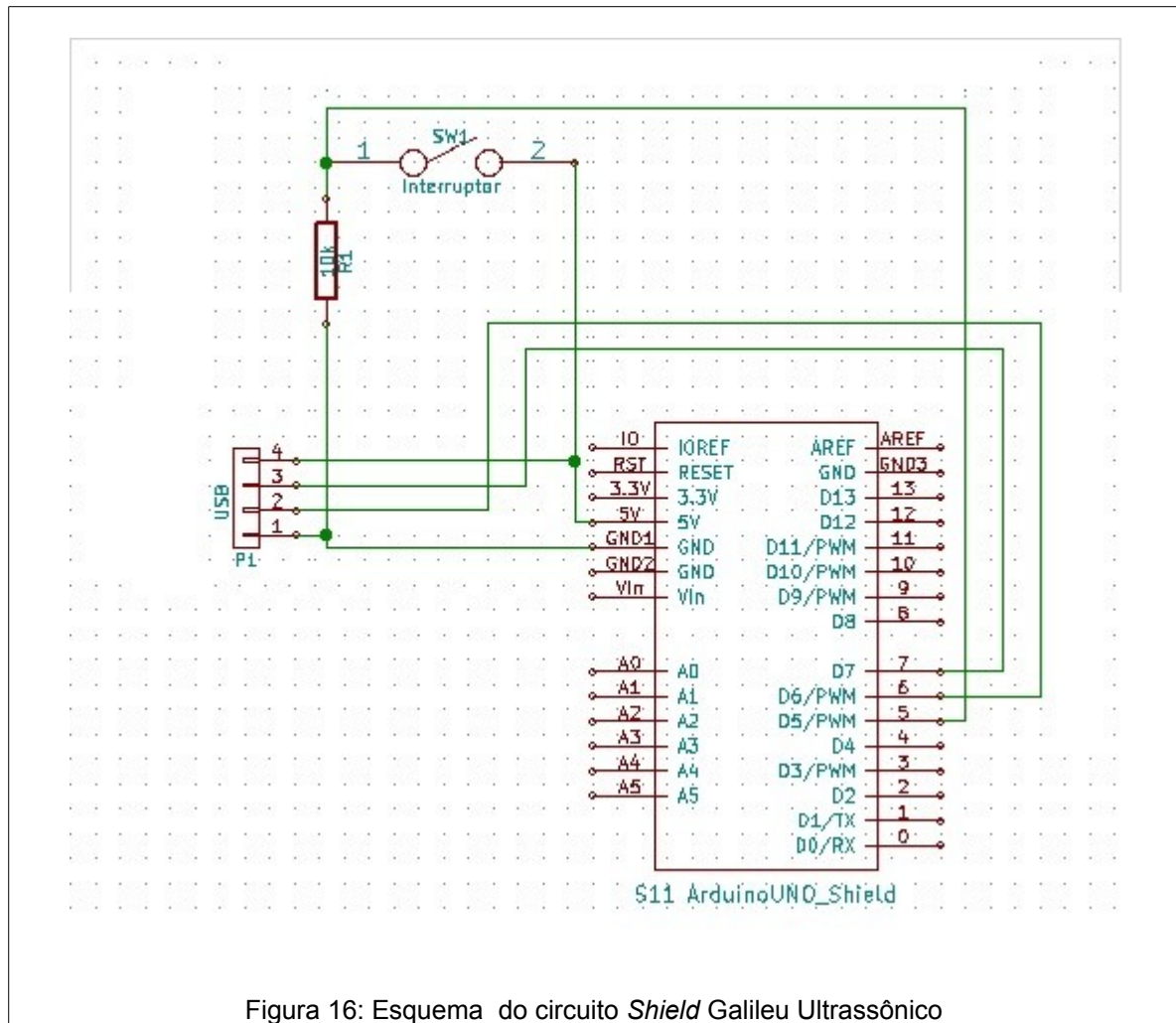
O circuito elétrico deste *Shield* foi desenvolvido sobre uma placa de fenolite perfurada no tamanho de 5 cm x 10 cm e utiliza apenas um conector USB para receber o sinal analógico do sensor ultrassônico.

Este circuito utiliza apenas uma entrada USB a qual é conectada um sensor ultrassônico HC-SR 04 representado na Figura 16. Este sensor emite pulsos ultrassônicos na frequência de 40 kHz, os quais deslocam-se pelo ar e após

colidirem com algum anteparo refletem, retornando ao sensor. O tempo entre a emissão e recepção do sinal são analisados no programa *ultrassom.ino*, que deve estar rodando na placa Arduino-UNO. A interpretação gráfica dos dados é feita por um programa desenvolvido em *Python* selecionado de acordo com a atividade de ensino descrita no Guia Pedagógico.

Na parte superior do *Shield* está presente uma chave com dois estados (liga/desliga). Esta chave ao ser acionada, trava a aquisição de dados de distância dos objetos colocados a sua frente que são enviados pelo sensor ultrassônico, permitindo que o professor discuta em detalhes um determinado tipo de gráfico de posição em função do tempo. Após ser acionada novamente, o programa continua interpretando os dados de distância informados pelo sensor ultrassônico.

Na Figura 16 esta representado o esquema do circuito *Shield* Galileu Ultrassônico.



4.3.3.1 *Shield* Galileu Ultrassônico – Versão 1.0

Na Figura 17 está representado a versão 1.0 do *Shield* Galileu Ultrassônico. Esta placa foi desenvolvida para ser fabricada com a Fresadora João-de-Barro, embora o usuário que não disponha deste recurso, possa fazê-la através do processo de corrosão.

Nesta versão, a placa do circuito ficou menor em relação ao modelo anterior e o botão de acionamento de aquisição de dados foi colocado na parte mais central do *Shield*, proporcionando mais estabilidade a placa no momento de acionar a chave.

Este *Shield* utiliza os mesmos programas da versão anterior, tanto para fazer a interpretação de dados como para gerar gráficos.

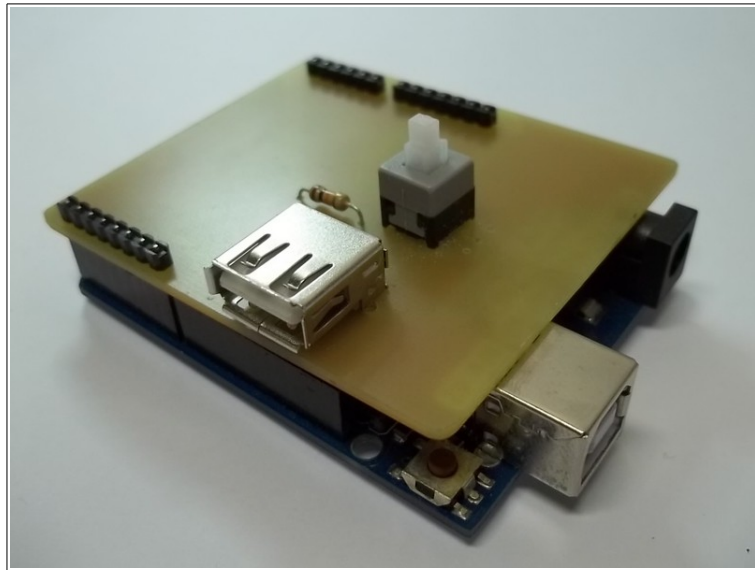


Figura 17: *Shield Galileu Ultrassônico*.

Na Figura 18 está representado o desenho da placa do circuito que foi utilizado para elaborar a placa na versão 1.0.

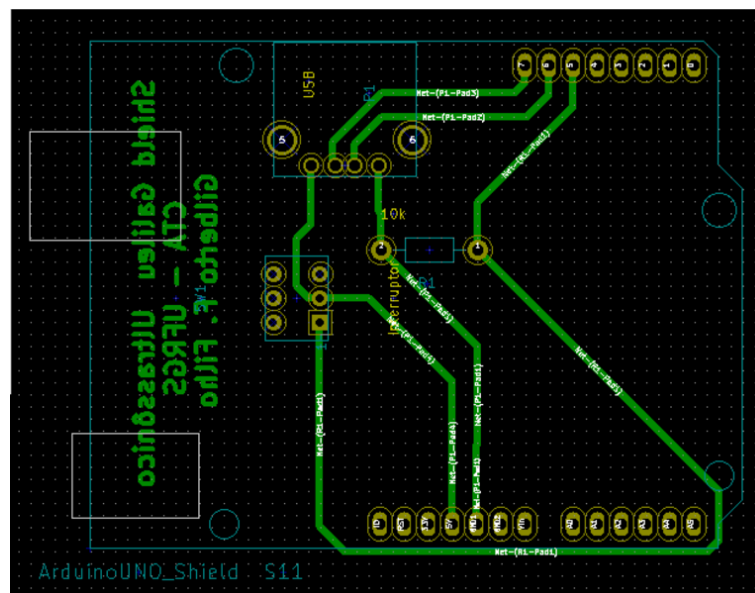


Figura 18: Desenho da placa *Shield Galileu Ultrassônico*.

Na Figura 19 esta representada a placa do circuito *Shield Galileu*

ultrassônico após fresamento.

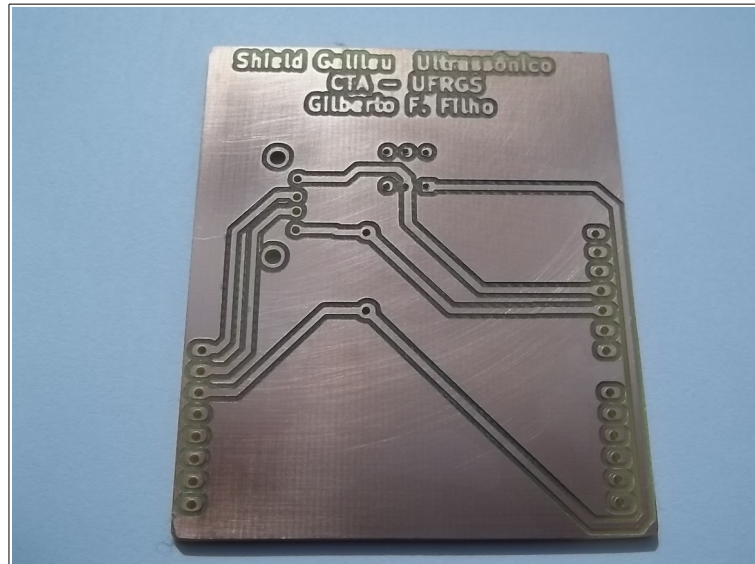


Figura 19: Placa do circuito *Shield Galileu Ultrassônico*.

O professor poderá ter acesso a todos os esquemas elétricos deste *Shield* consultando o Apêndice A desta dissertação ou acessando no *site* do CTA / UFRGS²⁶.

4.4 Softwares

Nesta proposta didática foram desenvolvidos dois tipos de *softwares* que possuem características e aplicações diferentes. Para que o leitor compreenda um pouco mais sobre a aplicação e funcionalidade de cada um, separamos em dois grupos.

4.4.1 Softwares para Arduino

Os *softwares* desenvolvidos em linguagem C++ são responsáveis pela interpretação dos dados enviados pelos sensores a placa Arduino. Esses programas com extensão “.ino” deverão estar carregados na placa Arduino para que o usuário

²⁶ <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

possa fazer a leitura dos dados.

Nesta dissertação, desenvolvemos três programas diferentes, um para cada modelo de *Shield*, portanto, o usuário deverá fazer o “*upload*” do arquivo correspondente ao modelo de *Shield* que será utilizado na atividade prática.

A Tabela 2, apresenta uma relação entre o modelo de *Shield* e o referido programa que deverá ser carregado na placa Arduino para que a aquisição de dados possa ser realizada.

Tabela 2: Modelos de *Shield* e programas “*.ino”

Modelo de <i>Shield</i>	Programas a serem carregados na placa Arduino
• <i>Shield</i> Galileu Cronômetro	• <i>cronometro.ino</i>
• <i>Shield</i> Galileu Cronômetro Líquidos	• <i>cronometro líquidos.ino</i>
• <i>Shield</i> Galileu Ultrassônico	• <i>ultrassom.ino</i>

Para que o usuário possa abrir e fazer o “*upload*” (gravação) de um dos três programas no microprocessador da placa Arduino é necessário que o usuário tenha instalado em seu computador o *software* Arduino²⁷ ou use o “TropOs²⁸”.

A Figura 20 mostra o ambiente de desenvolvimento de programa do Arduino (IDE) que será aberta ao usuário após a instalação desse *software*.

²⁷ <http://www.arduino.cc/en/Main/Donate>

²⁸ <http://cta.if.ufrgs.br/projects/tropos>



Figura 20: Ambiente de desenvolvimento do Arduino - IDE

Para fazer “*upload*” (gravação) do arquivo na placa Arduino, é necessário abrir o programa “*.ino” a ser gravado e após selecionar na aba “Ferramentas” o modelo de placa a ser utilizada no experimento. Ao iniciar a gravação, o programa informará qual a porta do computador que está sendo utilizada para se conectar a placa Arduino, faça a confirmação para concluir a gravação. Se nenhuma mensagem de erro aparecer na parte inferior da IDE²⁹, o programa está pronto para fazer a aquisição de dados, basta encaixar o *Shield* correspondente sobre a placa Arduino e conectar os sensores.

Caso o usuário queira fazer um teste para saber se o programa está recebendo e interpretando os dados corretamente, abra o “monitor serial” e os dados deverão aparecer em uma nova janela (Figura 21).

²⁹ Integrated Development Environment

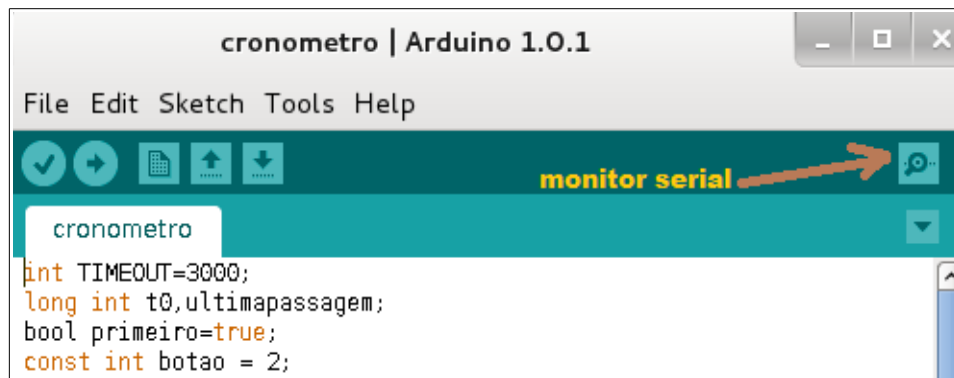


Figura 21: Aba de acesso ao Monitor Serial

O usuário poderá ter acesso a todos os três programas consultando o Apêndice B desta dissertação ou acessando no site do CTA / UFRGS³⁰

4.4.2 Softwares em Python

Neste trabalho foram utilizados programas na linguagem *Python* para fazer a representação gráfica dos dados enviados ao computador pela placa Arduino.

Para que o usuário consiga abrir em seu computador os programas com extensão “.py” descritos nesta dissertação, é necessário instalar o programa *Python* 2.7.3³¹ em seu computador ou usar o sistema operacional “TropOSs”³² que já acompanha todos os programas *drivers* e bibliotecas necessárias para executar as atividades propostas neste trabalho. A Figura 22 mostra um trecho do programa “*velocidade_instantanea_acel.py*” escrito na IDE do programa *Python* para que o usuário conheça a IDE deste programa.

30 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-galileu-e-aplicacoes/wiki>.

31 <https://www.python.org/downloads/>

32 <http://cta.if.ufrgs.br/projects/tropos>


```

1  #!/usr/bin/python
2  # -*- coding: cp1252 -*-
3  #####
4  #Gráfico de velocidade instantanea e aceleração/1 Dado
5  #referencial:ponto de partida-Plano Inclinado
6  #####
7  import numpy as np
8  import matplotlib.pyplot as plt
9  import serial
10 baud_rate = 9600
11
12 ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);
13
14 temp_1 = ser.readline()
15
16 temp_2 = ser.readline()
17
18 temp_3 = ser.readline()
19
20 temp_4 = ser.readline()
21
22 temp_5 = ser.readline()
23
24 temp_6 = ser.readline()

```

Figura 22: IDE do programa *Python*

Para que o usuário possa visualizar graficamente os dados de um determinado experimento, deverá primeiro abrir o programa em *Python* que corresponde a atividade prática a ser realizada e rodar esse programa. Somente depois que o programa estiver rodando, o experimento deverá ser realizado.

Nessa dissertação foram desenvolvidos 13 programas em *Python*, sendo cada deles direcionado a uma das práticas descritas no Guia de Atividades.

Descrevemos na Tabela 3 a relação dos programas que o usuário deverá carregar na placa Arduino e os programas em *Python* utilizados em cada uma das aulas.

Tabela 3: Relação dos Guias Pedagógicos e *softwares* utilizados

Guia Pedagógico	Shield e Softwares utilizados
<ul style="list-style-type: none"> Aula 1 – Velocidade Média e Velocidade Instantânea 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro <i>cronometro.ino</i> <i>velocidade_media.py</i> <i>velocidade_instantanea.py</i> <i>velocidade_instantanea_3_Dados.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 2 – Movimento Uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro Líquidos <i>cronometro_liquidos.ino</i> <i>mov_esfera.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 3 – Movimento Uniformemente Variado 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro <i>cronometro.ino</i> <i>velocidade_instantanea_ acel.py</i> <i>velocidade_instantanea_3Dados.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 4 – Movimento Uniformemente Variado 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro <i>cronometro.ino</i> <i>velocidade_instantanea.py</i> <i>pos_x_1Dado_Ref_1.py</i> <i>pos_vel_x_1Dado_Ref_1.py</i> <i>pos_x_3Dados_Ref_1.py</i> <i>pos_x_1Dado_Ref_6.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 5 – Movimento Uniformemente Variado 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Ultrassônico <i>ultrassom.ino</i> <i>ultrassonico_posicao_t_real.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 6 – Aceleração de Queda livre 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro <i>cronometro.ino</i> <i>pos_y_1Dado_Ref_1.py</i> <i>pos_y_1Dado_Ref_6.py</i> <i>pos_y_2Dados_Ref_6.py</i>
<ul style="list-style-type: none"> Aula 7 – Lei da Conservação de Energia Mecânica 	<ul style="list-style-type: none"> Shield Galileu Cronômetro <i>cronometro.ino</i> <i>pos_y_1Dado_Ref_6.py</i>

Na Figura 23 está representado um exemplo de gráfico visualizado pelo programa *ultrassonico_posicao_t_real.py*. Este gráfico de posição em função do tempo foi obtido pelo movimento de um objeto (caixa de papel) em frente ao sensor ultrassônico apresentado na Figura 3 da seção 4.2.2.

Este gráfico está presente na atividade da Aula 5 e tem como objetivo a interpretação do movimento do objeto em cada intervalo de tempo.

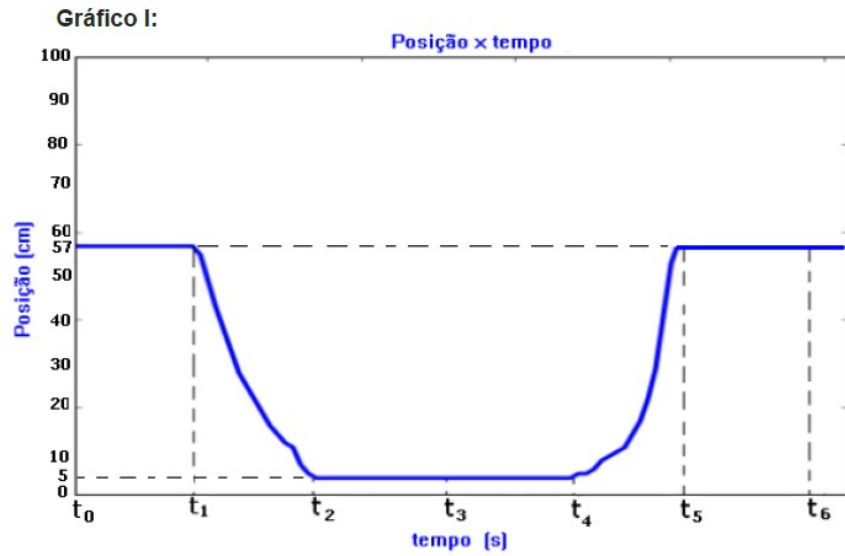


Figura 23: Gráfico de posição em função do tempo I

Outro exemplo de gráfico gerado em *Python* pode ser visualizado na Figura 24.

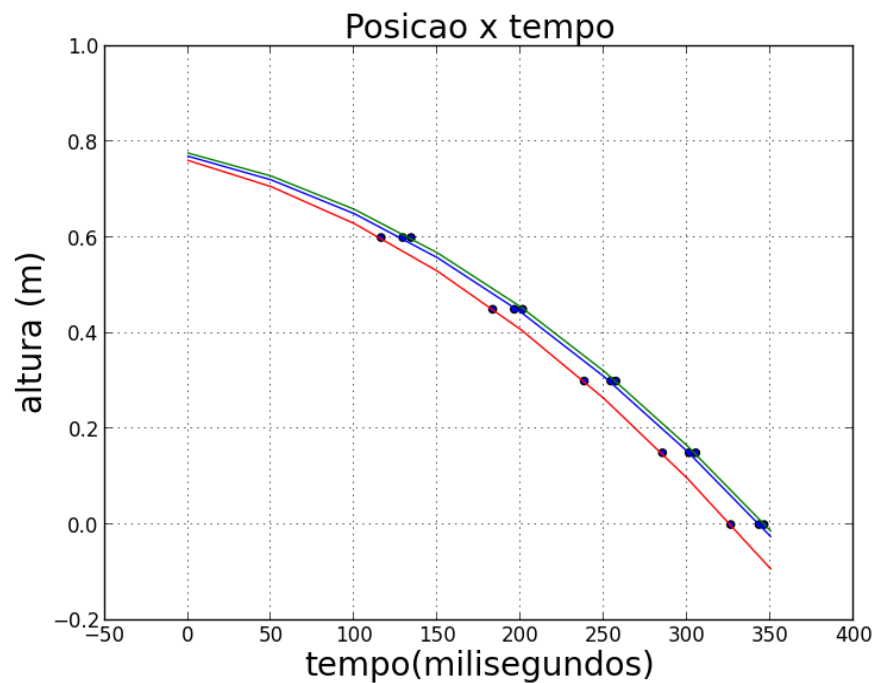


Figura 24: Gráfico de posição em função do tempo II

Este gráfico representa o movimento de descida de um carrinho sobre o plano

inclinado variando-se a declividade desse plano. Nesta atividade experimental descrita no Guia de Atividades da aula 4 utilizamos o programa *pos_x_3Dados_Ref_1.py*.

Para que o usuário relacione o nome do programa utilizado em cada atividade com sua funcionalidade, identificamos por:

- “*pos_x*” -programas utilizados para interpretar dados de experimentos realizados no plano inclinado (eixo “x”).
- “*pos_y*” -programas utilizados para interpretar dados de experimentos de queda dos corpos e conservação de energia (eixo “y”).
- “*Ref_1*” -sensor “1” é utilizado como ponto de referência para o gráfico.
- “*Ref_6*” -sensor “6” é utilizado como ponto de referência para o gráfico.

4.5 Vídeos: tutoriais de montagem

Com o objetivo de auxiliar o usuário a construir seu próprio equipamento para aquisição de dados, foram produzidos seis vídeos tutoriais que descrevem passo a passo todo o processo de montagem do equipamento de aquisição de dados e também de cada um dos *Shields* desenvolvidos.

O usuário poderá assistir os vídeos no site do *youtube* acessando os *links* apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: *Links* dos vídeos tutoriais no *youtube*

Nome do vídeo	Endereço eletrônico
Vídeo_1: <i>montagem_suporte_dos_sensores</i>	https://www.youtube.com/watch?v=MqWMkuF6FOw
Vídeo_2: <i>montagem_circuito_emissor_receptor</i>	https://www.youtube.com/watch?v=aDjTbu1xgUU
Vídeo_3: <i>instalação_dos_sensores</i>	https://www.youtube.com/watch?v=h51QI3UGXDg
Vídeo_4: <i>shield_cronometro</i>	https://www.youtube.com/watch?v=lf4OhggIKfU
Vídeo_5: <i>shield_cronometro_líquidos</i>	https://www.youtube.com/watch?v=fmK1hPgg-uU
Vídeo_6: <i>shield_ultrassônico</i>	https://www.youtube.com/watch?v=gqAF3DSQ_kY

No Capítulo 5 apresentamos o contexto de aplicação da proposta didática e uma descrição da aplicação do material instrucional em sala de aula.

5 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo descrevemos o contexto da aplicação da proposta didática e um relato sobre a implementação do material instrucional em cada uma das aulas, aplicado de acordo com a sequência proposta na Tabela 1 do Capítulo 4.

5.1 Contexto de aplicação da proposta didática

A aplicação da proposta didática ocorreu na Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt do Município de São Leopoldo³³/RS. A instituição foi fundada em 1966 por um grupo de empresários de São Leopoldo e tinha como objetivo principal, a qualificação da mão de obra dos profissionais que trabalhavam nas empresas da região. Nos dois primeiros anos, funcionou apenas no período noturno e denominava-se na época Colégio Industrial Frederico Guilherme Schmidt. A partir de 1981 o colégio teve seu espaço físico ampliado com a construção de salas de aula, oficinas e aquisição de equipamentos, passando a denominar-se Escola Estadual de 2º Grau Frederico Guilherme Schmidt. A partir de 2000, recebe o nome de Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt, resgatando também no nome a sua origem (Figura 25). Atualmente oferece os cursos de Eletromecânica e Eletrotécnica integrado ao Ensino Médio no diurno e pós-médio no período noturno, para os alunos que já concluíram o Ensino Médio.



Figura 25: Foto atual da Escola.

Fonte: arquivos da escola.

A Escola possui um laboratório de informática com dez computadores, auditório para reuniões, biblioteca, oficinas de mecânica e elétrica e um laboratório para desenho técnico em CAD. As salas de aula são temáticas, portanto, o aluno na troca de período deve se deslocar para a sala indicada no horário escolar, enquanto o professor, permanece durante todo o turno de trabalho na sala que corresponde a sua disciplina.

A aplicação da proposta didática se deu na sala temática de Física descrita nas Figuras 26 e 27. Esta sala dispõe de quadro branco e ar-condicionado, mas não possui um sistema de multimídia permanentemente instalado, cabendo ao professor a montagem e desmontagem do equipamento após seu uso.



Figura 26: Frente da sala

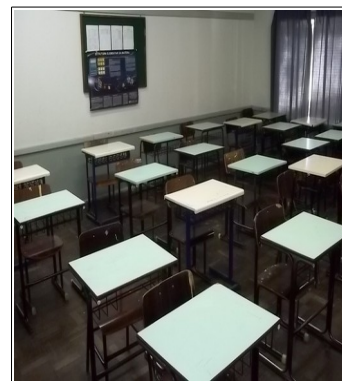


Figura 27: Fundos da sala

De acordo com a base curricular definida pela Escola, a carga horária para a disciplina de Física no primeiro ano do Ensino Médio é de 2 horas-aula por semana, sendo que cada hora-aula equivale a um período de 50 minutos.

A proposta didática foi aplicada no terceiro trimestre de 2014 em duas turmas do 1º Ano do Curso de Eletromecânica Integrado ao Ensino Médio e uma turma também do 1º Ano do Curso de Mecânica Integrado ao Ensino Médio, ambas do turno da manhã, totalizando 92 alunos com faixa etária entre 15 e 17 anos, sendo 66 homens e 26 mulheres. A escolha dessas turmas se deu devido ao fato do autor ser o professor titular das mesmas.

Neste projeto foram elaboradas sete aulas, sendo previstos 17 períodos para trabalhar os conceitos apresentados na Tabela 1 do Capítulo 4. Porém, devido ao interesse demonstrado pelos alunos em conhecer o funcionamento dos circuitos e

programas utilizados nas atividades experimentais, a proposta foi estendida, totalizando 19 períodos.

5.2 Relato de Aplicação das Aulas

5.2.1 Primeira aula: velocidades média e instantânea

Na primeira aula apresentamos os conteúdos a serem desenvolvidos ao longo do trimestre, e a metodologia Predizer, Interagir e Explicar (P.I.E.), proposta para as atividades experimentais, foi explicada. A seguir, mostramos o equipamento desenvolvido para aquisição de dados e os procedimentos necessários para utilizar corretamente a placa Arduino-UNO e fazer a visualização gráfica dos dados no programa *Python*. Tal procedimento foi necessário, pois grande parte dos alunos não conheciam a placa Arduino-UNO. Apenas cinco relataram que já tinham visto a aplicação da placa Arduino-UNO em projetos apresentados em feiras de ciência e tecnologia.

Nesta ocasião, alguns alunos ficaram muito interessados em entender como funcionava o equipamento, principalmente os detalhes referentes aos circuitos (*Shields*) e também dos programas (Figura 28). Um grupo de alunos³⁴ fotografou o equipamento a fim de que pudessem mostrar aos seus familiares (Figura 29). Na ocasião a aluna A6 fez o seguinte comentário: “*nunca imaginei que um experimento desse tipo pudesse ser feito em casa, achei bem legal*”.

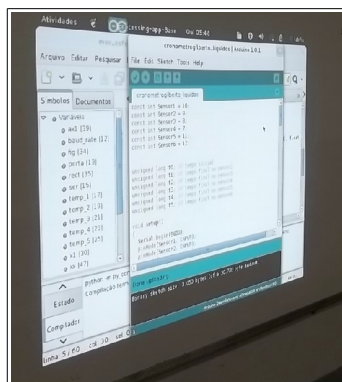


Figura 28: Slide mostrando o programa de aquisição de dados.



Figura 29: Alunos fotografando o equipamento.

34 Os alunos que aparecem nas fotos autorizaram a divulgação de sua imagem.

Após esta introdução, na qual apresentamos todo o projeto didático, iniciou-se uma abordagem teórica sobre o conceito de velocidade média e velocidade instantânea e suas aplicações no dia a dia. Em seguida, apresentamos um vídeo no qual o atleta Jamaicano Usain Bolt³⁵ conquista em 2009 a marca de 9,58 s para os 100 m rasos. Este material serviu para contextualizar o conteúdo, buscando facilitar a aprendizagem subsequente. Na sequência, os alunos responderam o Questionário 1.1 (Apêndice D).

A questão II, presente no Questionário 1.1 discutia a afirmação: “*é correto afirmar que o atleta que tem maior velocidade média sempre vence a corrida?*”. Foi observado que, após a entrega do questionário, cerca de 74 % dos alunos afirmaram que não, justificando que o atleta poderia ter uma grande velocidade inicial, mas depois de um certo tempo, ao diminuir a velocidade instantânea, poderia ser ultrapassado, perdendo a prova.

Essa questão, ajudou a reconhecer que grande parte dos alunos ainda não sabiam diferenciar os dois conceitos de velocidade apresentados, embora já tivessem assistido o vídeo várias vezes e usado a equação de velocidade média para determinar a velocidade média de Usain Bolt na corrida.

Após os alunos responderem as questões específicas sobre o vídeo, envolvendo o conceito de velocidade média, realizamos um experimento no qual era mostrado um carrinho descendo um plano inclinado e percorrendo uma distância de 0,75 m entre o primeiro e último sensor, de um conjunto de 6 sensores presentes ao longo do plano. Na sequência, os alunos foram organizados em pequenos grupos (máximo quatro alunos por grupo) e responderam as questões presentes no Guia de Atividades (predição teórica para as questões). Nelas, os estudantes fizeram um esboço dos gráficos de velocidade média e velocidade instantânea em função do tempo para esse carrinho descendo o plano inclinado (Figura 30). Neste momento, definiu-se o sentido positivo para o referencial como sendo aquele descrito pelo movimento do carrinho sobre o plano inclinado e o primeiro sensor, como a origem do referencial.

Em seguida, realizaram o experimento, testando suas hipóteses (Figura 31).

35 Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3nbjhcZ9_g



Figura 30: Alunos fazendo o esboço dos gráficos de velocidade em função do tempo.



Figura 31: Alunos realizando o experimento.

Após a realização do experimento e visualização dos gráficos de velocidade média, os alunos reconheceram que em uma corrida, o atleta que alcançar a maior velocidade média sempre será o vencedor, pois fará o percurso em menor tempo. Também concluíram que o deslocamento do carrinho ao longo do plano inclinado era numericamente igual à área da região abaixo do gráfico de velocidade média em função do tempo. Um dos alunos chegou a fazer o seguinte comentário: *“a área abaixo do gráfico é igual, mesmo aumentando o ângulo de inclinação da rampa, o que muda é a velocidade média e o tempo do percurso”*.

A Atividade Prática 1.2 (Apêndice D), envolvendo o conceito de velocidade instantânea, foi iniciada no segundo período de aula. Nesta prática, a título de predição, os alunos inicialmente esboçaram o gráfico de velocidade em função do tempo para representar a descida do carrinho sobre o plano inclinado. Em seguida, responderam as questões relacionadas à declividade da curva representada no gráfico de velocidade em função do tempo elaborando hipóteses para explicar seu significado físico. Após, utilizando o equipamento da aula anterior, testaram as respostas, onde foi possível concluir que o gráfico de velocidade instantânea em função do tempo nunca iniciará no ponto de origem do sistema de referência se o carrinho for solto antes do primeiro sensor (tomado como origem do referencial), pois terá uma velocidade inicial diferente de zero.

Esta Atividade Prática 1.2 ajudou os alunos a compreenderem o conceito de velocidade inicial e a reconhecer as propriedades gráficas relacionadas a declividade do gráfico de velocidade em função do tempo. Esta aula foi planejada para dois períodos de 50 minutos, porém os alunos levaram um período a mais para

realizar toda a atividade prevista.

5.2.2 Segunda aula: movimento uniforme

A segunda aula foi iniciada com uma exposição teórica sobre movimento uniforme na qual foram mostradas situações cotidianas que podem ser representadas por esse tipo de movimento, tais como a velocidade terminal atingida por gotas de chuva e a velocidade do som no ar. Após esta breve introdução, apresentamos um vídeo mostrando o salto realizado pelo paraquedista austríaco Felix Baumgartner³⁶ ao saltar da estratosfera.

Na sequência, os alunos foram questionados sobre o tipo de movimento realizado pelo paraquedista em cada etapa do salto e como seria o esboço do gráfico de velocidade em função do tempo usado para representar o salto, desde a saída do paraquedista da cápsula até a abertura do seu paraquedas.

Muitos alunos acreditavam que o paraquedista teria sua velocidade aumentada constantemente após saltar da capsula até o momento da abertura do paraquedas, sendo surpreendidos quando observaram o efeito da força de arraste proporcionado pelo ar sobre o paraquedista, que o impedia de aumentar sua velocidade após entrar na camada mais baixa da atmosfera.

Após esta atividade inicial, que procurava motivar os alunos a pensar sobre o movimento uniforme, deduziu-se a função horária para o esse movimento, partindo do conceito de velocidade média. Na sequência, mostrou-se aos alunos o experimento onde uma esfera maciça de 20 mm de diâmetro é solta dentro de um tubo de vidro de 40 cm de altura totalmente cheio de água. A seguir, os alunos também realizaram esse experimento mas usando esferas de diâmetros e massas diferentes, onde concluíram que as esferas atingiam velocidades limite diferentes, após serem soltas no líquido. Nesta aula, falamos sobre os trabalhos realizados por George Gabriel Stokes em 1845, o qual determinou a força de atrito viscoso aplicada sobre uma pequena esfera em movimento em um fluido. A exposição oral sobre o trabalho realizado por Stokes motivou ainda mais os alunos a investigar o assunto. Como tarefa domiciliar, propomos um trabalho de pesquisa sobre o tema.

36 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=raiFrxbHxV0>

Esse experimento, conforme podemos observar no comentário do aluno B15, “proporcionou um melhor entendimento sobre o conceito de velocidade limite e também sobre as grandezas físicas que influenciam na determinação dessa velocidade”.

As Figuras 32 e 33 mostram alguns alunos observando o comportamento da esfera ao ser solta no tubo de vidro cheio de água.

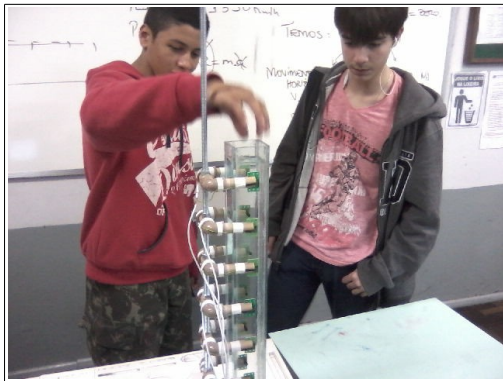


Figura 32: Alunos observando o movimento da esfera dentro d' água.

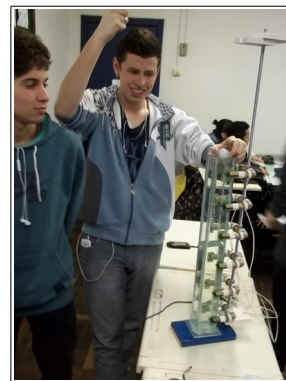


Figura 33: Alunos realizando o experimento.

Após estas observações, os alunos foram organizados (Figura 34) em pequenos grupos (máximo quatro alunos) para responderem as questões presentes no Questionário 2.1 (Apêndice D), onde fizeram um esboço para os gráficos de posição e velocidade em função do tempo para o movimento da esfera de acordo com a origem do referencial solicitado em cada questão.



Figura 34: Alunos organizados em grupos resolvendo o Questionário 2.1.

Observamos que muitos alunos tiveram grande dificuldade em representar o gráfico de posição em função do tempo usando posições diferentes como origem do referencial. Podemos perceber esta dificuldade no comentário feito pela aluna A23: *“achei que o primeiro sensor pelo qual a bolinha passa deveria ser sempre o ponto de origem do referencial, nunca imaginei que pudéssemos usar outro sensor do experimento como origem”*.

Esta segunda aula foi muito produtiva, pois os alunos discutiram o conceito de origem do referencial e a sua importância na elaboração dos gráficos de posição e velocidade em função do tempo.

Alguns alunos questionaram sobre o movimento da esfera no início da descida no interior do líquido, argumentando que o movimento *“não era totalmente uniforme”*, segundo palavras dos próprios alunos, mas sim acelerado até a esfera atingir a velocidade limite dentro do líquido. Embora esta conclusão tenha partido de apenas dois alunos, observamos que durante a realização da tarefa, outros alunos também começaram a pensar sobre a situação apresentada, motivando uma discussão no grande grupo, procurando encontrar o melhor esboço do gráfico de posição em função do tempo.

Na sequência, os grupos realizaram a Atividade Prática 2.1 (Apêndice D), interagindo com o equipamento e coletando dados de tempo de queda das esferas no líquido, visualizando desta forma, os gráficos de posição e velocidade em função do tempo e testando as respostas do Questionário 2.1.

Os alunos, durante a realização do experimento, observaram que o primeiro ponto obtido no gráfico de posição em função do tempo não se encontrava alinhado com os demais pontos, o que gerou uma discussão em grande grupo sobre o tipo de movimento descrito pela esfera no instante inicial de sua descida dentro do líquido. O aluno B18, durante a discussão, comentou: *“no início da descida, o movimento não é uniforme pois a esfera ainda não atingiu a velocidade limite”*. A partir desse momento, os alunos perceberam que a esfera, quando solta dentro do líquido, inicia seu movimento acelerado mas, ao se deslocar poucos centímetros (em média 10 cm dentro do líquido – distância entre o primeiro e o terceiro sensor) já atingia a sua velocidade limite.

Na segunda parte desta aula, os alunos responderam ao Questionário 2.2

(Apêndice D), onde era necessário fazer previsões a respeito do gráfico de posição e velocidade em função do tempo quando a esfera era solta dentro de um tubo contendo água somente até a sua metade. Nesta etapa, observou-se que os alunos já tinham mais entendimento sobre o movimento descrito pela esfera durante sua descida, mas ainda apresentavam certa dificuldade para descrever graficamente esse movimento.

Um dos alunos fez o seguinte relato: “*o gráfico de posição em função do tempo começa com uma curva e termina com uma reta quando a esfera atinge a velocidade limite*”. Observamos aqui que o aluno concluiu que o movimento da esfera não é uniforme no momento inicial da descida e portanto não poderia ser representado por uma reta. Esta Atividade Prática 2.2 (Apêndice D) proporcionou um momento de reflexão sobre o movimento uniformemente variado que seria estudado nas próximas aulas.

Após a conclusão do Questionário 2.2 os alunos realizaram a Atividade Prática 2.2, testando as respostas.

Esta aula foi finalizada, mostrando-se o gráfico de velocidade em função do tempo para o salto do paraquedista Felix Baumgartner, fazendo-se uma relação com os gráficos de velocidade e posição em função do tempo obtidos no experimento.

Esta aula foi elaborada para ser aplicada em dois períodos de 50 minutos, porém os alunos levaram um período a mais para realizar toda a atividade prevista. Um dos pontos negativos dessa aula, foi o excesso de atividades propostas que acabaram atrasando o cronograma previsto.

5.2.3 Terceira aula: movimento uniformemente variado

Nesta aula, foram trabalhados os conceitos de movimento uniformemente variado, função horária de velocidade e os gráficos de velocidade e aceleração em função do tempo.

Inicialmente discutiu-se com os alunos situações do cotidiano onde o conceito de aceleração está presente, como por exemplo: o movimento de arrancada de um carro popular e o de um trem, procurando mostrar a necessidade de se ter uma grandeza física para se analisar o desempenho de arrancada entre esses dois meios

de transporte.

Em seguida, foi apresentado um vídeo³⁷ mostrando o projeto de um carro elétrico desenvolvido pelos alunos da Universidade Técnica de Delf na Holanda. Esse vídeo foi utilizado para ajudar a relacionar o conceito de aceleração com as situações do cotidiano, uma vez que o projeto descreve uma competição entre carros elétricos onde é avaliado a aceleração de cada um destes carros.

Logo após a apresentação do vídeo, os alunos responderam individualmente o Questionário 3.1 (Apêndice D) que relaciona os conceitos de aceleração média e instantânea. Após a entrega desse questionário, definiu-se o conceito de aceleração média e também de função horária da velocidade.

Foi sugerido como atividade complementar de avaliação (tarefa domiciliar), uma pesquisa sobre o valor da aceleração de alguns modelos de carros populares vendidos no Brasil. Nessa pesquisa os alunos encontraram dados referentes ao tempo que cada modelo de veículo leva para variar sua velocidade de 0 km/h até 100 km/h.

No outro período de aula, mostrou-se aos alunos o experimento onde um carrinho de ferro é solto sobre o plano inclinado. Após observarem o experimento realizado, os alunos organizados em grupos responderam o Questionário 3.2 (Apêndice D), fazendo uma predição para as questões que tinham como objetivo, discutir o significado físico da declividade do gráfico de velocidade em função do tempo.

Na Figura 35, observa-se a interação do grupo de alunos na realização da tarefa de aquisição de dados, testando as respostas do Questionário 3.2. Nessa atividade os alunos utilizaram livros e até mesmo uma caixa de papel para conseguir diferentes declividades para o plano inclinado.

37 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-00vQ1QyOs>



Figura 35: Alunos realizando a Atividade Prática 2.1.

Esse experimento possibilitou que os alunos visualizassem a relação existente entre a declividade de um gráfico de velocidade em função do tempo e a aceleração.

A partir da terceira aula de aplicação da proposta, os alunos começaram a participar mais das aulas, envolvendo-se nas atividades.

Esta aula foi elaborada e aplicada em dois períodos de 50 minutos, sendo esses períodos separados um do outro, devido a alteração do horário escolar.

5.2.4 Quarta aula: movimento uniformemente variado

Na quarta aula realizamos o estudo dos gráficos de posição em função do tempo para o movimento uniformemente variado.

Como atividade inicial, mostramos o vídeo³⁸ do skatista Bob Burnquist descendo uma Mega Rampa de 27 metros de altura. Este vídeo mostra uma situação semelhante ao experimento que Galileu Galilei teria realizado para encontrar a relação entre a distância percorrida e o tempo em um movimento uniformemente variado. O objetivo do vídeo foi aproximar situações que fazem parte do cotidiano do estudante com aspectos históricos da física, procurando despertar o interesse do aluno em aprender mais sobre esse tipo de movimento.

Após a apresentação do vídeo, foram feitos questionamentos do tipo: “o skatista ao descer a Mega Rampa percorreu distâncias iguais em tempos iguais?”.

38 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ReYNCcQGk20>

Alguns alunos logo identificaram que a aceleração da gravidade era responsável pelo aumento da velocidade do skatista e que sua posição não variava de forma linear como o tempo. Essa conclusão pode ser observada no relato do aluno C5, o qual comentou que: “o gráfico de posição em função do tempo não poderia ser representado por uma reta, pois a distância percorrida pelo skatista em um mesmo intervalo de tempo estava sempre aumentando”.

Para definir a função horária da posição em função do tempo, utilizou-se um gráfico de velocidade em função do tempo descrevendo a descida de um carrinho de ferro sobre um plano inclinado. O gráfico representado na Figura 36 foi obtido usando-se o mesmo equipamento da aula anterior, e foi mostrado a todos os alunos usando-se o *datashow*.

Nesse gráfico, os alunos determinaram a área da região abaixo do gráfico, onde foi possível concluir que o valor desta área é numericamente igual ao deslocamento do carrinho no experimento, ou seja, 0,75 m (distância entre o primeiro e último sensor).

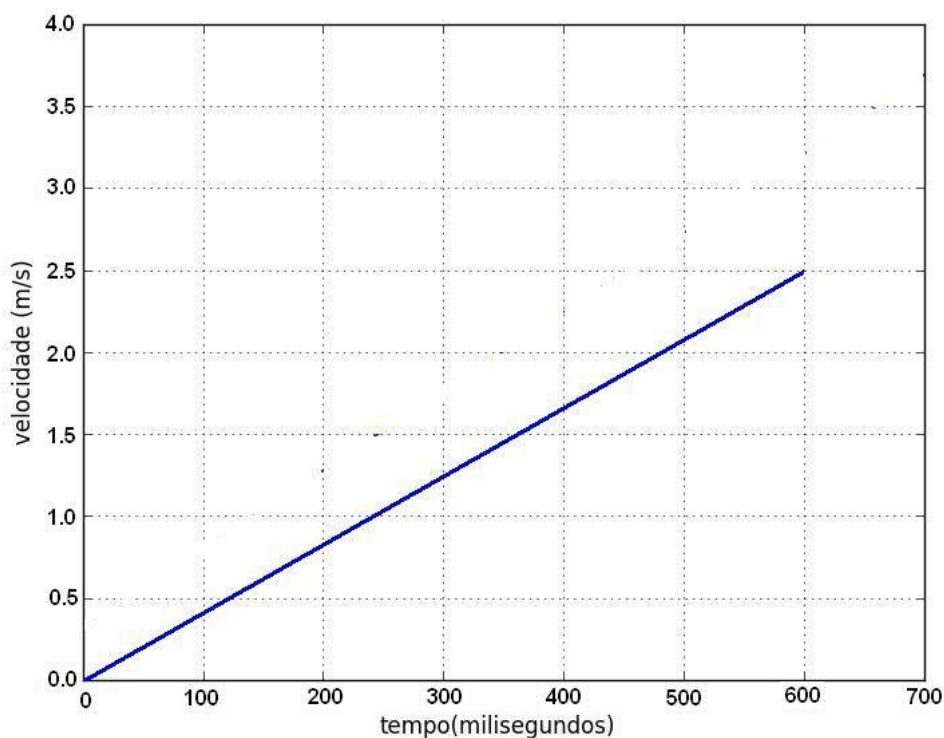


Figura 36: Gráfico de velocidade em função do tempo.

Após este cálculo, foi solicitado aos alunos que determinassem novamente a área da região abaixo da curva no gráfico de velocidade em função do tempo, porém de forma algébrica. O objetivo desta atividade era fazer com que os alunos encontrassem a função horária para a posição em função do tempo utilizando as propriedades gráficas estudadas. Para isto, desenhamos no quadro branco o mesmo gráfico de velocidade em função do tempo obtido experimentalmente, porém sem atribuímos os valores de tempo e velocidade (Figura 37).

Nesse gráfico consideramos o carrinho sendo solto próximo ao primeiro sensor do plano inclinado (origem do referencial), desta forma consideramos sua velocidade inicial igual a zero.

Alguns alunos tiveram dificuldade em obter o desenvolvimento da expressão. Após algumas explicações do professor e também de colegas acabaram encontrando a expressão matemática adequada ao problema e concluindo que o deslocamento em um movimento uniformemente variado é determinado por meio de uma função de segundo grau.

Como atividade complementar (tema de casa), foi sugerido aos alunos que lessem o artigo “Galileu fez o experimento do plano inclinado?”³⁹ Este artigo foi discutido com os alunos no próximo período de aula.

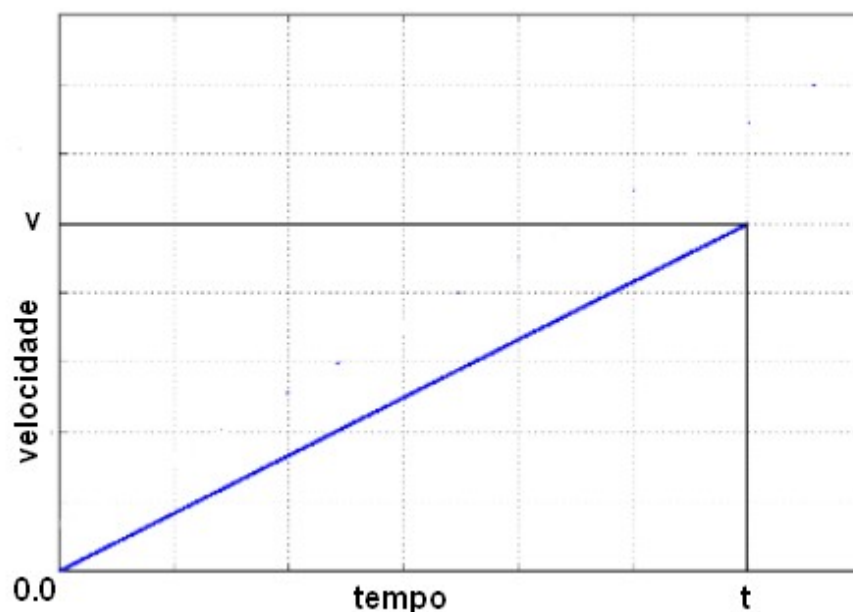


Figura 37: Esboço do gráfico de velocidade em função do tempo.

39 Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf

Após esta atividade, definiu-se a função horária para o movimento uniformemente variado sem neste momento, incluir o termo que corresponde a velocidade inicial. Na sequência, os alunos responderam o Questionário 4.1 (Apêndice D), no qual deveriam fazer um esboço para o gráfico de posição em função do tempo para o skatista descendo a Mega Rampa.

Após a entrega desse questionário, foi possível observar que muitos alunos não representaram o gráfico de posição em função do tempo de forma correta, uma vez que a questão considerava a parte superior da rampa como a origem do referencial. Foi necessário retomar o conceito de origem do referencial para dar continuidade aos estudos.

No outro período de aula, os alunos foram organizados em grupos e receberam o Questionário 4.2 (Apêndice D). Para responder as questões, inicialmente observaram o experimento onde um carrinho de ferro foi solto sobre um plano inclinado utilizando-se valores diferentes para a declividade da rampa e também para a origem do referencial.

Essa atividade tinha como objetivo fazer com que os alunos reconhecessem a necessidade de se usar um termo na função horária da posição para indicar a posição inicial do movimento, além de discutir o significado físico para a declividade em um gráfico de posição em função do tempo.

A Figura 38 mostra os alunos organizados em grupos elaborando hipóteses para responder as questões do Questionário 4.2 e fazendo um esboço para o gráfico de posição em função do tempo.

Na Figura 39 um dos grupos realiza o experimento sugerido na atividade e faz o teste das respostas.



Figura 38: Alunos organizados em grupos para responder o Questionário 4.2



Figura 39: Aluno fazendo o teste de hipóteses.

A possibilidade de visualizar simultaneamente três gráficos de posição em função do tempo usando declividades diferentes para o plano inclinado, ajudou muito os alunos a compreenderem o significado físico da declividade para esse tipo de gráfico, como podemos observar no relato da aluna A21 que disse: *“somente olhando o gráfico de posição em função do tempo agora já consigo saber quando a velocidade está aumentando ou diminuindo”*.

A Figura 40 apresenta um dos gráficos utilizados no Questionário 4.2. Este gráfico foi obtido experimentalmente e descreve a descida de um carrinho de ferro sobre o plano inclinado utilizando-se três declividades diferentes.

Nesta questão os alunos deveriam identificar qual o sensor foi usado como ponto de origem do referencial e qual dos três gráficos representava o carrinho descendo sobre o plano inclinado com maior e menor inclinações.

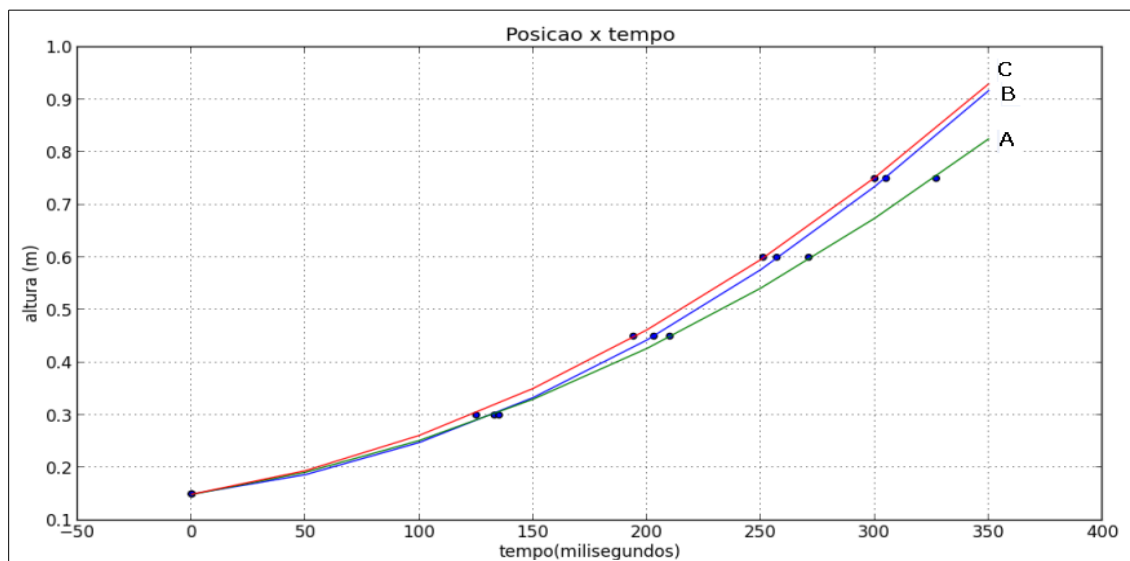


Figura 40: Gráfico de posição em função do tempo

Para finalizar esta aula fez-se a correção dos questionários e discutiu-se algumas questões presentes no livro didático.

Esta aula foi elaborada para ser aplicada em dois períodos de 50 minutos, porém os alunos levaram um período a mais para concluir a atividade prevista.

5.2.5 Quinta aula: movimento uniformemente variado

Esta aula teve como objetivo fixar as propriedades gráficas relacionadas a declividade de um gráfico de posição em função do tempo. Para este estudo, usamos um sensor ultrassônico, uma pequena caixa de papel, um trilho de alumínio com 1 metro de comprimento e o *shield* ultrassônico desenvolvido para receber os dados do sensor ultrassônico.

Inicialmente os alunos tiveram muita curiosidade sobre o funcionamento do sensor ultrassônico. Foi explicado que ele emite uma onda sonora de alta frequência, na ordem de 40 kHz, que, após colidir com algum anteparo, é refletida e volta ao sensor, o qual identifica o tempo de retorno da onda e determina a distância dos objetos. Também foi comentado algumas aplicações do ultrassom em outras áreas, tais como: medicina, química e até mesmo na natureza por parte dos insetos e morcegos, que utilizam o ultrassom para desviar de obstáculos.

Alguns alunos do curso de eletrotécnica acharam muito interessante o princípio de funcionamento do equipamento e solicitaram uma cópia do circuito do Shield ultrassônico e também do programa *ultrassom.ino* para que pudessem utilizar em outros projetos da escola.

Após essa explicação geral sobre o funcionamento do equipamento, os alunos responderam individualmente o Questionário 5.1 (Apêndice D), onde as questões exigiam uma descrição do tipo de movimento em cada intervalo de tempo representado no gráfico de posição em função do tempo. Na Figura 41 apresentamos um exemplo de gráfico de posição em função do tempo presente no Questionário 5.1.

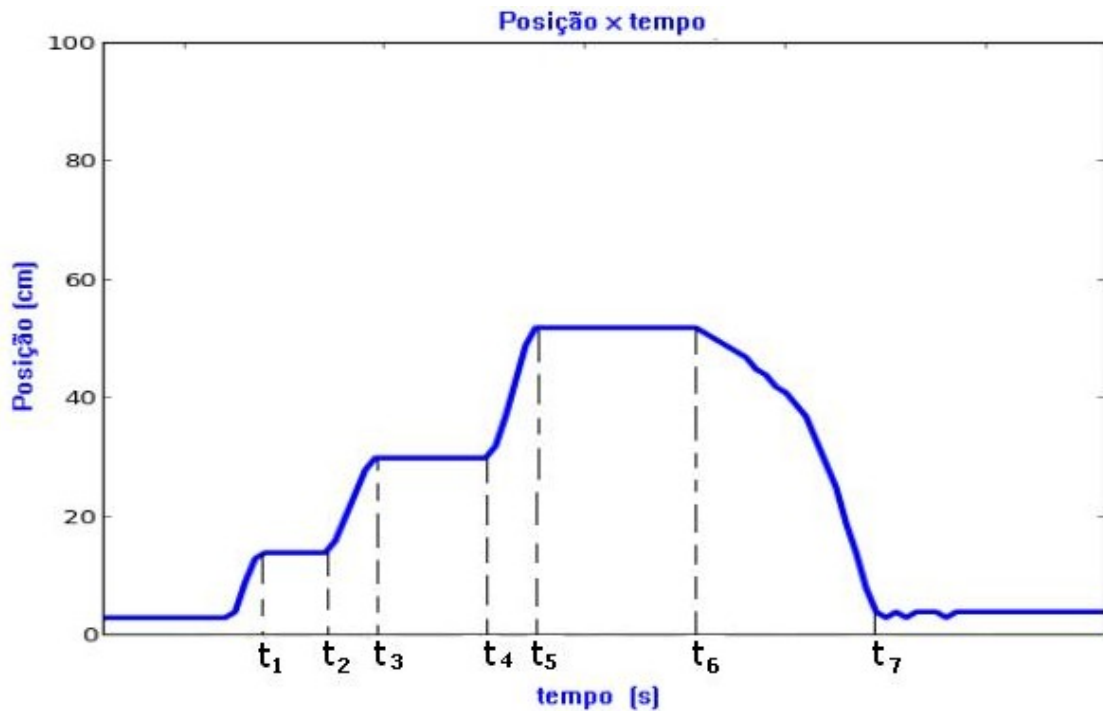


Figura 41: Exemplo de gráfico de posição em função do tempo.

Após a realização do Questionário 5.1, os alunos utilizaram o equipamento, procurando reproduzir os gráficos presentes nas questões e fazendo a correção das respostas.

As figuras 42 e 43 mostram os alunos realizando a Atividade Prática 5.1 (Apêndice D). Apesar de alguns alunos mostrarem certa dificuldade para movimentar a caixa sobre o trilho de alumínio, e obter os gráficos apresentados no Guia de Atividades, observamos que após alguns minutos em contato com o equipamento já se sentiram a vontade para realizar a atividade.

A Atividade Prática 5.1 ajudou muito os alunos a reconhecer as propriedades gráficas, como podemos observar na afirmação do aluno B18: *“com esse experimento fica fácil de entender o gráfico de posição em função do tempo e reconhecer quando o movimento é realizado com velocidade constante e acelerado”*

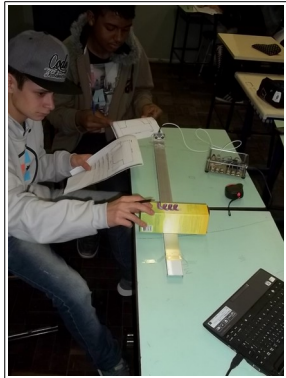


Figura 42: Aluno reproduzindo o gráfico da atividade 5.1.



Figura 43: Alunos visualizando o gráfico de posição em função do tempo.

Nesta atividade o aluno B3 reconheceu que o gráfico de posição em função do tempo obtido experimentalmente não poderia assumir valores negativos para a posição, justificando que: *“a caixinha de papel utilizada como anteparo para o sensor ultrassônico deveria estar sempre em frente ao ponto de referência adotado”*, referindo-se ao o sensor ultrassônico.

Esta aula foi planejada para ser aplicada em dois períodos de 50 minutos e foi desenvolvida no tempo previsto em todas as turmas.

5.2.6 Sexta aula: queda livre

Na sexta aula foi trabalhado o conteúdo relacionado ao movimento de queda livre e não livre de corpos soltos na superfície da Terra, dando ênfase ao conceito de aceleração.

Inicialmente discutimos alguns trechos do texto: “Galileu fez o experimento do plano inclinado?⁴⁰”. Embora esse texto já tivesse sido comentado em aulas anteriores, sua leitura remeteu os alunos ao contexto histórico do séc XVII, mostrando a impossibilidade técnica para se determinar corretamente o valor da aceleração gravitacional.

Ao final do primeiro período de aula, foi sugerido como atividade domiciliar, a leitura do artigo: “Determinando a aceleração gravitacional⁴¹” o qual faz um relato histórico dos experimentos realizados ao longo dos séculos para determinar o valor

40 Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf

41 Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/GRAVIDADE.pdf>

da aceleração gravitacional.

Iniciando-se o segundo período de aula, os alunos assistiram o vídeo *Falling Feather-acceleration of gravity*⁴² que mostra o movimento de queda livre de uma moeda e de uma pena dentro de um tubo com vácuo manométrico. A proposta deste vídeo foi mostrar a diferença entre o movimento de queda livre e o movimento de queda com resistência do ar.

Ainda nesta aula foi discutido o sentido adotado para o referencial em um movimento de queda. Procurou-se deixar claro que o sentido arbitrado como positivo para o movimento de um corpo na vertical é aquele que aponta verticalmente para cima, de forma a se estabelecer um consenso entre os alunos, evitando problemas em relação aos sinais da velocidade e da aceleração nas equações.

Na sequência, os alunos responderam individualmente o Questionário 6.1 (Apêndice D), cujas questões tinham o objetivo de identificar se os alunos conseguiam diferenciar os conceitos de aceleração de queda livre e não livre.

No terceiro período de aula foi mostrando o equipamento para aquisição de dados temporais em um movimento de queda (Figura 44).

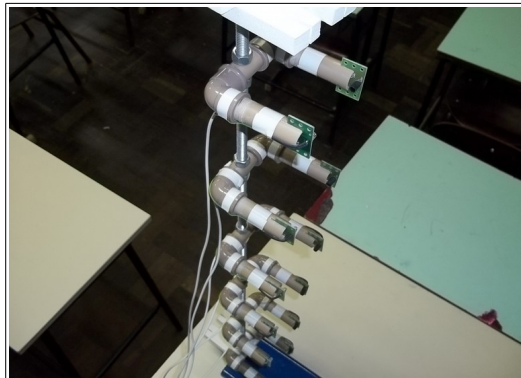


Figura 44: Equipamento posicionado na vertical.

O equipamento apresentado é o mesmo utilizado em aulas anteriores para o estudo do movimento uniformemente variado, porém, posicionado na vertical e sem o trilho de alumínio (plano inclinado), permitindo assim o movimento de queda das bolinhas entre os sensores.

Após a montagem do equipamento, identificou-se os sensores de acordo com

42 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2FR0pnQJIXE>

a sua posição, sendo nomeado de primeiro sensor aquele situado na parte superior do equipamento. Na sequência, um dos alunos (Figura 45) fez uma demonstração do uso do equipamento soltando uma bolinha de papel verticalmente entre os sensores, a qual percorreu uma distância de 0,75 m entre o primeiro e último sensor. Neste momento não foi realizada a coleta de dados temporais, pois o objetivo era apenas fazer os alunos observarem o experimento e responder o Questionário 6.2 (Apêndice D).

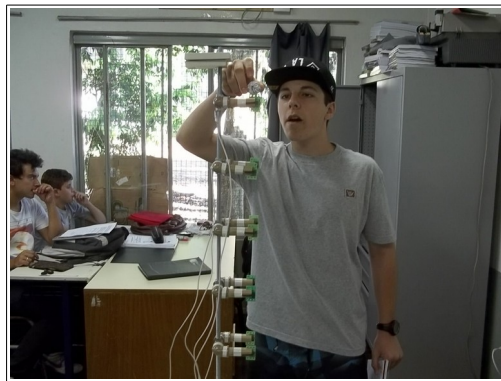


Figura 45: Aluno realizando a demonstração do uso do equipamento de aquisição de dados.

Após estas observações, os alunos foram organizados em pequenos grupos (máximo quatro alunos) para responderem as questões a) e b) presentes no Questionário 6.2, onde deveriam elaborar um esboço para os gráficos de posição em função do tempo para o movimento de queda da bolinha, usando pontos diferentes para a origem do referencial.

Na sequência, os alunos realizaram a Atividade Prática 6.1 (Apêndice D), testando as respostas das questões a) e b) do Questionário 6.2 (Figuras 46 e 47).

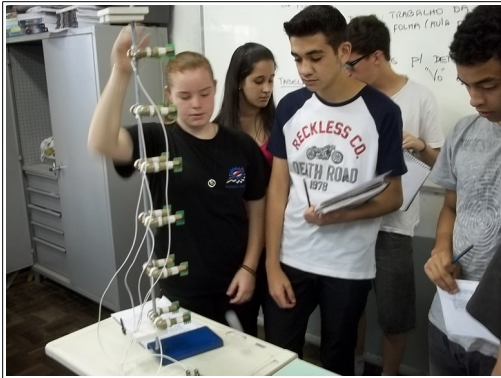


Figura 46: Alunos fazendo a correção das questões do Questionário 6.2.

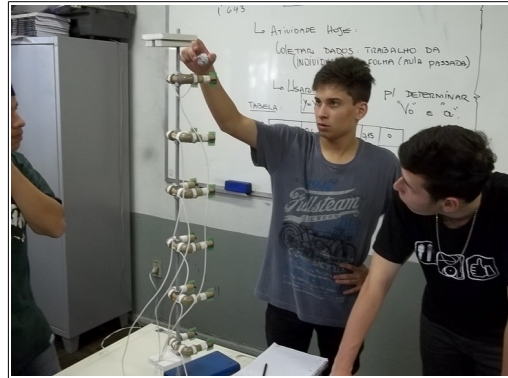


Figura 47: Alunos observando o gráfico de posição em função do tempo.

Após os alunos fazerem a correção das questões a) e b), realizaram a aquisição de dados de tempo de queda de uma bolinha de papel (Figuras 48 e 49) para responder o item c) da atividade.



Figura 48: Alunos realizando a Atividade Prática 6.1.



Figura 49: Alunos fazendo a aquisição de dados de tempo.

Neste item, era solicitado a valor da velocidade inicial e da aceleração de queda da bolinha de papel, portanto, os alunos deveriam usar a função horária da posição para o movimento uniformemente variado e dois valores para o tempo e posição, para que pudessem montar um sistema de equações e determinar esses parâmetros.

Embora alguns alunos inicialmente pensassem que a velocidade inicial da bolinha deveria ser igual a zero, visto que a bolinha era solta e não arremessada para baixo, observaram que esta velocidade estava relacionada ao momento em que a bolinha passava em frente ao primeiro sensor e que, mesmo soltando a bolinha próxima a ele, seu valor não poderia ser considerado nulo na equação.

Esta atividade acabou sendo entregue na aula subsequente, pois muitos alunos tiveram dificuldade para resolver o sistema de equações. Esta aula foi planejada para ser aplicada em dois períodos de 50 minutos, mas foi necessário mais um período para que se pudesse concluir as atividades.

5.2.7 Sétima aula: conservação de energia

Nesta última aula de aplicação da proposta didática foram trabalhados os conceitos relacionados a Energia Potencial, Energia Cinética e Sistemas Conservativos e Dissipativos de Energia. Esta aula foi planejada e aplicada em três períodos de 50 minutos.

Iniciou-se o primeiro momento de aula retomando o vídeo “*Falling Feather of gravity*” assistido pelos alunos na aula anterior. Este vídeo foi utilizado para discutirmos questões envolvendo o conceito de trabalho mecânico realizado pela força gravitacional e pela força de atrito. Até essa aula, os alunos somente tinham estudado o conceito de trabalho mecânico e ainda não tinham conhecimento dos conceitos de Energia Potencial, Energia Cinética e Conservação de Energia.

Admitindo-se um valor de $9,8 \text{ m/s}^2$ para a aceleração gravitacional, os alunos foram desafiados a determinar o trabalho mecânico realizado pela força gravitacional sobre a pena e a moeda presentes no vídeo. Para fazer este cálculo, sugerimos uma massa igual a dois gramas para a pena e uma massa igual a dez gramas para a moeda, e uma altura de 1 metro para a queda dos dois corpos dentro do tubo de vidro. Com esses valores, os alunos determinaram o valor do trabalho mecânico realizado pela força gravitacional.

Após a realização desse cálculo, os alunos foram questionados sobre a forma de determinar o trabalho realizado pela força de atrito viscoso do ar sobre a pena e sobre a moeda. Os alunos ao observarem o vídeo, reconheciam que a força de atrito viscoso realizava um trabalho mecânico oposto ao trabalho da força gravitacional, porém não tinham ideia de como determinar o valor desse trabalho realizado por essa força, uma vez que a força de atrito não assume um valor constante durante a queda.

Após essas discussões, os alunos assistiram a uma apresentação de *slides*

que descrevia situações do cotidiano onde o trabalho mecânico é utilizado para gerar movimento, como a queda d'água, que é capaz movimentar uma turbina geradora de eletricidade. Esses exemplos ajudaram a definir os conceitos de Energia Potencial e Energia Cinética.

A análise do vídeo "*Falling Feather of gravity*", ajudou aos alunos concluir que a Energia Potencial da pena e da moeda se transformava em Energia Cinética durante a descida desses objetos, e que uma parte desta energia era perdida devido a força de atrito viscoso. Utilizando este exemplo, foi possível definir os sistemas conservativos e dissipativos de energia de forma clara, bem como fazer a definição da Lei de Conservação de Energia.

No segundo período desta aula, foi montado o equipamento para aquisição de dados utilizado na aula anterior e realizou-se o experimento de queda para duas bolinhas: uma de pebolim e outra de isopor, obtendo-se valores diferentes para a aceleração resultante desses objetos.

Após os alunos observarem o experimento, receberam o Questionário 7.1 (Apêndice D), o qual tinha questões relacionadas ao vídeo assistido pelos alunos na aula anterior e também em relação ao experimento observado.

Observou-se que durante o preenchimento do Questionário 7.1, os alunos discutiram muito a questão III), elaborando hipóteses para justificar a variação de energia mecânica sofrida por cada uma das bolinhas durante o movimento de queda, devido resistência do ar.

Em cada uma das respostas observadas após a entrega do Questionário 7.1, foi possível encontrar uma das justificativas apresentadas na Tabela 5, o que demonstra o entendimento dos alunos em relação a Lei de Stokes e sobre a Lei da Conservação de Energia Mecânica, pois todas as justificativas apresentadas estavam corretas.

Tabela 5: Resposta dos alunos em relação a variação de energia mecânica

	Justificativa:	Implicação:	Resposta:
Bolinha de pebolim	Menor diâmetro da bolinha	Menor força de atrito viscoso	Menor variação de Energia mecânica
	Superfície menos rugosa	Menor força de atrito viscoso	Menor variação de Energia mecânica
Bolinha de papel Sulfite	Maior diâmetro da bolinha	Maior força de atrito viscoso	Maior variação de Energia mecânica
	Superfície mais rugosa	Maior força de atrito viscoso	Maior variação de energia mecânica

Para testar a respostas desse questionário, os alunos foram organizados em duplas e, usando uma fita métrica determinaram a altura, em relação ao último sensor, onde cada bolinha seria solta. Após, cada dupla usando a balança digital, determinou a massa de cada uma das bolinhas (Figuras 50 e 51).

Nesse experimento, os alunos usaram uma bolinha de pebolim com massa igual a 21,3 gramas e uma bolinha de papel Sulfite tamanho A4 com 5 gramas de massa.



Figura 50: Massa da bolinha de papel



Figura 51: Massa da bolinha de pebolim

Esses procedimentos foram necessários para determinar o valor da Energia Potencial de cada uma das bolinhas no momento inicial de queda. Após a determinação da Energia Potencial, os alunos realizaram o experimento (Figuras 52 e 53), soltando cada uma das bolinhas da altura determinada, permitindo assim que encontrassem o valor da velocidade final de cada bolinha.

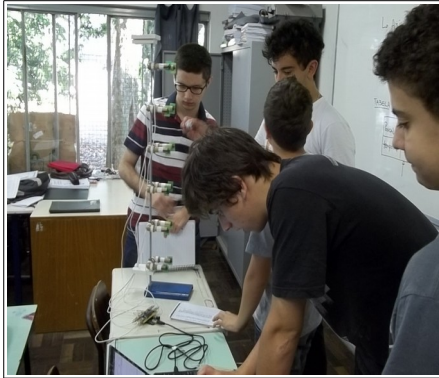


Figura 52: Grupo de alunos realizando a aquisição de dados de tempo de queda

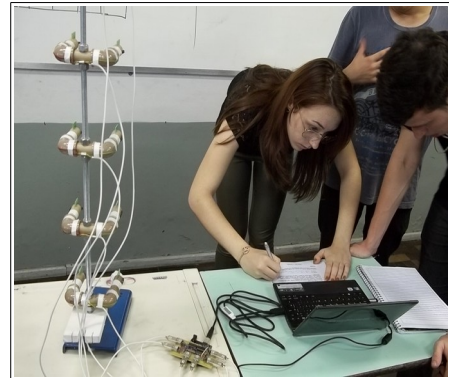


Figura 53: Alunos anotando na tabela os tempos de queda

Após a determinação da velocidade final de cada bolinha, os alunos calcularam o valor da Energia Cinética e concluíram a Atividade Prática 7.1 (Apêndice D), encontrando em média 20% de variação na energia mecânica devido à força de atrito viscoso para a bolinha de papel Sulfite e apenas 8% de variação de energia mecânica para a bolinha de pebolim.

Esta atividade promoveu uma participação intensa dos alunos na discussão de cada uma das respostas do Questionário 7.1, e oportunizou que os alunos avaliassem na prática suas previsões teóricas.

6 – AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES E DA PROPOSTA DIDÁTICA

A avaliação da aprendizagem dos estudantes foi feita continuamente ao longo da aplicação da proposta didática usando-se questionários e atividades práticas elaboradas de acordo com a metodologia P.I.E., além de tarefas extraclasse, como listas de exercícios e trabalhos de pesquisa. A Figura 54 descreve a dinâmica das atividades realizadas em cada aula.

Os alunos também realizaram duas provas trimestrais envolvendo os conteúdos trabalhados durante as aulas.

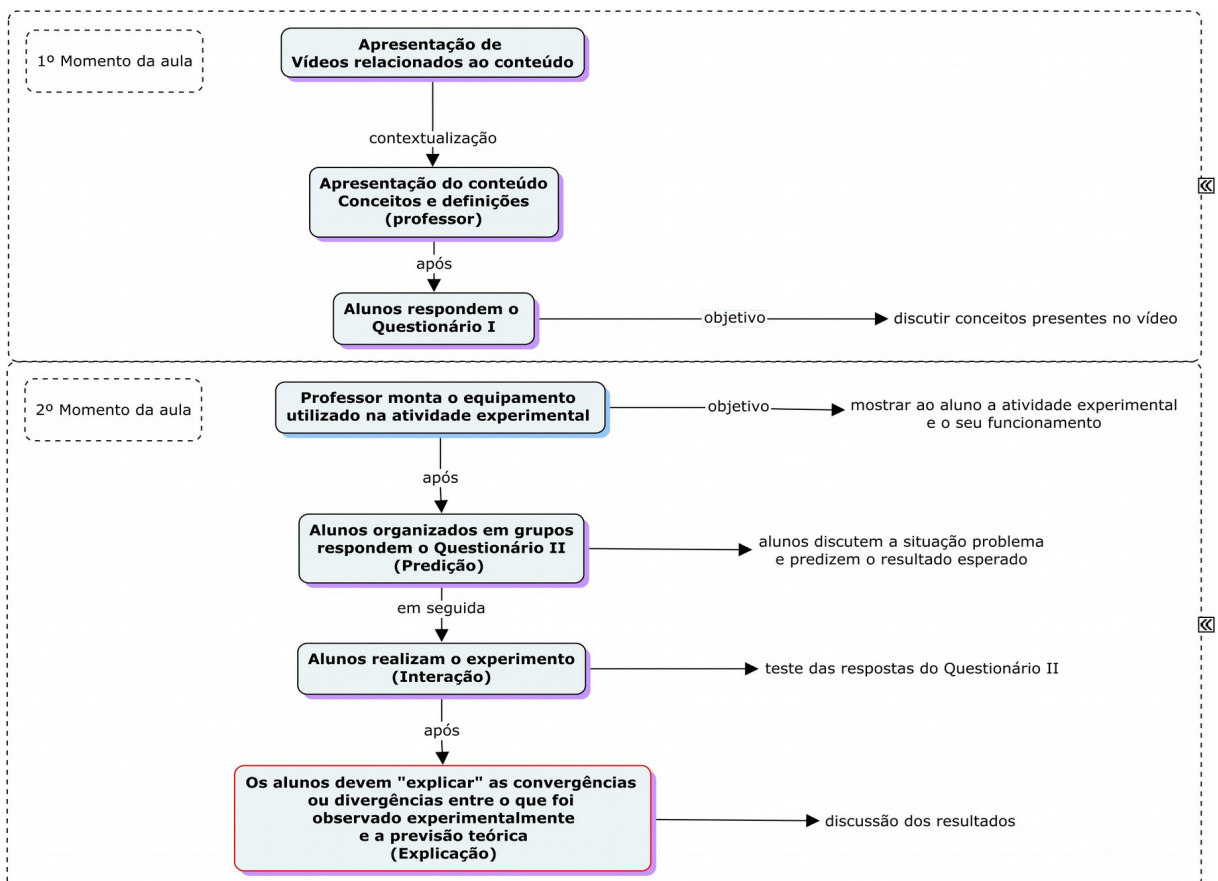


Figura 54: Sequência das atividades propostas com a metodologia P.I.E.

Para fazermos a avaliação da proposta didática, cada aluno respondeu individualmente o “Questionário de avaliação da proposta didática” (Apêndice G), onde procurou-se identificar pontos positivos e negativos relacionados ao

aprendizado, metodologia e material instrucional utilizado.

6.1 Avaliação dos estudantes

De acordo com o regimento escolar da instituição de ensino onde foi implementada nossa proposta, o professor deverá realizar com seus alunos ao longo do trimestre, no mínimo uma prova em cada uma das disciplinas em que leciona, além de trabalhos e atividades extraclasse para que possa atribuir um conceito final ao estudante.

Desta forma utilizamos esses instrumentos para avaliar o conhecimento dos estudantes ao longo da aplicação da proposta didática, além de questionários e atividades elaboradas de acordo com a metodologia P.I.E..

Os questionários presentes nos guias de atividade, pensados dentro de um contexto de avaliação formativa, serviram de instrumento de avaliação contínua da aprendizagem, uma vez que, proporcionaram informações que ajudaram a identificar a evolução dos conceitos. Sendo assim, a avaliação dos alunos foi sendo construída ao longo da aplicação da proposta, ou seja, durante a realização dos questionários I e II e da atividade prática.

Esta afirmação pode ser confirmada ao apresentarmos a análise da resposta da questão I presente Questionário 1.1 do Guia de Atividade da aula 1.. Nesta questão os alunos deveriam determinar a velocidade média do corredor Jamaicano Usain Bolt, fazendo uso da equação de velocidade média e dos dados apresentados no vídeo que mostra o atleta percorrendo os 100 m rasos em 9, 58 s.

Observamos que 86 alunos, de um total de 92 que responderam o questionário, determinaram corretamente o valor da velocidade média do atleta nessa prova, ou seja, usaram a equação corretamente. Porém, ao se analisar a resposta da questão II deste mesmo questionário a qual perguntava:

“É correto afirmar que o atleta que tem maior velocidade média sempre ganhará a corrida? Justifique sua resposta.”.

Verificamos que 68 alunos responderam que “*não*”, embora tivessem calculado corretamente o valor da velocidade média, ainda não compreendiam o conceito de velocidade média e suas aplicações.

Descrevemos algumas das justificativas apresentadas pelos alunos que acertaram a questão I:

“Não, porque o corredor poderá diminuir sua velocidade no meio da corrida e ser ultrapassado por outro corredor”. (Aluno B23).

“Não, porque no meio da prova ele poderá ficar cansando e diminuir sua velocidade final na chegada e perder a corrida.” (Aluno B26)

“Não, pois nem sempre a velocidade média manterá o atleta em primeiro lugar”. (Aluno A4)

“Não, pois o atleta pode variar a velocidade dependendo do estado do seu corpo e perder a prova”. (Aluno A19)

“Não, pois após atingir o máximo de sua velocidade o corredor pode diminuir muito a velocidade e ser ultrapassado, ou manter e vencer. É algo incerto”. (Aluno C25)

Ao analisarmos as respostas das questões I e II, percebemos que os alunos tiveram mais dificuldade de reconhecer o significado do termo velocidade média e suas aplicações do que apresentar o cálculo desta grandeza. Desta forma, a Atividade Prática 1.1, realizada após o Questionário 1.1., foi focada na questão conceitual.

Nesta atividade prática, os alunos através da aquisição de dados, determinaram a velocidade média de dois carrinhos descendo um plano inclinado simulando no experimento uma condição de tráfego urbano, onde um automóvel para e arranca a todo momento. Esta atividade proporcionou um momento de reflexão sobre o tema, levando os alunos a discutir novamente o conceito de velocidade média e suas aplicações. A evolução conceitual foi ocorrendo gradualmente durante a realização das atividades práticas, como pode ser percebida nesta nota de aula durante a realização da Atividade Prática 1.1.

“Agora eu entendi a diferença entre a velocidade média e a velocidade instantânea. A velocidade média é sempre a mesma durante toda a corrida. Antes, eu achava que a

velocidade média era aquela que o atleta tinha só no final da corrida, por isso é que eu achei, quando assisti o vídeo, que ele poderia até perder a corrida, mesmo tendo uma velocidade média maior na prova...”. (Aluno A4)

Durante a realização da Atividade Prática, o Aluno B26, explicava para a colega do seu grupo o significado da velocidade média:

“Nesse experimento, um dos carrinhos pode até ficar parado sobre a rampa durante o percurso, mas se a sua velocidade média for maior do que a do outro carrinho, ele chegará antes no final da rampa”. (Aluno B26)

Através dos registros de aula, foi possível percebermos a evolução conceitual que os alunos apresentaram após a realização da atividade prática.

Também podemos descrever a metodologia de avaliação formativa sendo aplicada em nosso trabalho ao compararmos a resposta dada a questão II presente no Questionário 6.1, do Guia de Atividades, respondida pelos alunos após a visualização do vídeo *“Falling Feather – acceleration of gravity⁴³”*, com a resposta apresentada para a questão IV do Questionário 6.2, respondida pelos alunos após a realização da Atividade Prática 6.1. As duas questões discutiam o conceito de aceleração gravitacional.

A questão II presente no Questionário 6.1, foi elaborada com o seguinte enunciado:

*“Um corpo (bolinha) que é arremessado verticalmente para cima, ao atingir sua altura máxima será encontrado em repouso (**velocidade igual a zero**) e logo em seguida iniciará seu movimento de descida. No ponto de altura máxima, o corpo está submetido a aceleração gravitacional? Justifique:”*

Observamos que 34 alunos, de um total de 89 alunos, responderam que “*não*”, embora tivessem lido e discutido em aula o artigo: *“Determinando a aceleração gravitacional”⁴⁴* e usado a função horária da posição para resolver diversos problemas do livro didático envolvendo o conceito de queda livre.

Apresentamos algumas justificativas citadas pelos alunos que responderam

43 <https://www.youtube.com/watch?v=2FR0pnQJIXE>

44 <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/GRAVIDADE.pdf>

“não” para a resposta da questão II presente no Questionário 6.1.

(Aluno A14)

Não, pois ela para por alguns segundos tendo a gravidade 0.

(Aluno A5)

Não, pois quando ela atingir sua altura máxima a aceleração gravitacional já vai ter diminuído.

(Aluno C21)

A velocidade do corpo vai diminuindo até ele parar, ou seja, vai desacelerando, e no ponto mais alto a aceleração gravitacional é nula.

De acordo com as justificativas apresentadas para a questão II, percebemos que os alunos, até aquele momento da aula, ainda não tinham compreendido de forma adequada o conceito de aceleração gravitacional e apresentavam dificuldades em reconhecer as condições necessárias para que um corpo fique em equilíbrio estático.

Desta forma procuramos focar a Atividade Prática 6.1 na compreensão dos conceitos de aceleração gravitacional, aceleração resultante e equilíbrio estático do corpo. Nesta atividade, os alunos determinaram a velocidade inicial e a aceleração de queda de uma bolinha de papel e na sequência desta atividade, os alunos responderam a questão IV do Questionário 6.2, a qual apresenta o seguinte enunciado:

“A aceleração que você encontrou para a bolinha pode ser chamada de aceleração gravitacional”? Justifique sua resposta”.

Esta questão procurava retomar o conceito de aceleração gravitacional e

aceleração resultante, permitindo uma reavaliação dos alunos sobre este conceito.

De acordo com o relato dos alunos, a distinção entre os conceitos de aceleração gravitacional e aceleração resultante somente ficou compreendida após realizarem a Atividade Prática 6.1, como podemos observar na resposta de alguns alunos:

(Aluno A14)

O valor da aceleração da gravidade não considera a resistência do ar, no caso, como a bolinha tem atrito com o ar encontramos a aceleração resultante. No início, quando a gente solta a bolinha a aceleração dela é a gravitacional (prox. a 10 m/s^2) depois vai diminuindo devido ao atrito com o ar.

(Aluno A5)

O nesse grupo encontrou $6,3 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da bolinha, porque tem atrito com o ar. Na verdade a bolinha começa a cair com aceleração da gravidade no início da queda, mas vai diminuindo pelo atrito.

(Aluno C21)

O valor da aceleração que encontramos foi a aceleração resultante da bolinha, porque a bolinha sofre atrito com o ar durante a queda. No início da queda a aceleração é maior, depois diminui por causa do ar. Achemos $6,6 \text{ m/s}^2$ para a aceleração de queda resultante da bolinha.

Durante a aplicação da proposta didática tivemos a preocupação de registrar cada tarefa apresentada pelos alunos, a fim de identificar uma evolução dos

conceitos estudados, desta forma a avaliação dos alunos foi sendo construída de forma contínua durante a aplicação da proposta, usando-se como parâmetros avaliativos a participação ativa nas atividades propostas, capacidade de interpretação e aplicação dos conceitos estudados na resolução de questões.

No final do trimestre, observamos que 72 alunos, de um total de 92, atingiram os objetivos propostos para esta unidade didática, tendo recebido “CSA” (Conceito Satisfatório de Aprendizagem).

6.2 Resultados da avaliação da proposta didática

Ao final do trimestre 90 alunos responderam o Questionário de Avaliação da Proposta Didática (Apêndice G) com o objetivo de avaliar a metodologia aplicada, o material instrucional desenvolvido e as atividades realizadas. Buscaram-se também, sugestões de melhorias em futuras aplicações da proposta didática. Este questionário foi respondido pelos alunos sem a necessidade de identificação.

A primeira questão relacionada a avaliação geral da proposta de ensino foi elaborada com o seguinte texto:

Questão 1 – *Como você avalia as atividades com aquisição automática de dados que você participou? Você considera ter aprendido alguma coisa? O quê? Comente sua resposta.*

Apresentamos algumas respostas dos alunos para esta questão.

(Aluno A14)

“Eu aprendi muito, foi muito difícil no começo, pois vim de uma escola fraca em física, sendo assim foi de grande utilidade esse ano na disciplina de Física. Como um exemplo principal, o terceiro trimestre, pois saiu daquela mesmice de passar em quadros e só copiar. As aulas foram bem elaboradas”.

(Aluno A22)

Aprendi mais dessa maneira, por conseguir assimilar mais as ideias de uma maneira real e instrutiva.

(Aluno B26)

Muito bom facilitou minha aprendizagem de uma forma que não fosse chata.

(Aluno C11)

Sim aprendi muitas coisas, gostei de participar das aulas práticas e aprendi todas lições.

(Aluno A17)

A aula prática teve bastante influência para mim, por ter dado um auxílio na melhoria da aprendizagem por meio de gráficos com situações reais.

Com base no questionário elaborado, verificou-se que dos 90 alunos que deram sua resposta, 66 aprovaram a proposta de trabalho, como podemos observar nos exemplos de respostas descritas acima.

Os alunos evidenciaram, através de suas respostas, compreender melhor o conteúdo por meio de atividades práticas que criaram o gosto pelo tema desenvolvido. Afirmaram que a aula, como foi ministrada, tornou-se mais dinâmica, compreensível e, conforme o Aluno B26 afirmou, *“facilitou a aprendizagem de uma forma que não fosse chata”*.

De acordo com questionário aplicado, também foi possível observar que alguns alunos continuaram demonstrando dificuldades no decorrer da aplicação das atividades práticas.

Conforme as respostas dadas, verificou-se que alguns alunos (três ao total) alegaram não ter prestado suficiente atenção no conteúdo abordado pelo professor, como podemos analisar através da afirmação do Aluno A11.

Do total analisado, três alunos afirmaram ainda mostrar-se muito confusos no que se refere a gráficos e fórmulas, como podemos identificar na resposta do Aluno A5.

Foi possível identificar que seis alunos afirmaram não ter compreendido o conteúdo conforme observa-se nas respostas confusas dadas pelo Aluno B4 e Aluno

B9.

No questionário aplicado, 12 alunos não deram resposta a esta questão.

(Aluno A11)

Achei meio confuso por falta de atenção minha, mas é uma ótima ferramenta de aprendizado.

(Aluno A5)

Apreendi, mas ainda confundo bastante os tipos de gráficos e fórmulas.

(Aluno B4)

Sim, aprendi e compreendi muitas das coisas no início do ano, as primeiras matérias, mas muitas não.

(Aluno B9)

Sim, algumas coisas aprendi mais e outras entendi menos.

A segunda questão procurava identificar a importância dos temas estudados.

Questão 2 – Houve algum tópico abordado no projeto que você desconhecia e ficou com vontade de saber mais? Comente.

Analisando as respostas dos alunos dadas no questionário, observamos que 54 alunos relataram que o tema abordado no projeto foi suficientemente esclarecido e que não demonstraram nenhum interesse em aprofundar-se em um tópico específico. Os demais alunos mostraram interesses variados, sendo que três alunos gostariam de aprofundar os estudos sobre gravidade, três sobre a criação de programas em computador, nove alunos apontaram interesse em fazer um estudo mais aprofundado no tema queda livre, nove alunos gostariam de realizar mais experimentos e doze queriam aprofundar mais seus conhecimentos em análises gráficas.

A terceira questão estava relacionada ao tempo de aplicação da proposta didática.

Questão 3 – *Você considera que o tempo destinado as atividades do projeto foi suficiente? Justifique sua resposta.*

Através da análise das respostas no questionário, verificou-se que cinquenta e sete alunos afirmaram não ser suficiente o tempo de dois períodos semanais para desenvolver todo o conteúdo. Muitos comentaram que o conteúdo é extenso e interessante e que a própria disciplina de Física deveria ser desenvolvida em mais tempo. Estas afirmações podem ser melhor observadas nas respostas citadas abaixo.

(Aluno A14)

Não, aulas de física requerem mais tempo, pois o professor tem que apitar entre teoria ou pratica, por falta de tempo

(Aluno B4)

Não, gostaria que tivesse tido mais tempo para os experimentos.

(Aluno B10)

Minimo deveria ser 3 períodos por semana. Não, o

(Aluno B18)

Não, a aula de física é muito boa deveria haver mais períodos.

(Aluno C11)

Não, os assuntos são longos e interessantes e só 2 horas, mesmo é bom, não é o suficiente

As respostas das questões 4, 5, 6, 7 e 8 estão dispostas na Tabela 6, com objetivo de favorecer a análise e compreensão dos dados.

Tabela 6: Dados referentes às questões 4, 5, 6, 7 e 8.

	CF	C	I	D	DF
Questão 4: O equipamento utilizado em sala de aula para fazer aquisição de dados:					
4.a: é fácil de ser utilizado em sala de aula	39	45	3	3	0
4.b: é complicado e pouco atrativo	0	0	3	60	27
4.c: despertou meu interesse em aprender Física	38	39	13	0	0
4.d: despertou meu interesse de construir meu próprio equipamento	30	26	26	8	0
Questão 5: Em relação aos vídeos que foram apresentados no projeto, você acredita que:					
5.a: ajudaram a compreender melhor a Física presente no dia a dia	55	35	0	0	0
5.b: não colaboraram em nada para meu aprendizado	2	3	0	30	55
5.c: os vídeos apresentados pouco contribuíram para o meu aprendizado	0	5	7	30	48
5.d: ajudaram a entender os conceitos físicos estudados	42	42	3	3	0
Questão 6: Em relação ao aprendizado, assinale:					
6.a: melhorou, pois consigo relacionar os conceitos de Física estudados com o meu cotidiano	17	45	28	0	0
6.b: o projeto não contribuiu para o meu aprendizado na disciplina de Física	0	2	3	45	40
6.c: foi regular, pois a metodologia de trabalho em grupo não ajudou muito para meu aprendizado	3	4	5	45	33
6.d: a discussão em grupo, fez com que meu aprendizado melhorasse muito	35	32	13	10	0
Questão 7: Em relação a metodologia aplicada para este tipo de aula, você considera que:					
7.a: foi adequada a proposta de trabalho apresentada, buscando em grupo soluções para as questões	38	42	7	3	0
7.b: as atividades deveriam ser propostas individualmente a cada aluno para o próximo ano	7	11	17	30	25
7.c: seria necessário que tivesse mais equipamentos (um para cada grupo)	25	30	28	7	0
Questão 8: Em relação ao uso do <i>datashow</i>:					
8.a: a realização dos experimentos e apresentação para toda a turma no <i>datashow</i> ajudaram a entender o conteúdo	40	42	18	0	0
8.b: não haveria necessidade de usado o <i>datashow</i> para mostrar os gráficos	0	0	7	32	51

As questões colocadas na Tabela 6 referem-se aos recursos e metodologia utilizados durante a aplicação da proposta didática, sendo que os números apresentados nas últimas cinco colunas à direita da tabela informam o número de alunos que atribuíram um dos seguintes critérios de avaliação:

- ✓ CF = concordo fortemente
- ✓ C = Concordo
- ✓ I = Indeciso
- ✓ D = Discordo
- ✓ DF =Discordo Fortemente

De acordo com as respostas obtidas para a Questão 4, podemos concluir que o equipamento desenvolvido para a aquisição de dados mostrou-se de fácil utilização em sala de aula, despertando nos alunos o interesse pelo estudo da Física.

A utilização dos vídeos mostrou-se como um importante material para a introdução de cada um dos conceitos estudados, facilitando a compreensão dos alunos conforme podemos perceber nas respostas dadas à questão 5.

Em relação a Questão 6, percebeu-se que a maioria dos alunos experimentou uma melhora na sua compreensão da Física ao relacionar o conteúdo estudado como o cotidiano, sendo que a discussão em grupo foi apontada como um dos elementos que favoreceu o entendimento dos temas desenvolvidos.

No que se refere a Questão 7, onde analisou-se a aplicação da metodologia P.I.E., podemos perceber que está adequada a proposta de trabalho apresentada, podendo ser explorada de maneira mais eficaz com o uso de mais equipamentos para aquisição de dados, preferencialmente um para cada grupo de alunos. Também deve ser considerado que o uso do *datashow* mostrou-se como uma importante ferramenta para uma discussão em grupo dos resultados e melhor compreensão dos mesmos, como observa-se nas respostas dadas à Questão 8.

Questão 9 – *Você já conhecia a placa Arduino? Em caso positivo, mencione seu contato prévio com ela.*

Através da análise das respostas no questionário, verificou-se que dos 90 alunos que responderam o questionário, somente três alunos demonstraram que já conheciam a placa Arduino, sendo que dois deles conheciam superficialmente e um

dos alunos conhecia de maneira mais aprofundada, devido a um curso de robótica que fizera.

Questão 10 – *Pensando em uma aplicação futura das atividades de aquisição automática de dados com seus colegas, o que poderia ser melhorado? Por quê?*

Observamos que as respostas dos alunos a esta questão se relacionam a situações tais como:

- ✓ Falta de mais equipamentos para a realização das atividades práticas;
- ✓ Poucos períodos por semana para a disciplina de Física;
- ✓ Carga horária dos períodos de Física separados na semana, dificultando o desenvolvimento da atividade.
- ✓ Falta de uma disciplina no currículo da escola, voltada à programação.

No Capítulo 7 apresentamos as considerações finais desta dissertação.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais metas do presente trabalho, consistiu na busca por uma alternativa para reduzir as dificuldades encontradas pelos professores de Física em realizar atividades experimentais com aquisição automática de dados. Para este fim, conforme destacamos na Introdução, desenvolvemos um material instrucional de baixo custo com a utilização de tecnologias livres, voltado para o ensino de Cinemática e Dinâmica no Ensino Médio lançando mão da placa de prototipagem Arduino-UNO. Tal material foi desenvolvido baseado no conceito de Recursos Educacionais Abertos (REA) que permite que todo ele possa ser utilizado livremente, estudado, adaptado, copiado e distribuído às condições e interesses de professores e usuários a qualquer momento.

Julgamos pertinente destacar o caráter filosófico do uso de REA quando pretendemos colaborar para uma Educação Libertadora. Para alcançá-la, entre outras coisas, é preciso repensar a prática em sala de aula e reconhecer a importância que o uso de tecnologias livres e recursos educacionais abertos podem trazer para a formação de indivíduos autônomos com espírito crítico.

Neste trabalho optamos por desenvolver um material instrucional que proporcionasse a contextualização, compreensão e envolvimento dos alunos no estudo da disciplina de Física já no primeiro ano do Ensino Médio, assim, o conteúdo de Cinemática e Dinâmica foi uma alternativa encontrada para a aplicação deste tipo de recurso didático.

Por acreditarmos que as atividades experimentais devam ser planejadas a fim de que os alunos possam avaliar suas próprias ideias e concepções, optamos pelo uso da metodologia P.I.E., que permitiu o estabelecimento de discussões em sala de aula em pequenos grupos, e com a turma toda. A adoção de tal metodologia possibilitou a realização de aulas mais dinâmicas, contando com a participação efetiva dos alunos durante a realização das atividades práticas.

Também optamos por elaborar guias onde descrevemos várias atividades retomando constantemente diferentes conceitos, permitindo ao aluno, analisar o problema proposto de diferentes formas, auxiliando-o em seu processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos.

Um ponto positivo a ser destacado, foi o uso de vídeos introdutórios, que tiveram a finalidade de promover uma contextualização dos temas propostos para o estudo, favorecendo muito a aplicação da proposta didática e despertando o interesse dos alunos pelos conceitos estudados.

Acreditamos que a multiplicação deste projeto será facilitada pela disseminação de instrumentos de fabricação digital, como a Fresadora de Placas de Circuito Impresso João-de-Barro, que viabiliza que instituições elaborem seus instrumentos a uma fração do custo dos usualmente encontrados no mercado.

Os resultados de aprendizagem descritas neste trabalho indicam que o uso de experimentos com aquisição automática de dados nas aulas de Física em conjunto com uma metodologia adequada de ensino podem contribuir para o aprendizado dos alunos, pois propiciam uma contextualização do conteúdo e permitem que os episódios de ensino sejam centrados no aluno e não apenas no professor.

A título de reflexão pessoal sobre futuras aplicações do material instrucional desenvolvido neste trabalho, acredito ser necessário que cada um dos pequenos grupos tenha a sua disposição um equipamento para a realização dos experimentos e aquisição de dados, dessa forma a aula tornar-se-á ainda mais dinâmica e a proposta didática aqui apresentada poderá ser trabalhada em um período de tempo menor. Também é importante destacar a necessidade de se ter períodos geminados na carga horária para a disciplina de Física, de modo a otimizar o tempo gasto na montagem do equipamento e permitir uma melhor exploração dos recursos trazidos para sala de aula.

Um ponto a ser melhorado em nosso trabalho, o qual requer um pouco mais de estudo e conhecimento por parte do autor, diz respeito à apresentação dos programas gráficos. Acreditamos que seria interessante elaborar uma rotina de eventos, onde os programas em *Python* possam ser selecionados em uma lista pelo usuário, durante a realização da atividade experimental, dando uma aparência mais “profissional” ao *software*.

Como professor de Física do Ensino Médio e também de matemática nas séries finais do Ensino Fundamental, acredito que se pretendemos que nosso aluno aprenda de forma significativa, devemos desenvolver materiais que permitam uma

boa inter-relação entre teoria e prática, através da discussão e reflexão sobre os conceitos e suas aplicações no mundo real. Também é a chance de mostrarmos ao aluno que a ciência não é uma série de verdades inquestionáveis, e que pressupõem um processo de construção e avaliação permanente de modelos científicos.

Para finalizar, apresento duas considerações pessoais, que me orientaram ao longo do trabalho: *“Ensinar é fazer com que o ser humano tenha habilidades de buscar respostas para compreender o universo. Para Aprender é preciso ter consciência de si mesmo e de suas próprias limitações”*.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. Products. [2012?]. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/Products#Uyx-BqhdUI8>. Acesso em: 05 jan. 2014.
- ARAUJO, I.S. *Açdados*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/material/joystickNTC.html>>. Acesso em: 15 out. 2014. *Software* para leitura das entradas da porta de jogos.
- ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.4, n.3, p. 5-18, 2004.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., HANESIAN H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BORGES, A.T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro para o Ensino de Física**, v. 19, n. 03, p. 291-313, 2002.
- CAVALCANTE, M. A. Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro para o Ensino de Física**, v. 30, n. 03, p. 579-613, 2013.
- CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L.C.P. Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 1-5, 2008.
- CAVALCANTE, M.A; TAVOLARO, C.R.C; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 1-9, 2011.
- CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L.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**, v. 31, n. 4, p. 1-6, 2009.
- CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA. Disponível em: <<http://cta.if.ufrgs.br/>>. Acesso em: 26 jul. de 2014.
- DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010. 184 f. Tese de doutorado – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- EDUCAÇÃO ABERTA. Recursos Educacionais Abertos (REA): Um caderno para professores. Campinas, SP: **Educação Aberta**, 2011. Disponível em: <<http://www.educacaoaberta.org/>>. Acesso em 20 mar. 2014.
- FIGUEIRA, J. S. **Atividades de Aquisição de Dados no Laboratório de Física em Cursos de Tecnologia**. 2005, 182 f. Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando Excel para Medidas de Intervalo de Tempo no Laboratório de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n.2, p.203-211, set. 2004.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir aquisição automática de dados no laboratório didático de Física? **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 89-94, 2005.

BEZERRA Jr, A.G., et al. Tecnologias Livres e Ensino de Física: uma experiência na UTFPR. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 18., 2009, Vitória. **Anais Eletrônicos**. Espírito Santo. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_tecnologiaslivreseensino.trabalho>. Acesso em: 10 jan. 2014.

Licenças Creative Commons Disponível em; <<https://creativecommons.org/about/downloads>> Acesso em: 05 de maio de 2014.

MOREIRA, M.A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

NETO, B. D. **Aprendizagem de conceitos físicos relacionados com circuitos elétricos em regime de corrente alternada com uso da placa Arduino**. 2013. 158 f. Dissertação de Mestrado Acadêmico em Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PLATAFORMA ARDUINO UNO. Imagem Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Arduino-uno-perspective-transparent.png>> Acesso em: 05 de maio de 2014.

SIAS, D. B. **Aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio**. 2006. 190 f. Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SILVA, L. F. **Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de Física do ensino médio**. 2005. 144 f. Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOARES, R.R.; BORGES, P.F., O Plano Inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 2501, 2010.

SOUZA, A.R., et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1-5, 2011.

UNESCO. **Declaração REA DE PARIS EM 2012**. Paris, mar. 2012.

Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Portuguese_Paris_OER_Declaration.pdf> Acesso em: 20 mar. 2012. Documento do CONGRESSO MUNDIAL SOBRE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS (REA) realizado em Paris.

APÊNDICE – A

Neste Apêndice apresentamos os esquemas elétricos e desenhos das placas dos três modelos de *Shield* desenvolvidos neste projeto. Os desenhos das placas estão na escala 1:1 (tamanho real do *Shield*).

Shield Galileu Cronômetro

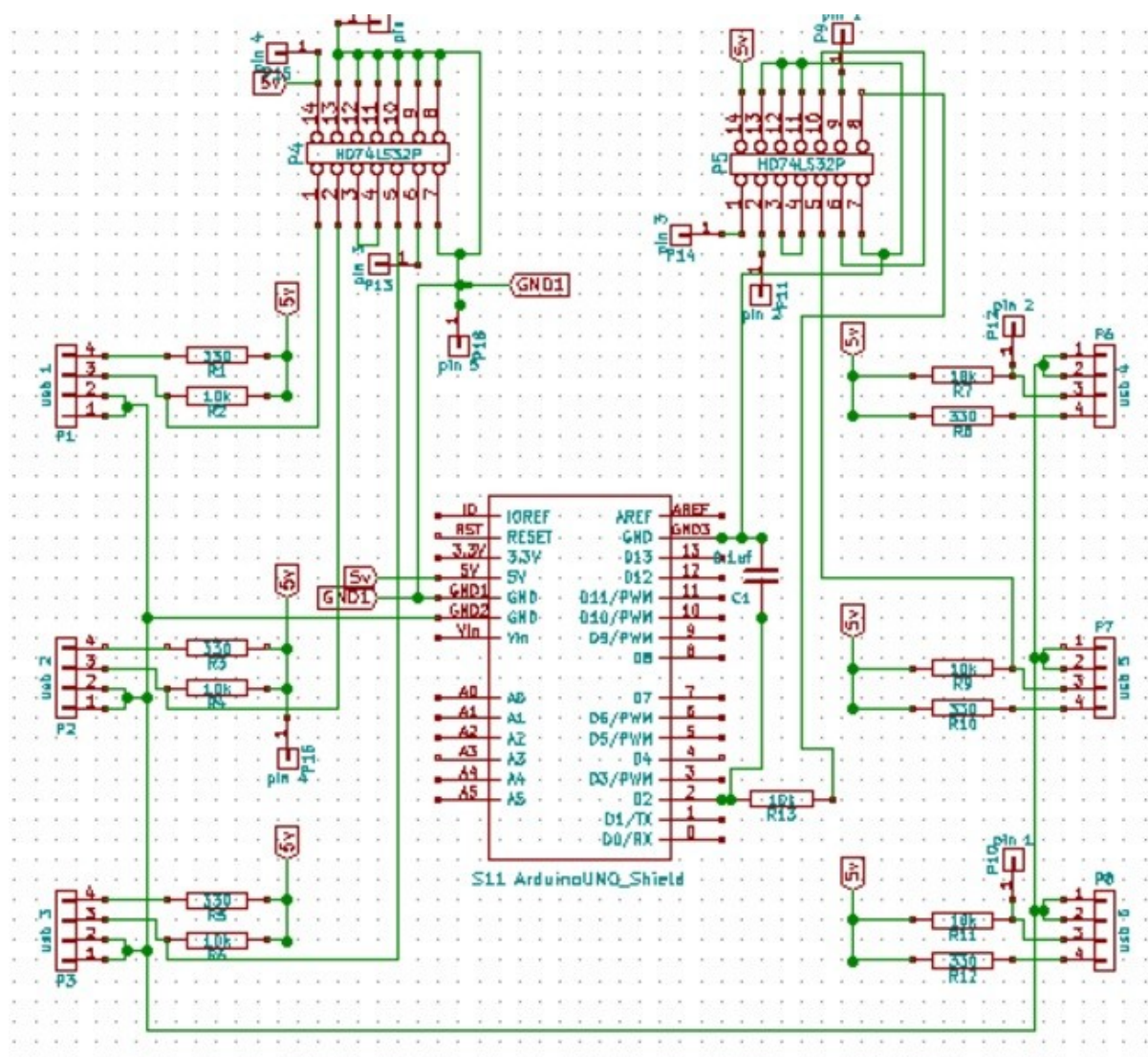


Figura 1: Esquema elétrico do circuito *Shield* Galileu Cronômetro

Shield Galileo Cronômetro Líquidos

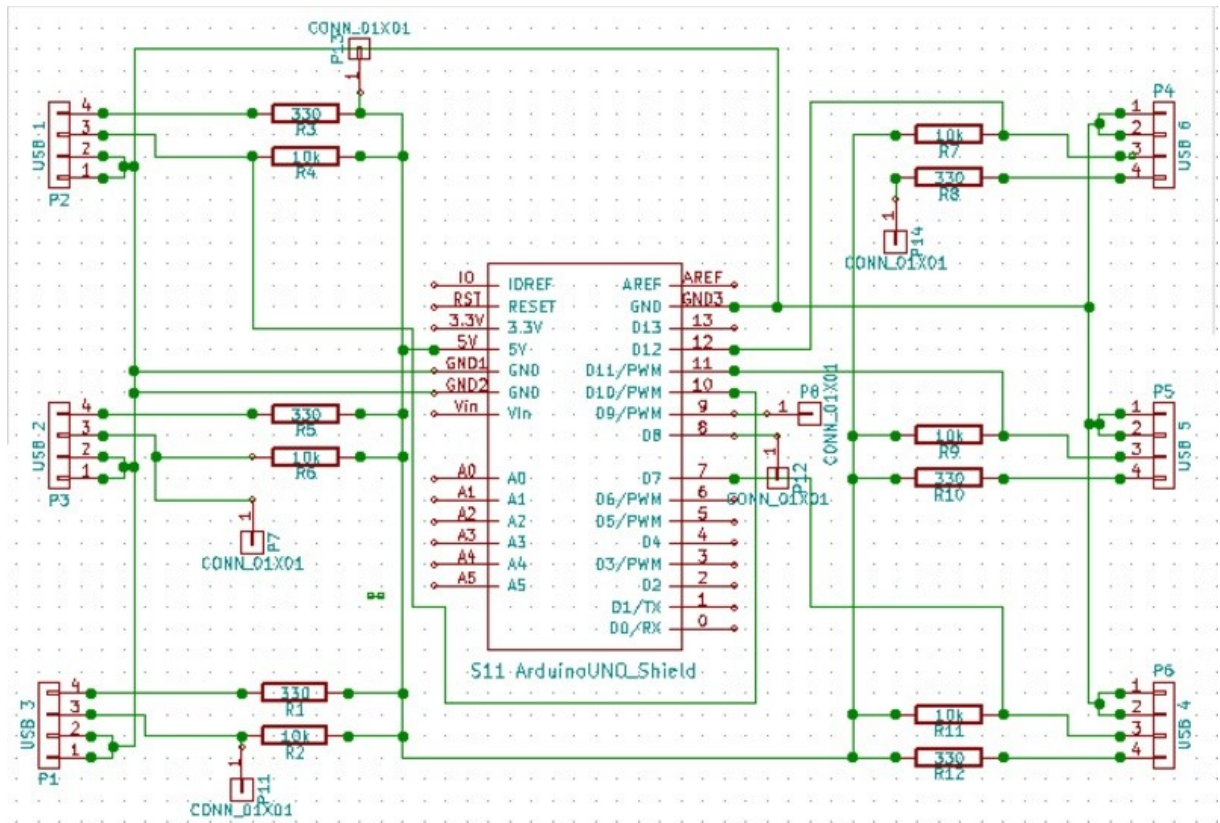


Figura 6: Esquema elétrico do *Shield Galileo Cronômetro Líquidos*

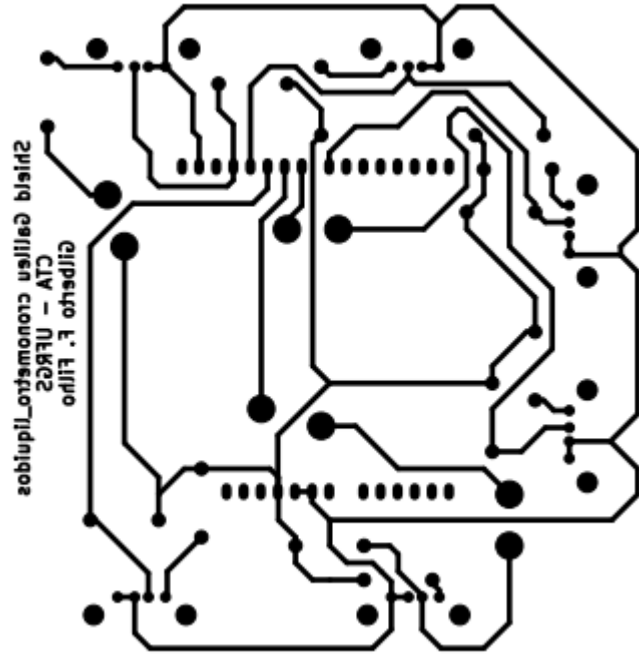


Figura 7: Desenho da placa

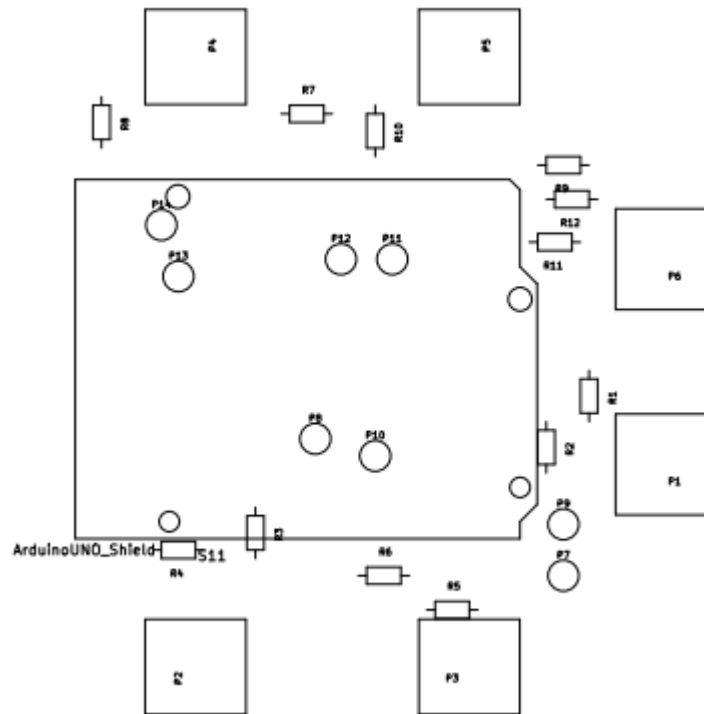


Figura 8: Disposição dos componentes na placa

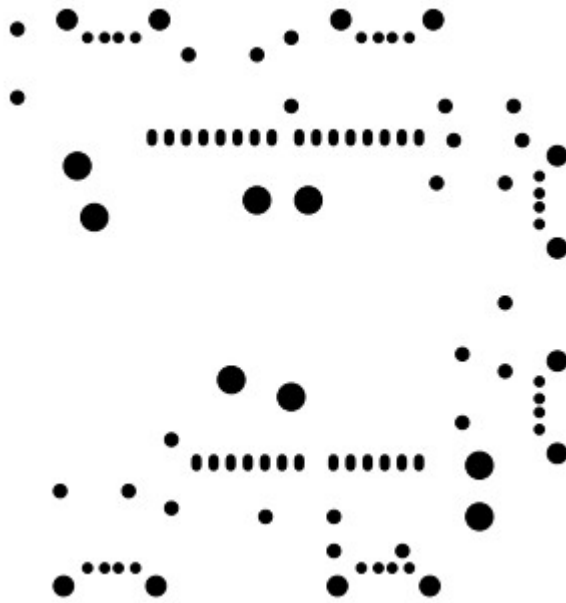
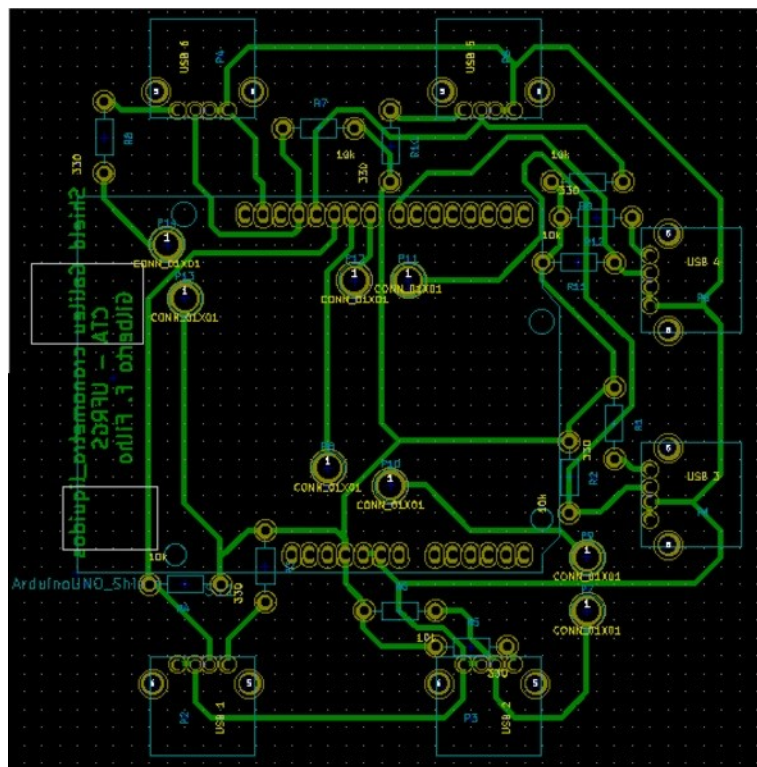


Figura 9: Disposição dos furos da placa



(não está na escala 1:1)

Figura 10: Desenho da placa com os componentes

Shield Galileu Cronômetro Ultrassônico

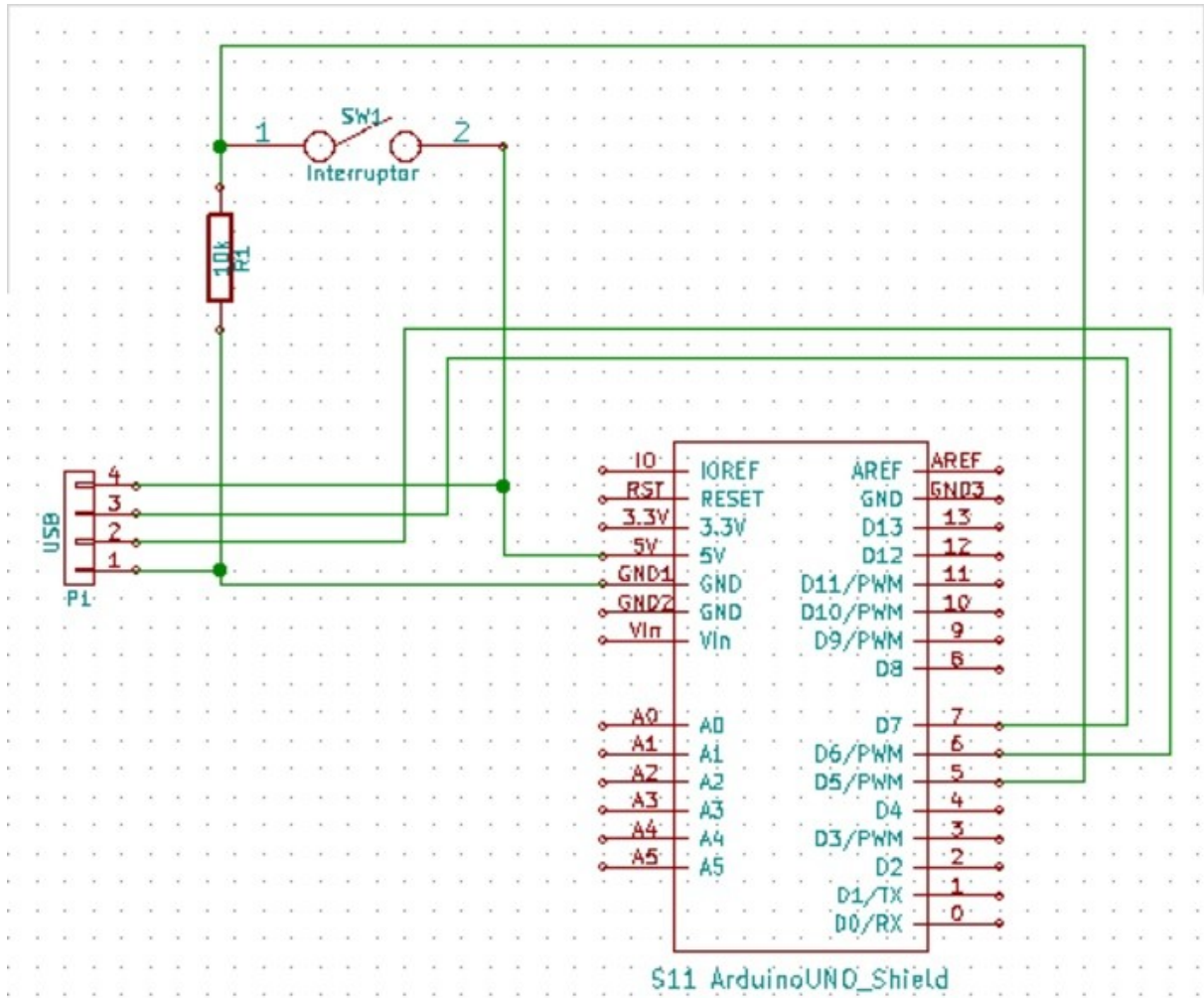


Figura 11: Esquema elétrico do *Shield Galileu Ultrassônico*

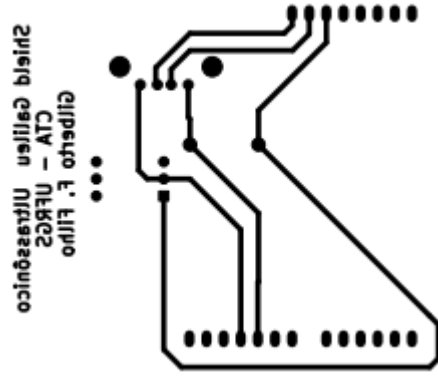


Figura 12: Desenho da placa

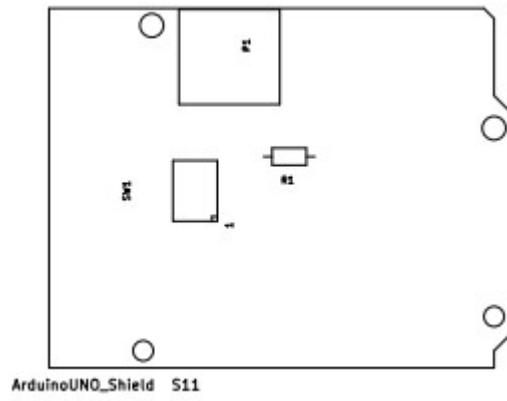


Figura 13: Disposição dos componentes na placa

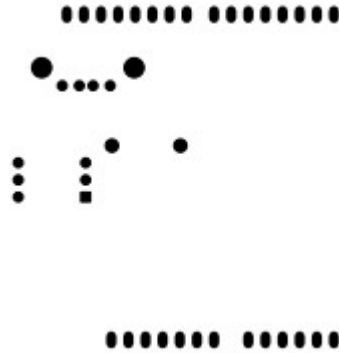
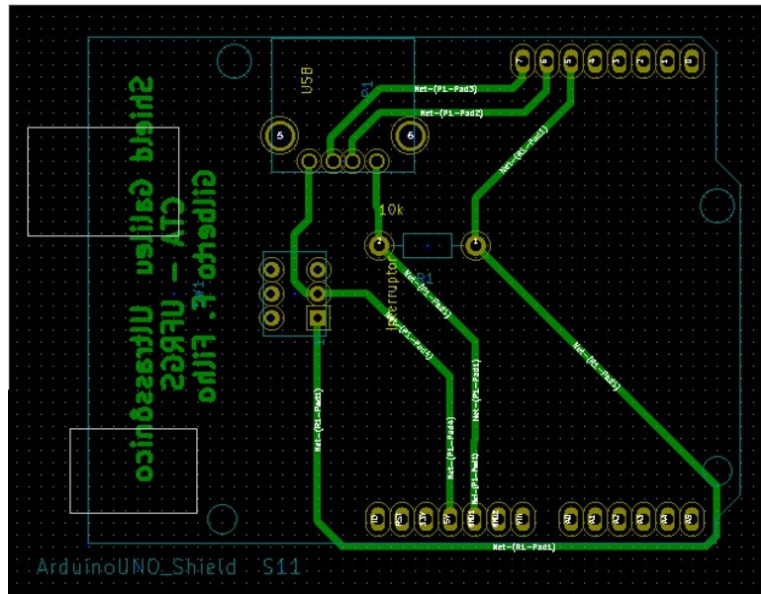


Figura 14: Disposição dos furos da placa



(não está na escala 1:1)

Figura 15: Desenho da placa com os componentes

Esquema elétrico dos cabos do equipamento

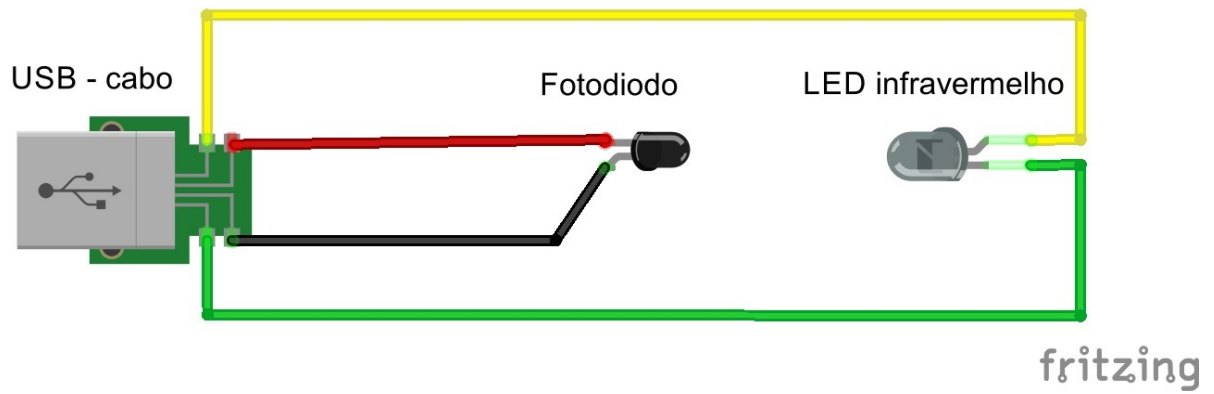


Figura 16: Desenho dos cabos com sensores infravermelho

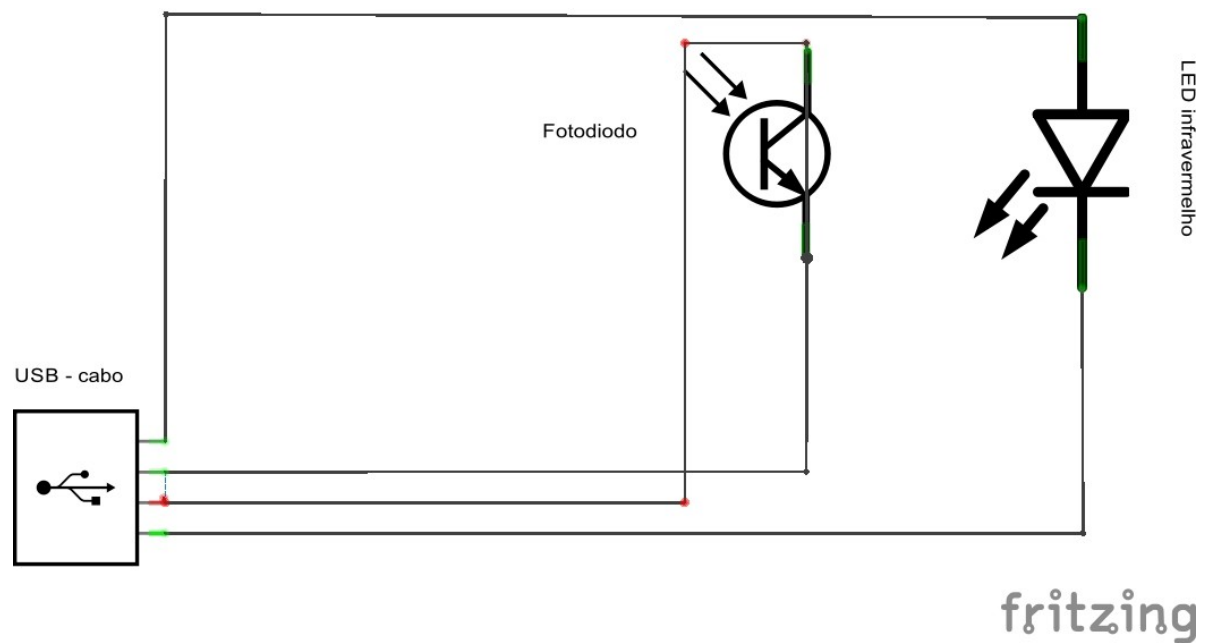


Figura 17: Esquema elétrico dos cabos com sensores infravermelhos

APÊNDICE – B

Neste Apêndice apresentamos os três *softwares* que deverão ser executados na placa Arduino, de acordo com o *Shield* utilizado no experimento.

cronometro.ino

```

/*
Software que deverá ser utilizado com o Shield Galileu cronômetro
Trabalho do Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
Junho de 2014
*/

int TIMEOUT=3000;
long int t0,ultimapassagem;
bool primeiro=true;
const int botao = 2;

void setup()
{
  pinMode (botao, INPUT);
  digitalWrite (botao, LOW);// alterado de high para low
  attachInterrupt(0, conta_tempo, RISING);// alterado de falling para rising

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  if(!primeiro)

    if(millis()-ultimapassagem> TIMEOUT )
    {
      primeiro=true;
      //Serial.println("0 ");
    }

}

void conta_tempo()
{
  if(primeiro)
  {
    t0=millis();
    primeiro=false;
  }
  Serial.println(millis()-t0);
  ultimapassagem=millis();
}

```

cronometroliquidos.ino

```

/*
Software que deverá ser utilizado com o Shield Galileu cronômetro Líquidos
Trabalho do Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
Junho de 2014
*/

const int Sensor1 = 10;
const int Sensor2 = 9;
const int Sensor3 = 8;
const int Sensor4 = 7;
const int Sensor5 = 11;
const int Sensor6 = 12;

unsigned long t0; // tempo inicial
unsigned long t1; // tempo final no sensor2
unsigned long t2; // tempo final no sensor3
unsigned long t3; // tempo final no sensor4
unsigned long t4; // tempo final no sensor5
unsigned long t5; // tempo final no sensor6

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Sensor1, INPUT);
  pinMode(Sensor2, INPUT);
  pinMode(Sensor3, INPUT);
  pinMode(Sensor4, INPUT);
  pinMode(Sensor5, INPUT);
  pinMode(Sensor6, INPUT);
}

void loop()
{
  //Serial.print("Iniciando em 2s...");
  delay(2000); // aguarda dois segundos

  // Sensor1 -----
  // Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor1...");
  while(digitalRead(Sensor1) == LOW)
  {
    ; // Aguarda o primeiro sensor.
  }
  t0 = millis(); // captura o tempo corrente em t0
  //Serial.print("t0 (ms) = "); Serial.println(t0);

  // Sensor2 -----
  //Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor2...");
  while(digitalRead(Sensor2) == LOW)
  {
    ; // Aguarda o segundo objeto.
  }
  t1 = millis(); // captura o tempo corrente em t1
  //Serial.print("t1 (ms) = "); Serial.println(t1);
}

```

```

//Sensor3-----
//Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor3...");
while(digitalRead(Sensor3) == LOW)
{
  ; // Aguarda o segundo objeto.
}
t2 = millis(); // captura o tempo corrente em t2
//Serial.print("t2 (ms) = "); Serial.println(t2);

//Sensor4-----
//Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor4...");
while(digitalRead(Sensor4) == LOW)
{
  ; // Aguarda o segundo objeto.
}
t3 = millis(); // captura o tempo corrente em t3
//Serial.print("t3 (ms) = "); Serial.println(t3);

//Sensor5-----
// Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor5...");
while(digitalRead(Sensor5) == LOW)
{
  ; // Aguarda o segundo objeto.
}
t4 = millis(); // captura o tempo corrente em t4
//Serial.print("t4 (ms) = "); Serial.println(t4);

//Sensor6-----
// Serial.println("Aguardando a resposta do Sensor6...");
while(digitalRead(Sensor6) == LOW)
{
  ; // Aguarda o segundo objeto.
}
t5 = millis(); // captura o tempo corrente em t5
//Serial.print("t5 (ms) = "); Serial.println(t5);

// Calculo -----
//Serial.print("Tempo decorrido 1_2 (ms): ");
Serial.println(t1-t0);
//Serial.print("Tempo decorrido 1_3 (ms): ");
Serial.println(t2-t0);
//Serial.print("Tempo decorrido 1_4 (ms): ");
Serial.println(t3-t0);
//Serial.print("Tempo decorrido 1_5 (ms): ");
Serial.println(t4-t0);
//Serial.print("Tempo decorrido 1_6 (ms): ");
Serial.println(t5-t0);

//Serial.println("Experimento finalizado...");
//Serial.println("Reset o Arduino...");
while (1); // loop infinito. reset o arduino para um novo experimento.
}

```

Ultrasonic.h

```

/*
Biblioteca que deverá ser carregada na pasta onde estiver instalado o Arduino.
Ultrasonic.h - Library for HR-SC04 Ultrasonic Ranging Module.
Created by ITEAD studio. Alex, Apr 20, 2010.
iteadstudio.com
*/

#ifndef Ultrasonic_h
#define Ultrasonic_h

// #include "WProgram.h"

#define CM 1
#define INC 0

class Ultrasonic
{
public:
    Ultrasonic(int TP, int EP);
    long Timing();
    long Ranging(int sys);

private:
    int Trig_pin;
    int Echo_pin;
    long duration, distacne_cm, distance_inc;
};

#endif

```

ultrassom.ino

```

/*
Software que deverá ser utilizado com o Shield Galileu ultrassônico
Trabalho do Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
Junho de 2014
*/

#include "Ultrasonic.h"
#define echoPin 6 //Pino 6 recebe o pulso do echo
#define trigPin 7 //Pino 7 envia o pulso para gerar o echo
//iniciando a função e passando os pinos
// permite a coleta de dados de distancia para plotar grafico no Calc. ou Excel.
// intervalo de tempo para o gráfico 0,2s, 200 milisegundos.
Ultrasonic ultrasonic(7,6);
const int Botao = 5; // botão para disparo do programa;

void setup()

```

```

{
  Serial.begin(9600); //inicia a porta serial
  pinMode(echoPin, INPUT); // define o pino 6 como entrada (recebe)
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // define o pino 7 como saída (envia)
  pinMode(Botao, INPUT); // declara a entrada do botao no pino 5;
}

void loop()
{
  while(digitalRead(Botao) == LOW); // o programa espera o botao ir para nivel alto;

  //Serial.print(""); // abrir coluna no Calc.

  //seta o pino 7 com um pulso baixo "LOW" ou desligado ou ainda 0
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  // delay de 2 microssegundos
  delayMicroseconds(2);
  //seta o pino 7 com pulso alto "HIGH" ou ligado ou ainda 1
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  //delay de 10 microssegundos
  delayMicroseconds(10);
  //seta o pino 7 com pulso baixo novamente
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  // função Ranging, faz a conversão do tempo de resposta do echo em cm e armazena na variavel distancia

  int distancia = (ultrasonic.Ranging(CM));

  //Serial.print("Distancia em CM: ");
  //Serial.print("<");
  Serial.println(distancia);
  // Serial.print(">"); // Datos columnna 1
  //Serial.print("");
  // Serial.print(" "); //encerra coluna
  //Serial.println(distancia);
  delay(200); //espera 200 milisegundos para fazer a leitura novamente
}

```

APÊNDICE – C

Neste Apêndice apresentamos os programas em *Python* utilizados para fazer a representação gráfica dos dados. Estes programas deverão ser executados conjuntamente com os programas que rodam na placa Arduino.

velocidade_média.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Grafico (velocidade media)/
#referencial:ponto de lançamento-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####1: Altura em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Velocidade Media x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('velocidade media (m/s)', color='black', fontsize='20')
```



```

xx=np.arange(0.0, 3500, 50)
print ('velocidade media (m/s)=')
print (750/float(temp_6))
print ('deslocamento (m)=')
print ((.75/float(temp_6))*float(temp_6))
###Tempo_1
print ('tempo_1 =')
print (float(temp_2))
###Tempo_2
print ('tempo_2 =')
print (float(temp_3))
###Tempo_3
print ('tempo_3 =')
print (float(temp_4))
###Tempo_4
print ('tempo_4 =')
print (float(temp_5))
###Tempo_5
print ('tempo_5 =')
print (float(temp_6))

plt.plot(xx,(750/float(temp_6))*np.ones(len(xx)))
plt.grid(True)
plt.show()

```

velocidade_instantanea.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Grafico de velocidade instantanea/1 Dado
#referencial:ponto de partida-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

```

```
#####1:Deslocamento em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
#rect.set_facecolor('#A4FFB0')
rect.set_facecolor('white')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Velocidade x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(miliseundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('velocidade (m/s)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.plot(xx,1000*(2*z[0]*xx+z[1]))
print ('velocidade (m/s)=')
print 2*z[0]*xx*1000
plt.grid(True)
plt.show()
```

velocidade_instantanea_3Dados.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Graficos de velocidades/3 DADOS
#referencial:ponto de lançamento-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()
```

```

temp_6 = ser.readline()

##### Altura em funcao do Tempo - sem o zero
#####Grafico_1
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
#rect.set_facecolor('#A4FFB0')
rect.set_facecolor('white')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Velocidade x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milsegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('velocidade (m/s)', color='black', fontsize='20')

#####Grafico_1: Velocidade
xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
#print ('aceleração 1=')
#print 2*z[0]*1000000
#plt.scatter(float(temp_6),(1000*(2*z[0])*(float(temp_6))))
plt.plot(xx,1000*(2*z[0]*xx+z[1]))
print ('veloc_final_1=')
print (1000*(2*z[0])*(float(temp_6)))
#plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

#####Grafico_2: Velocidade
temp_7 = ser.readline()

temp_8 = ser.readline()

temp_9 = ser.readline()

temp_10 = ser.readline()

temp_11 = ser.readline()

temp_12 = ser.readline()

x2 = np.array([float(temp_8), float(temp_9), float(temp_10), float(temp_11), float(temp_12)])
y2 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x2, y2, 2)
#print ('aceleração 2=')
#print 2*z[0]*1000000
#plt.scatter(float(temp_12),(1000*(2*z[0])*(float(temp_12))))
plt.plot(xx,1000*(2*z[0]*xx+z[1]))
print ('veloc_final_2=')
print (1000*(2*z[0])*(float(temp_12)))

```

```

plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

#####Grafico_3: Velocidade
temp_13 = ser.readline()

temp_14 = ser.readline()

temp_15 = ser.readline()

temp_16 = ser.readline()

temp_17 = ser.readline()

temp_18 = ser.readline()

x3 = np.array([float(temp_14), float(temp_15), float(temp_16), float(temp_17), float(temp_18)])
y3 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x3, y3, 2)
#print ('aceleração 3=')
#print 2*z[0]*1000000
print ('tempo final_1=')
print float(temp_6)
print ('tempo final_2=')
print float(temp_12)
print ('tempo final_3=')
print float(temp_18)
plt.scatter(float(temp_18),(1000*(2*z[0])*(float(temp_18))))
plt.plot(xx,1000*(2*z[0])*xx+z[1])
print ('veloc_final_3=')
print (1000*(2*z[0])*(float(temp_18)))
#plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)
plt.show()

```

mov_esfera.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Gráfico de posicao em função do tempo
# referencial:primeiro sensor
#####

from Tkinter import * # importa a biblioteca grafica
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600
porta = '/dev/ttyUSB0'

```

```

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

#temp_6 = ser.readline()

##### Altura em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_1), float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5)])
#y1 = np.array([-0.15, -0.30, -0.45, -0.60, -0.75])
y1 = np.array([-0.10, -0.20, -0.30, -0.40, -0.50])
#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
#rect.set_facecolor('#A4FFB0')
rect.set_facecolor('white')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('altura (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0, 1000, 50)
#z = np.polyfit(x1, y1, 2)
#z = np.polyfit(x1, y1, 3)
#print ('aceleração =')
#print 2*z[0]*1000000
#x2 = x1
#y2 = y1 + 0.15

plt.scatter(x1,y1)
#plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
#plt.plot(xx,z[0]*xx**3+z[1]*xx**2+z[2]*xx+z[3])
plt.grid(True)
plt.show()

```

velocidade_instantanea_acel.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Grafico de velocidade instantanea e aceleração/1 Dado
#referencial:ponto de partida-Plano Inclinado

```

```
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####1:Deslocamento em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([-0.15, -0.30, -0.45, -0.60, -0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(2, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Velocidade x tempo', color='black', fontsize='20')
#ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('velocidade (m/s)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.plot(xx,1000*(2*z[0]*xx+z[1]))
print ('velocidade (m/s)=')
print 2*z[0]*xx*1000
plt.grid(True)

#####Grafico_2: Aceleracao em funcao do Tempo
ax2 = fig.add_subplot(2, 1, 2, axisbg='white')
ax2.set_xlabel('tempo (milisegundos)', color='black', fontsize='14')
ax2.set_ylabel('aceleracao (m/s2)', color='black', fontsize='14')
xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
plt.plot(xx,2000000*z[0]*np.ones(len(xx)))
plt.grid(True)
plt.show()
```

pos_x_1Dado_Ref_1.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Gráfico (posição)/referencial:primeiro sensor-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####1:Deslocamento em funcao do Tempo
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('Posicao (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

plt.show()
```

pos_vel_x_1Dado_Ref_1.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Dois Graficos (posição e velocidade)/
#referencial:ponto de partida-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####1:Deslocamento em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(2, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_ylabel('Posicao (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

#####Grafico_2: Velocidade em funcao do Tempo - sem o zero
ax2 = fig.add_subplot(2, 1, 2, axisbg='white')
```



```

ax2.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax2.tick_params(axis='y', colors='black')

ax2.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax2.tick_params(axis='y', colors='black')
ax2.set_xlabel('tempo(milsegundos)', color='black', fontsize='20')
ax2.set_ylabel('Velocidade (m/s)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
plt.plot(xx,1000*(2*z[0]*xx+z[1]))
print ('velocidade (m/s)=')
print 2*z[0]*xx*1000
plt.grid(True)
plt.show()

```

pos_x_3Dados_Ref_1.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Tres graficos de posição SIMULTANEOS /
#referencial:ponto de partida-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

##### Altura em funcao do Tempo - sem o zero
#####Grafico_1
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')

```

```

ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('Posicao (m)', color='black', fontsize='20')

#####Grafico_1
xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

#####Grafico_2
temp_7 = ser.readline()

temp_8 = ser.readline()

temp_9 = ser.readline()

temp_10 = ser.readline()

temp_11 = ser.readline()

temp_12 = ser.readline()

x2 = np.array([float(temp_8), float(temp_9), float(temp_10), float(temp_11), float(temp_12)])
y2 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x2, y2, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x2,y2)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

#####Grafico_3
temp_13 = ser.readline()

temp_14 = ser.readline()

temp_15 = ser.readline()

temp_16 = ser.readline()

temp_17 = ser.readline()

temp_18 = ser.readline()

x3 = np.array([float(temp_14), float(temp_15), float(temp_16), float(temp_17), float(temp_18)])
y3 = np.array([0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75])

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)

```

```

z = np.polyfit(x3, y3, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x3,y3)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)
plt.show()

```

pos_x_1Dado_Ref_6.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Grafico (posição)/referencial:último sensor-Plano Inclinado
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####1:Deslocamento em funcao do Tempo
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([-0.60, -0.45, -0.30, -0.15, 0.0])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milsegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('Posicao (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 2500, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)

```

```

print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)

plt.show()

```

ultrassonico_posicao_t_real.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Grafico em tempo real: distancia em função do tempo-Movimento horizontal
#####

import matplotlib.pyplot as plt
from pylab import *
import time, serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
time.sleep(2)

ion()
fig = figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('white')
sub = subplot(1, 1, 1)

i = 0
x = []
y = []
line = plot(x, y, "b", linewidth=3)
xlabel('tempo', color='b')
ylabel('Distancia (cm)', color='b')
title('Distancia x tempo', color='b')
while True:
    try:
        n = float(ser.readline().replace("\r\n",""))
        print n
        if (n < 100):
            i = i+1
            x.append(i)
            y.append(n)
            line[0].set_data(x,y)
            x0 = 0
            x1 = i
            if (i > 100):
                x0 = i - 100
            sub.set_xlim(x0,x1)
            sub.set_ylim(0,100)
            draw()

```

```
except KeyboardInterrupt:
    break
```

ultrassonico_posicao_t_real_2.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Gráfico em tempo real: distancia em função do tempo
#####

import matplotlib.pyplot as plt
from pylab import *
import time, serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
time.sleep(2)

ion()
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('white')
ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='red')
ax1.tick_params(axis='y', colors='red')

ax1.spines['top'].set_color('white')
ax1.spines['right'].set_color('white')
ax1.spines['left'].set_color('blue')
ax1.spines['bottom'].set_color('blue')

ax1.set_title('Distancia x tempo', color='b', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo', color='b', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('Distancia (cm)', color='b', fontsize='20')

i = 0
x = [ ]
y = [ ]
plt.plot(x, y, "b", linewidth=3)
line = plot(x, y, "b", linewidth=3)
while True:
    try:
        n = float(ser.readline().replace("\r\n", ""))
        print n
        if (n < 100):
            i = i+1
            x.append(i)
            y.append(n)
            line[0].set_data(x,y)
            x0 = 0
            x1 = i
            if (i > 100):
                x0 = i - 100
            ax1.set_xlim(x0,x1)
```

```

    ax1.set_ylim(0,100)
    draw()
except KeyboardInterrupt:
    break

```

pos_y_1Dado_Ref_1.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Gráfico de posicao em função do tempo
# referencial:ponto de lançamento da bolinha-Queda livre
#####

from Tkinter import * # importa a biblioteca grafica
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600
porta = '/dev/ttyUSB0'

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

##### Altura em funcao do Tempo - sem o zero
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([-0.15, -0.30, -0.45, -0.60, -0.75])
#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('altura (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(-0.50, 400, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)

```

```

print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
#x2 = x1
#y2 = y1 + 0.15

plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])

plt.grid(True)
plt.show()

```

pos_y_1Dado_Ref_6.py

```

#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Gráfico de posicao em função do tempo
# referencial:solo -Queda livre
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

##### Altura em funcao do Tempo - sem o zero

x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.60, 0.45, 0.30, 0.15, 0.0])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

#####Gráfico: Posição em funcao do Tempo
ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

```

```
ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo(milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('altura (m)', color='black', fontsize='20')
```

```
###Tempo_1
print ('tempo_1 =')
print (float(temp_2))
###Tempo_2
print ('tempo_2 =')
print (float(temp_3))
###Tempo_3
print ('tempo_3 =')
print (float(temp_4))
###Tempo_4
print ('tempo_4 =')
print (float(temp_5))
###Tempo_5
print ('tempo_5 =')
print (float(temp_6))
```

```
xx=np.arange(0.0, 400, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2])
plt.grid(True)
plt.show()
```

pos_y_2Dados_Ref_6.py

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: cp1252 -*-
#####
#Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS
# Desenvolvido em junho / 2014
#Autor: Gilberto F. Filho
#Dois graficos de posição SIMULTANEOS /
#referencial:solo -Queda livre
#####
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import serial
baud_rate = 9600

ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600);

temp_1 = ser.readline()

temp_2 = ser.readline()

temp_3 = ser.readline()

temp_4 = ser.readline()
```



```

temp_5 = ser.readline()

temp_6 = ser.readline()

#####Grafico_1
x1 = np.array([float(temp_2), float(temp_3), float(temp_4), float(temp_5), float(temp_6)])
y1 = np.array([0.60, 0.45, 0.30, 0.15, 0.0])

#####cor do fundo do grafico
fig = plt.figure()
rect = fig.patch
rect.set_facecolor('#A4FFB0')

ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1, axisbg='white')
ax1.tick_params(axis='x', colors='black',)
ax1.tick_params(axis='y', colors='black')

ax1.set_title('Posicao x tempo', color='black', fontsize='20')
ax1.set_xlabel('tempo (milisegundos)', color='black', fontsize='20')
ax1.set_ylabel('altura (m)', color='black', fontsize='20')

xx=np.arange(0.0, 400, 50)
z = np.polyfit(x1, y1, 2)
print ('aceleração do corpo_1/traço(vermelho) =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x1,y1, )
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2], color='red')
plt.grid(True)

#####Grafico_2
temp_7 = ser.readline()

temp_8 = ser.readline()

temp_9 = ser.readline()

temp_10 = ser.readline()

temp_11 = ser.readline()

temp_12 = ser.readline()

x2 = np.array([float(temp_8), float(temp_9), float(temp_10), float(temp_11), float(temp_12)])
y2 = np.array([0.60, 0.45, 0.30, 0.15, 0.0])

xx=np.arange(0.0, 400, 50)
z = np.polyfit(x2, y2, 2)
print ('aceleração do corpo_2/traço(azul) =')
print 2*z[0]*1000000
plt.scatter(x2,y2,)
plt.plot(xx,z[0]*xx**2+z[1]*xx+z[2], color='blue')
plt.grid(True)
plt.show()

```

APÊNDICE – D

Guia pedagógico: “Velocidade Média e Velocidade Instantânea”⁴⁵

Guia pedagógico / professor – Aula 1

Velocidade Média e Velocidade Instantânea

Este guia apresenta duas atividades práticas que o professor pode utilizar em sala de aula para auxiliar os alunos a compreender os conceitos de velocidade média e velocidade instantânea através da aquisição de dados experimentais utilizando um cronômetro e uma fita métrica.

As atividades experimentais ajudam os alunos a identificar as idealizações e os modelos adotados, assim como auxiliam os alunos na compreensão dos conceitos físicos de maneira significativa.

Tempo previsto para a atividade: (2 períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Compreender o significado de velocidade média e velocidade instantânea de um corpo e relacionar com situações do cotidiano em que estes conceitos de velocidades são usados.

Descrever os gráficos de velocidade instantânea e velocidade média em função do tempo.

Material utilizado

- ✓ computador com sistema Linux TroPos.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro para Arduino.
- ✓ *cronometro.ino* (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ fita métrica (ou régua).
- ✓ “*velocidade média.py*” (programa em *Python* que representa os gráficos em tempo real da velocidade média).
- ✓ “*velocidade instantanea.py*” (programa em *Python* que representa os gráficos em tempo real para a velocidade instantânea).
- ✓ “*velocidade_instantanea_3_dados.py*” (programa em *Python* que representa graficamente três dados em tempo real para a velocidade instantânea).
- ✓ carrinho (“carrinho de ferro” pequeno).
- ✓ plano inclinado.

⁴⁵ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade Inicial - (20 minutos)

O professor faz uma abordagem geral com toda a turma sobre o conceito de velocidade média e instantânea e suas aplicações no dia a dia. Após esta breve exposição teórica sobre o tema, é apresentado um vídeo de 45 segundos, onde o atleta Jamaicano Usain Bolt conquista em 2009 a marca de 9,58 s para os 100 m.

O vídeo está disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=3nbjhpcZ9_g. Reproduza o vídeo mais de uma vez, caso seja necessário para um melhor entendimento.

Após a apresentação do vídeo, os alunos deverão responder o Questionário 1.1.

****Sugestão de atividade avaliativa (tema de casa)**

O professor pode solicitar aos alunos um trabalho de pesquisa relacionado aos 10 últimos recordes mundiais que foram conquistados até o momento e a determinação da velocidade média de cada um dos atletas. Uma fonte sugerida para consulta é a Wikipédia, onde são registrados os seguintes tempos:

Tabela 1: 10 últimos recordes mundiais nos 100 metros rasos.

Nº	Tempo	Atleta	Nacionalidade	Data	Lugar
1.	9,58	Usain Bolt	 Jamaica	16 de agosto de 2009	Berlim
2.	9,69	Tyson Gay	 Estados Unidos	20 de setembro de 2009	Xangai
2.	9,69	Yohan Blake	 Jamaica	23 de agosto de 2012	Lausanne
4.	9,72	Asafa Powell	 Jamaica	2 de setembro de 2008	Lausanne
5.	9,78	Nesta Carter	 Jamaica	29 de agosto de 2010	Rieti
6.	9,79	Maurice Greene	 Estados Unidos	16 de junho de 1999	Atenas
6.	9,79	Justin Gatlin	 Estados Unidos	5 de agosto de 2012	Londres
8.	9,80	Steve Mullings	 Jamaica	4 de junho de 2011	Eugene
9.	9,84	Donovan Bailey	 Canadá	27 de julho de 1996	Atlanta
9.	9,84	Bruny Surin	 Canadá	22 de agosto de 1999	Sevilha

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/100_metros_rasos

Acesso em: (07/08/2014)

Atividade prática 1.1: velocidade média (30 minutos)

Esta atividade é dividida em três etapas e tem como objetivo trabalhar o conceito de velocidade média.

Etapa I: o professor inicialmente mostra aos alunos o princípio de funcionamento do experimento o qual usa um programa que roda no Arduino

(*cronometro.ino*), plano inclinado e sensores infravermelho para determinar a velocidade média de um carrinho. Após esta introdução, apenas o professor realiza o experimento mostrando aos alunos como ele funciona, dando ênfase as condições iniciais, como velocidade inicial do carrinho, ângulo do plano inclinado, distância percorrida (neste caso $\Delta x = 0,75$ m).

- ✓ O professor inicialmente deverá conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura dos dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer o *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro.ino*” e abrir o programa “*velocidade_media.py*”.

Após todos estes procedimentos, o experimento está pronto para ser utilizado pelos alunos.

Etapa II: os alunos, organizados em grupos de no máximo quatro integrantes, responderão as questões do guia de atividades (predição teórica para as questões) e realizarão a Atividade Prática 1.1, sugerida neste guia.

Após a conclusão deste Questionário 1.1, os alunos interagem com o experimento e testam as hipóteses dos itens (a) e em seguida, com os dados de tempo da serial do Arduino (local do programa onde o professor terá acesso aos tempos do cronômetro) os alunos determinarão o valor da velocidade média do carrinho. Nesta etapa os alunos deverão medir a distância total percorrida pelo carrinho. Na sequência da atividade os alunos utilizarão o programa “*velocidade_media.py*” para testar as respostas dos itens (b) e (f).

Etapa III: finalmente, o professor e alunos retomarão as respostas do Questionário 1.1 e da Atividade Prática 1.1 a fim de tentar explicar as possíveis divergências entre as respostas teóricas e o que foi observado no experimento e explicar as questões sugeridas no Questionário 1.1.

Atividade prática 1.2: velocidade instantânea (50 minutos)

Esta atividade é dividida em três etapas e tem como objetivo trabalhar o conceito de velocidade instantânea.

Etapa I: o professor inicialmente retoma o conceito de velocidade média visto na primeira parte da aula e questiona os alunos sobre a velocidade instantânea e como ela é observada em nosso cotidiano através de equipamentos como velocímetros, controladores de velocidade, pardais.

Ainda em relação ao experimento_1, o professor sugere que os alunos respondam as questões presentes no guia de atividades – Atividade Prática 1.2.

Etapa II: os alunos organizados em grupos de no máximo quatro integrantes, responderão às questões do guia de atividades (predição teórica para as questões) e realizarão a Atividade Prática 1.2, sugerida neste guia.

Etapa III: após a conclusão das questões sugeridas nesta segunda parte do guia, os alunos deverão abrir o programa “*velocidade_instantanea.py*” onde

realizarão o experimento e testarão as hipóteses sugeridas nas questões (a) e (d). Após esta etapa os alunos testarão as respostas do item (e) abrindo o arquivo “*velocidade_instantanea_3_dados.py*”.

Fechamento da aula:

Como atividade de fechamento para esta unidade, é sugerido ao professor que estimule os alunos a observar as diferentes unidades de velocidades que são usadas em diversas situações do cotidiano em diferentes países ilustrando a utilização de milhas (náuticas) e pés na navegação e na aviação. Tratar a questão da velocidade em relação ao ar ou à água nestes casos, já introduzindo a noção de referencial e transformações de Galileu.

Anexo: descrição do experimento

O experimento utilizado nas Atividades Práticas 1.1 e 1.2 é composto por:

- ✓ Um plano inclinado de alumínio com 1 metro de comprimento (Figura 1)



Figura 1: Plano inclinado de alumínio de 1 metro

- ✓ Uma placa Arduino UNO ou equivalente com cabo USB para conexão ao computador.
- ✓ Um *hardware* (*Shield* cronômetro) o qual é conectado sobre o Arduino e recebe os sinais pelas portas USB dos sensores ópticos (Figura 2).

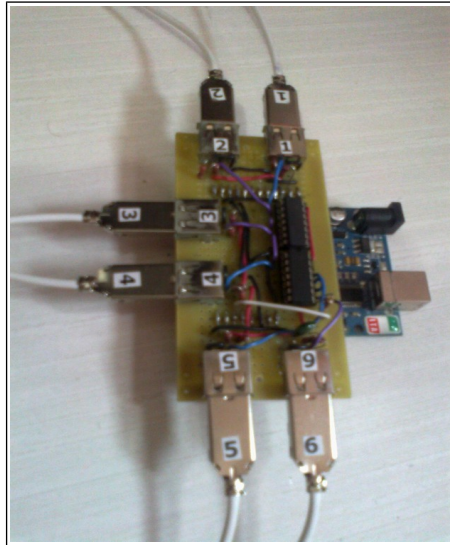


Figura 2: *Shield* cronômetro

- ✓ 6 pares de cabos com conexão USB conectados ao conjunto emissor / receptor infravermelhos.
- ✓ Programa *cronometro.ino* (roda no Arduino).
- ✓ Programa *velocidade_media.py* (roda no *Python*).
- ✓ Programa *velocidade instantanea.py* (roda no *Python*).
- ✓ Programa *velocidade_instantanea_3_dados.py* (roda no *Python*).

Dicas para uma melhor utilização do equipamento.

- ✓ Alinhe os pares emissor / receptor infravermelhos para que o cronômetro fique em nível zero.
- ✓ Alinhe os sensores ao longo do plano inclinado para ter certeza que será marcado o tempo corretamente no momento da obstrução do cronômetro.
- ✓ Utilize um carrinho de ferro pequeno para realizar o experimento, pois sua passagem pelo sensor deverá obstruir a luz infravermelha do emissor (Figura 3).

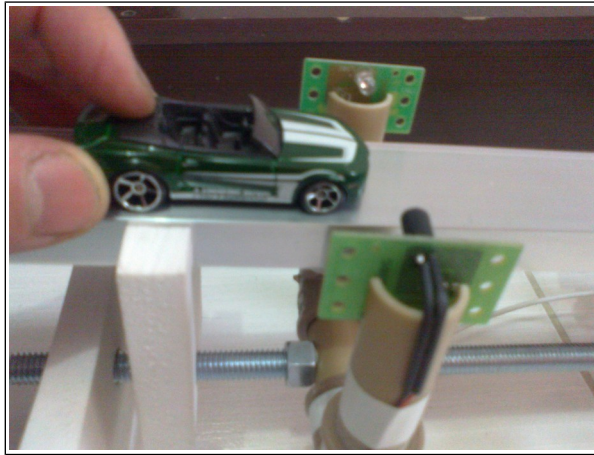


Figura 3: Par emissor – receptor infravermelho

Guia Pedagógico: “Movimento Uniforme”⁴⁶

Guia pedagógico / professor – Aula 2

Movimento Uniforme

Este guia apresenta duas atividades práticas que o professor pode utilizar em sua aula para auxiliar os alunos a entenderem as características de um movimento uniforme, através de experimento com aquisição e análise de dados relacionados ao movimento de uma esfera em queda em um meio viscoso.

Tempo previsto para a atividade: (2 períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Explicar aos alunos as características de um movimento uniforme de um corpo e relacionar com situações do cotidiano em que este tipo de movimento é observado.

Capacitar os alunos a descrever de forma correta um gráfico de posição e velocidade em função do tempo para um movimento uniforme.

Material utilizado

- ✓ computador com sistema Linux TroPos
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro líquidos para Arduino.
- ✓ fita métrica (ou régua).
- ✓ “*cronometro_liquidos.ino*” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*mov_esfera.py*” (programa em *Python* que representa os gráficos em tempo real de deslocamento da esfera em função do tempo).
- ✓ tubo de vidro: 7 cm x 7 cm x 40 cm.
- ✓ esferas de metal, vidro (20 mm de diâmetro).

Atividade Inicial (20 minutos)

O professor inicialmente faz uma abordagem geral com a turma sobre o tipo de movimento a ser estudado incluindo suas características, e cita algumas situações onde este movimento pode ser observado, como: velocidade do som, das ondas eletromagnéticas (luz), das gotas de chuva, ou até mesmo de um automóvel em uma autoestrada. Após esta breve exposição teórica sobre o tema, é apresentado um vídeo de 9 minutos e 24 segundos onde é mostrado o salto realizado pelo paraquedista austríaco Félix Baumgartner em 14 de outubro de 2012.

É importante que o professor faça comentários após passar o vídeo, para

⁴⁶ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

reforçar detalhes do salto, tais como:

- ✓ Altura que foi realizado o salto: 39,045 m.
- ✓ Velocidade limite máxima atingida pelo paraquedista: velocidade de 1342,8 km/h (373 m/s) é maior do que a do som.
- ✓ Caracterizar o tipo de movimento descrito pelo paraquedista em sua descida na estratosfera até chegar na troposfera e sofrer a força de arrasto do ar.
- ✓ Velocidade limite atingida pelo paraquedista após abrir seu paraquedas: velocidade de aproximadamente 10 km/h.

O vídeo está disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=raiFrxbHxV0>.

Após esta atividade inicial o professor utilizando a expressão da velocidade média, deduz a função horária do movimento uniforme observado no vídeo quando o paraquedista atinge a sua velocidade limite. Fazendo o tempo inicial igual a zero e isolando o espaço final.

$$Vel. \text{ média} = \frac{(\text{posição final} - \text{posição inicial})}{(\text{tempo final} - \text{tempo inicial})}$$

É importante que o professor apresente esta equação inicialmente de forma escrita e somente depois, após os alunos compreenderem o significado de cada parâmetro, use símbolos. Como a velocidade é constante, a velocidade média é igual à velocidade instantânea do corpo:

$$v = \frac{(x - x_0)}{t}$$

Represente esta função horária relacionando os seus parâmetros com um movimento descrito na horizontal e também na vertical do corpo.

Movimento horizontal

$$x = x_0 + v.t$$

Movimento vertical

$$y = y_0 + v.t$$

**** Sugestão de atividade avaliativa (tema de casa)**

- ✓ O professor pode solicitar aos alunos uma pesquisa de caráter exploratória sobre a velocidade do som em diferentes meios: ar, água e materiais sólidos.
- ✓ Também pode solicitar uma pesquisa exploratória sobre o valor da velocidade da luz no vácuo e um breve histórico sobre os tipos de experimentos realizados ao longo dos últimos séculos para se obter estas medidas.
- ✓ Solicitar uma pesquisa sobre a Lei de Stokes.

Atividade prática 2.1: velocidade média (30 minutos)

Esta atividade é dividida em três etapas e tem como objetivo entender as

características de um movimento uniforme.

Etapa I: neste experimento são usados: um tubo de vidro totalmente cheio com água, esferas de aço e vidro de 20 mm de diâmetro e sensores infravermelhos para determinar o tempo de descida da esfera no líquido. O professor deverá;

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura dos dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer o *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro_liquidos.ino*” e executar o programa “*mov_esfera.py*”.
- ✓ Preparar o experimento para os alunos posicionando os sensores de forma que o primeiro sensor fique a 0,1 m do início do tubo e os demais sensores separados um do outro por 0,05 m, conforme o esquema abaixo, assim os alunos não levarão muito tempo para ajustar os sensores.

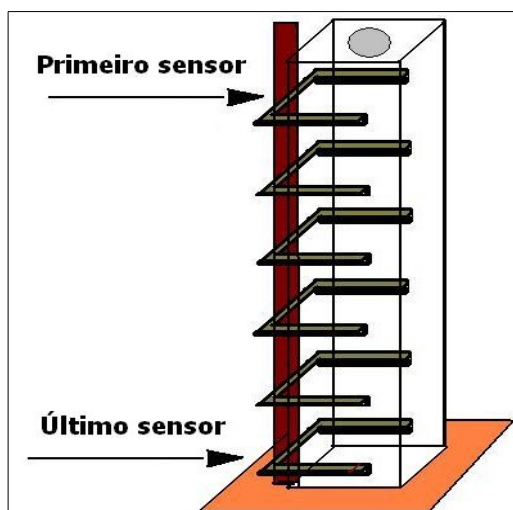


Figura 1: Tubo de vidro

- ✓ Após todos estes procedimentos, o experimento está pronto para ser utilizado pelos alunos.

Nesta etapa da atividade o professor inicialmente descreve o movimento da esfera descendo dentro d'água e procura comentar a relação entre o que foi visto no vídeo (velocidade limite do paraquedista) e o que se pretende identificar no experimento: a velocidade limite atingida pela esfera no líquido e o movimento uniforme descrito pela esfera após passar pelo primeiro sensor.

Nesta atividade o professor deve mostrar aos alunos que a esfera atinge uma velocidade limite logo após ser solta na água.

É importante que o professor comente sobre a Lei de Stokes que descreve a relação existente entre: a velocidade limite alcançada por objetos esféricos se movimentado dentro de líquidos a baixas velocidades e viscosidade do líquido e também com as características do corpo como: massa, raio, formato.

Após esta introdução, apenas o professor realiza o experimento, soltando uma das esferas dentro do tubo de vidro cheio de água, sem coletar dados.

Etapa II: os alunos, após observarem o experimento realizado pelo professor, serão organizados em grupos de no máximo quatro integrantes e responderão o Questionário 2.1 do guia de atividades (predição teórica para as questões). Após, realizarão a Atividade Prática 2.1 sugerida neste guia testando as respostas das questões a) e b) para os itens I) e II).

Para realizar esta Atividade Prática 2.1 é necessário que os alunos façam primeiro a medida da distância entre os sensores utilizando uma fita métrica ou uma régua. Estes dados serão colocados no programa “*mov_esfera.py*” para que se possa fazer o ajuste dos gráficos de posição e velocidade versus tempo.

Etapa III: finalmente, o professor e os alunos retomarão as respostas do Questionário 2.1 e da Atividade Prática 2.1 a fim de tentar explicar as possíveis divergências entre as respostas teóricas e o que foi observado no experimento, correlacionando com a situação prática observada no vídeo.

Atividade prática 2.2: velocidade limite (50 minutos)

Esta atividade é dividida em três etapas e tem com objetivo estudar o conceito de velocidade limite.

Etapa I: nesta segunda parte da aula, o professor retoma o conceito de velocidade limite observado no vídeo do salto do astronauta Félix Baumgartner e estimula os alunos a responderem a questão a) presente no Questionário 2.2.

Etapa II: os alunos organizados em grupos, após responderem a questão a) do Questionário 2.2, realizarão a Atividade Prática 2.2, sugerida neste guia. Para realizar esta atividade os alunos deverão:

1º) usar a fita métrica e estimar a distância entre os sensores.

2º) abrir o programa “*cronometro_liquidos.ino*” e fazer o *Upload* deste programa no Arduino e executar o programa “*mov_esfera.py*”.

3º) inserir os dados da distância entre os sensores no programa “*mov_esfera.py*”.

Após esses procedimentos, os alunos poderão realizar a Atividade Prática 2.2 e visualizar os gráficos em tempo real para este experimento com o tudo de vidro contendo água até a metade de seu volume total.

Etapa III: após a conclusão das questões sugeridas nesta segunda parte do guia, o professor e os alunos retomarão as respostas da Atividade Prática 2.2 a fim de tentar explicar as possíveis divergências entre as previsões teóricas e o que foi observado no experimento.

Fechamento da aula:

Como atividade de fechamento para esta unidade, é sugerido ao professor que estimule os alunos a observarem o gráfico de velocidade em função do tempo traçado para a queda do paraquedista Félix Baumgartner.

Este gráfico pode ser criado pelo professor, buscando dados através da análise do vídeo do salto do paraquedista e, certamente dá uma boa ideia do comportamento da velocidade do paraquedista em sua descida nos primeiros 50 segundos, mostrando a velocidade limite do paraquedista antes de abrir o paraquedas.

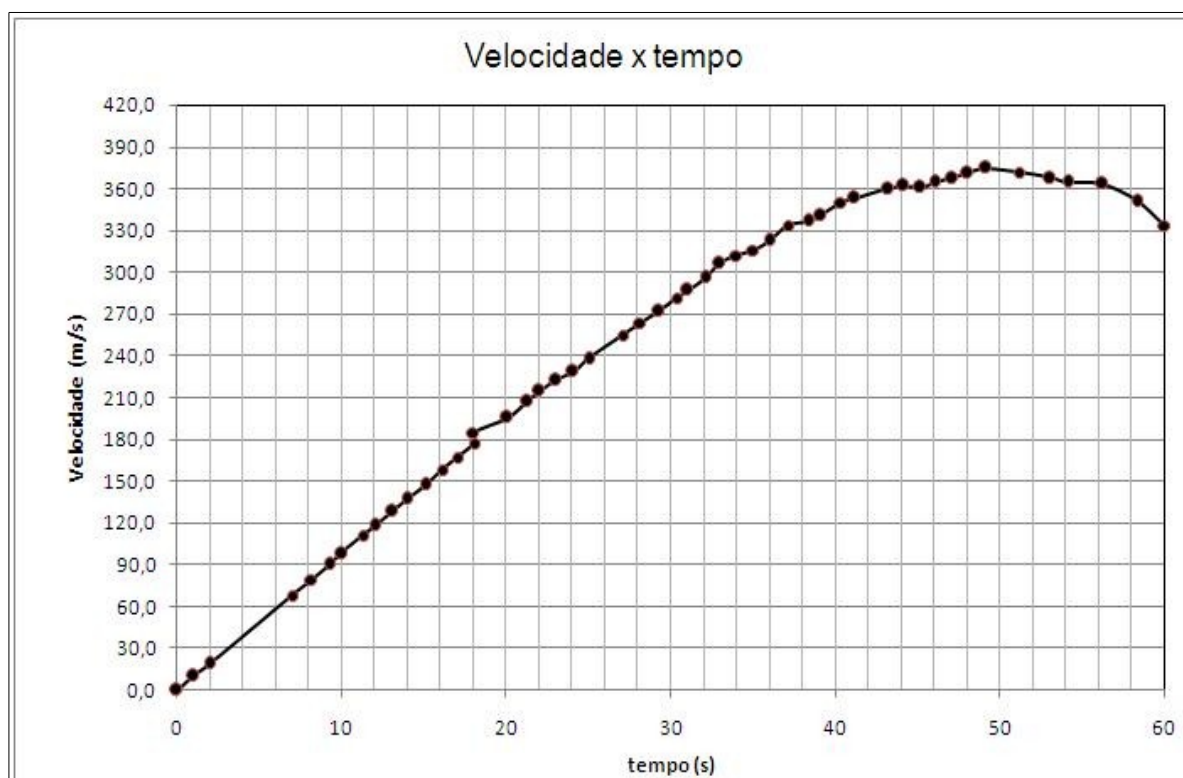


Gráfico 1: Gráfico de velocidade em função do tempo para o salto do paraquedista Félix Baumgartner

Guia Pedagógico: “Movimento Uniformemente Variado”⁴⁷

Guia Pedagógico / professor – Aula 3

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta duas atividades práticas que o professor pode utilizar em sua aula para auxiliar os alunos a compreenderem as características de um movimento uniformemente variado, através de experimento com aquisição e análise de dados relacionados ao movimento de um carrinho sobre um plano inclinado.

Tempo previsto para a atividade: (2 períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Mostrar aos alunos as características de um movimento uniformemente variado e relacionar com situações do cotidiano em que este tipo de movimento é observado.

Capacitar os alunos a interpretar gráficos de velocidade e aceleração em função do tempo para movimentos uniformemente variados.

Material utilizado

- ✓ computador com sistema Linux TroPos.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro para Arduino.
- ✓ fita métrica (ou régua).
- ✓ “*cronometro_ino*” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*velocidade_instantanea_acel.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de velocidade em função do tempo).
- ✓ “*velocidade_instantanea_3Dados.py*”(programa em *Python* que representa três gráficos de velocidade em função do tempo).
- ✓ plano inclinado de alumínio de 1 m de comprimento.
- ✓ carrinho de ferro pequeno.

Atividade Inicial (50 minutos)

47 Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

O professor inicialmente comenta com a turma situações do cotidiano no qual o conceito de aceleração está presente, sem definir neste momento esta grandeza. Uma forma de contextualizar este conceito, é sugerir que os alunos pensem na seguinte situação:

- ✓ Um trem e um carro popular, inicialmente em repouso, atingem a velocidade de 80 km/h em um mesmo intervalo de tempo?
- ✓ Que grandeza física podemos utilizar para comparar o desempenho dos dois carros?

Após estes questionamentos, que são importantes para relacionar os aspectos conceituais da matéria com os conhecimentos prévios dos alunos, o professor apresenta um vídeo de 1,32 s que mostra um projeto de carro elétrico que consegue variar sua velocidade de 0 a 100 km/h em apenas 2,15 s. Este projeto foi realizado pelos alunos da Universidade Técnica de Delft na Holanda.

O vídeo pode ser encontrado em: <https://www.youtube.com/watch?v=--00vQ1QyOs>, e serve para estabelecer relações entre o conceito estudado e sua aplicação em situações do cotidiano.

Após a apresentação do vídeo, os alunos deverão responder o Questionário 3.1, em seguida, o professor definirá a aceleração média.

$$acel. \text{ média} = \frac{(\text{variação da velocidade})}{(\text{variação de tempo})} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

É importante que o professor apresente esta equação inicialmente de forma escrita e somente depois, após os alunos compreenderem o significado de cada parâmetro, use símbolos.

Para diferenciar os conceitos de aceleração média e a aceleração instantânea é importante utilizar o Gráfico 1 trabalhado na Aula 2, o qual mostra a variação da velocidade em função do tempo no salto do paraquedista Félix Baumgartner.

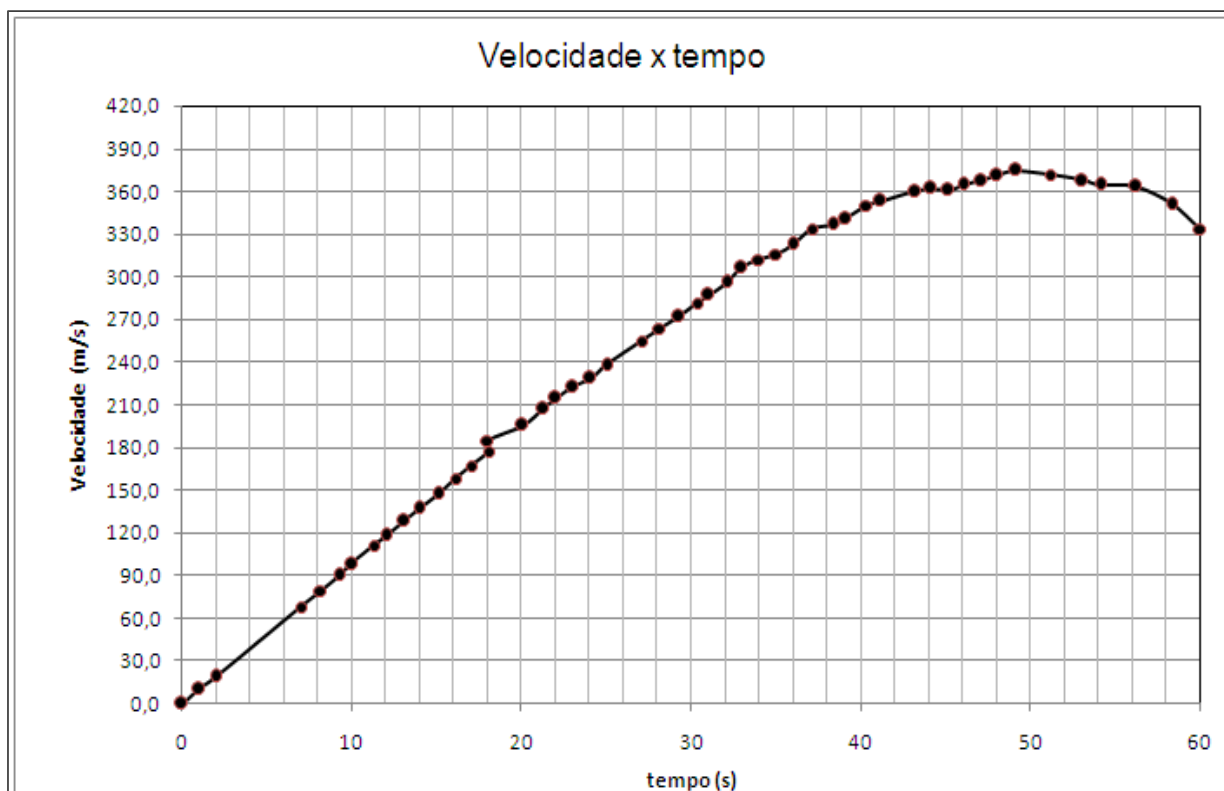


Gráfico 1: Gráfico de velocidade em função do tempo para o salto do paraquedista Felix Baumgartner

Durante esta atividade o professor comenta sobre as diferentes variações no valor da velocidade durante a descida do paraquedista e, revisa o conceito de velocidade limite trabalhado no Aula 2, isto ajudará a diferenciar os conceitos de aceleração média e o de aceleração instantânea a qual é determinada quando o intervalo de tempo é muito pequeno tendendo a “zero”.

Após esta atividade inicial o professor, admitindo o tempo inicial $t_0 = 0 \text{ s}$, poderá demonstrar algebricamente a função horária da velocidade.

$$a = \frac{(V - V_0)}{(t - t_0)}$$

$$V = V_0 + a * t$$

****Sugestão de atividade avaliativa 3.1 (tema de casa)**

- ✓ O professor pode pedir que os alunos calculem o valor da aceleração média de pelo menos cinco modelos de carros populares vendidos no Brasil.

Uma fonte sugerida para a pesquisa de dados de aceleração pode ser obtida em: http://carsale.uol.com.br/novosite/revista/ranking/R_Ace.asp.

carro	Tempo (seg)	
456 VW Gol Trend	18,57	ver o teste
457 Palio ELX 1.0 Flex (G)	18,92	ver o teste
458 Fiat Uno Mille Economy 1.0 Fire Flex (gasolina)	19,17	ver o teste
459 Palio 1.0 Fire Flex (G)	19,30	ver o teste
460 Corsa Sedan	19,57	ver o teste

Fonte: http://carsale.uol.com.br/novosite/revista/ranking/R_Ace.asp.

Acesso em: (07/08/2014)

Atividade prática 3.1: aceleração média e velocidade instantânea (50 minutos)

Esta atividade prática é dividida em três etapas e tem como objetivo favorecer o entendimento do conceito de aceleração média e velocidade instantânea.

Neste experimento são usados: um plano inclinado de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura, carrinho de ferro pequeno, sensores infravermelhos para determinar o tempo de descida do carrinho, fita métrica (ou régua), *Shield* cronômetro para o Arduino, programa “*cronometro.ino*” e “*velocidade_instantanea_acel.py*”. O professor deverá:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura de dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro.ino*” e executar o programa “*velocidade_instantanea_acel.py*”.
- ✓ Preparar o experimento para os alunos posicionando os sensores de forma que cada sensor fique separado um do outro por uma distância 0,15 m, conforme a Figura 1 totalizando um deslocamento ($\Delta x = 0,75$ m), assim os alunos não levarão muito tempo para ajustar os sensores.

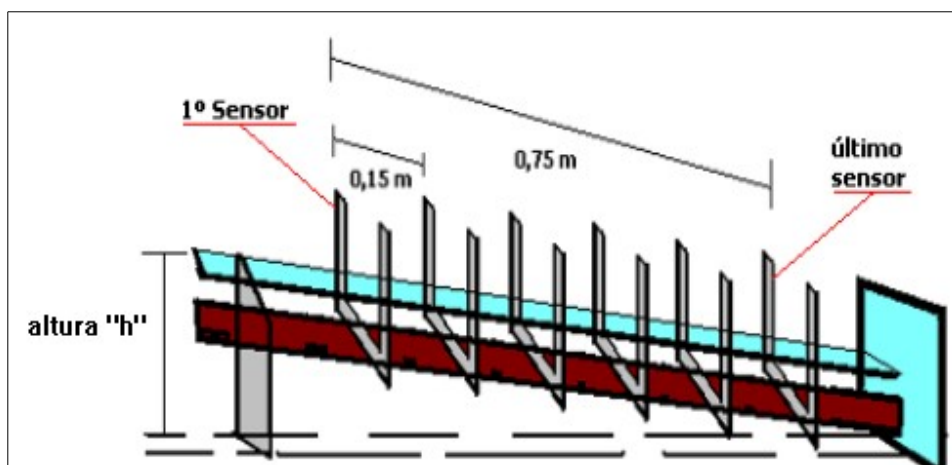


Figura 1: Plano inclinado com sensores

Etapa I: após todos estes procedimentos apenas o professor utilizando o plano inclinado realiza o experimento, sem coletar dados de tempo, somente para descrever o movimento de um “carrinho” descendo sobre o plano inclinado. É importante que o professor faça uma relação entre o plano inclinado usado no experimento e a inclinação das ruas na cidade comentando sobre o tipo de força responsável pelo movimento do carrinho (força gravitacional).

Etapa II: os alunos após observarem o experimento realizado pelo professor, serão organizados em grupos de no máximo quatro integrantes e responderão o Questionário 3.2 do Guia de Atividades (predição teórica para as questões). Após responderem o Questionário 3.2, os alunos realizarão a Atividade Prática 3.1, testando suas respostas para as questões a), b), c), d), e) e f).

Para realizar esta Atividade Prática 3.1 é necessário que os alunos determinem inicialmente a medida da distância entre os sensores utilizando a fita métrica ou régua. Estes dados serão inseridos no programa “*velocidade_instantanea_acel.py*” para que se possa fazer o ajuste dos gráficos de velocidade e aceleração.

Etapa III: nesta etapa, o professor e os alunos irão retomar as respostas do Questionário 3.2 da Atividade Prática 3.1 a fim de explicar as possíveis divergências entre as predições teóricas e o que foi observado no experimento.

****Fechamento da aula: (tema de casa)**

Após esta atividade o professor sugere que os alunos façam uma leitura complementar do artigo “Galileu fez o experimento do plano inclinado?” o qual mostra a forma como Galileu Galilei teria encontrado a relação entre a distância percorrida por uma esfera de bronze sobre um plano inclinado e o tempo.

Este artigo pode ser encontrado no site da Revista electrónica de Enseñanza de las Ciências: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf (vol. 7 nº1 / 2008).

Guia Pedagógico: “Movimento Uniformemente Variado”⁴⁸

Guia Pedagógico / professor – Aula 4

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta uma atividade prática que o professor pode utilizar em sua aula para auxiliar os alunos a compreenderem as características de um movimento uniformemente variado, através de experimento com aquisição e análise de dados relacionados ao movimento de um carrinho sobre um plano inclinado.

Tempo previsto para a atividade: (2 períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Explicar aos alunos as características de movimento uniformemente variado e relacionar com situações do cotidiano em que este tipo de movimento é observado.

Capacitar os alunos a interpretar gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo para um movimento uniformemente variado de acordo com a origem do referencial adotado.

Material utilizado

- ✓ computador.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro para Arduino.
- ✓ fita métrica (ou régua).
- ✓ plano inclinado de alumínio de 1 m de comprimento.
- ✓ carrinho de ferro pequeno.
- ✓ “*cronometro_ino*” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*velocidade_instantanea_py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de velocidade em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 1).
- ✓ “*pos_x_1Dado_Ref_1.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de deslocamento em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 1 - **primeiro sensor pelo qual passa o carrinho**).
- ✓ “*pos_vel_x_1Dado_Ref_1.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição e velocidade em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 1).
- ✓ “*pos_x_3Dados_Ref_1.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de deslocamento em função do tempo para três dados, tendo como origem do referencial o sensor 1).

⁴⁸ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

- ✓ “*pos_x_1Dado_Ref_6.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de deslocamento em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 6 – *último sensor pelo qual passa o carrinho*).

Atividade Inicial (30 minutos)

Como atividade inicial, é apresentado um vídeo de 3,04 s que mostra o skatista Bob Burnquist descendo uma Mega Rampa de 27 metros de altura. O vídeo mostra uma situação muito parecida como o experimento realizado por Galileu Galilei buscando encontrar a relação entre a distância percorrida por um corpo em movimento uniformemente acelerado e o tempo.

Neste vídeo, conforme dados do repórter, o skatista consegue atingir a velocidade de 70 km/h no final da rampa. O vídeo pode ser encontrado em: <https://www.youtube.com/watch?v=ReYNCcQGk20> e tem como objetivo relacionar aspectos da matéria de ensino com a estrutura cognitiva do aluno.

Após a apresentação do vídeo, o professor pode fazer alguns questionamentos em relação ao deslocamento do skatista durante a sua descida, tais como:

- ✓ Qual a força responsável pelo aumento de velocidade do skatista?
- ✓ Como é possível determinarmos o deslocamento do skatista 1 s após ele ter iniciado a sua descida?
- ✓ Após 2 s ele percorreu o dobro da distância que tinha percorrido em 1 s?

Estes questionamentos são importantes para que os alunos observem a necessidade de definirmos uma função horária para descrever o deslocamento em função do tempo.

Após, o professor poderá comentar sobre o artigo proposto para leitura na aula anterior: “Galileu fez o experimento do plano inclinado?” que pode ser encontrado no site: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf. Neste artigo o professor pode fazer alguns questionamentos, tais como:

- ✓ que tipo de experimento que Galileu realizou para determinar a relação entre o deslocamento e o tempo em um movimento uniformemente acelerado?
- ✓ poderíamos usar o movimento do skatista para obter esta relação entre deslocamento e tempo?

A partir destes questionamentos, o professor mostra aos alunos um gráfico de velocidade instantânea em função do tempo para o carrinho, soltando o mesmo sobre o plano inclinado próximo ao primeiro sensor, tomado como posição de origem do referencial. Para isto o professor, deverá:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura de dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro.ino*” e executar o programa “*velocidade_instantanea_py*”.

É importante que o professor solte o carrinho o mais próximo possível do sensor, desta forma fará com que a velocidade inicial do carrinho seja a mais

próxima de zero, conforme o exemplo do gráfico-1.

Solicite aos alunos que determinem o deslocamento do carrinho no plano inclinado, através da região abaixo do gráfico. Este procedimento conduzirá os alunos a entenderem a função de posição para um movimento uniformemente acelerado.

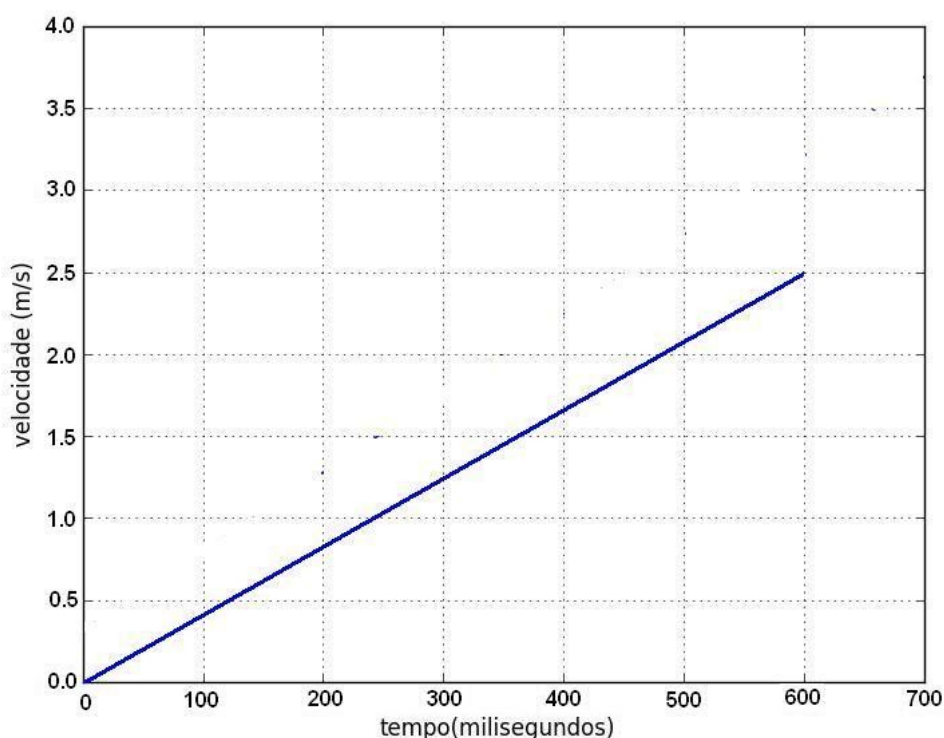


Gráfico 1: Exemplo de gráfico de velocidade instantânea em função do tempo

Após estes procedimentos realizados pelos alunos, o professor irá refazer os cálculos para determinar o deslocamento, porém não usará valores, apenas as variáveis, assim será possível mostrar algebricamente a função horária do deslocamento em função do tempo.

$$deslocamento = \frac{(v * t)}{2}$$

Lembrando os alunos que a velocidade instantânea é determinada pela função horária: $V = V_0 + a * t$, logo a função que representa o deslocamento em função do tempo para um móvel que parte do repouso e da origem do referencial é dada por:

Movimento horizontal

$$x = \frac{a * t^2}{2}$$

Movimento vertical

$$y = \frac{a * t^2}{2}$$

Com esta função definida, os alunos organizados em grupos, responderão ao Questionário 4.1, e após, realizarão a Atividade Prática 4.1 sugerida no Guia de Atividades do aluno.

Esta atividade prática é dividida em três etapas e tem como objetivo capacitar os alunos a descrever de forma correta um gráfico de deslocamento em função do tempo quando o móvel parte do repouso e da origem do referencial.

Etapa I: neste experimento são usados: um plano inclinado de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura, carrinho de ferro pequeno, sensores infravermelhos para determinar o tempo de descida do carrinho, fita métrica (ou régua), *Shield* cronômetro para o Arduino, programa “*cronometro.ino*” e “*pos_x_1Dado_Ref_1.py*”. O professor deverá:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura de dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro.ino*” e executar o programa “*pos_x_1Dado_Ref_1.py*”.
- ✓ Preparar o experimento para os alunos posicionando os sensores de forma que cada sensor fique separado um do outro por uma distância 0,15 m, totalizando um deslocamento ($\Delta x = 0,75$ m), assim os alunos não levarão muito tempo para ajustar os sensores.

Nesta etapa o professor executa o experimento no qual o carrinho de ferro desce pelo plano inclinado. Não se pretende neste momento coletar dados nem visualizar gráficos, apenas mostrar o movimento do carrinho para diferentes valores de declividade da rampa e também para a origem do referencial. Para cada situação, é sugerida uma questão que deve ser respondida pelos alunos no Questionário 4.2.

Aqui nesta etapa o professor realiza uma problematização, executando o experimento onde o carrinho parte de uma posição diferente da origem do referencial e também com velocidade inicial diferente de zero. Isto leva os alunos a pensarem nos parâmetros que são necessários para descrever o deslocamento, mas que ainda não estão descritos na função deslocamento em relação ao tempo.

Etapa II: os alunos após observarem o experimento realizado pelo professor, serão organizados em grupos de no máximo quatro integrantes e responderão o Questionário 4.2 do Guia de Atividades (predição teórica para as questões). Após responderem o Questionário 4.2, os alunos realizarão a Atividade Prática 4.1, testando suas respostas para as questões I), III), V) e VII).

Para realizar esta Atividade Prática 4.1 é necessário que os alunos determinem inicialmente a medida da distância entre os sensores utilizando a fita métrica ou régua. Estes dados serão inseridos nos programas:

- ✓ “*pos_x_1Dado_Ref_1.py*”.
- ✓ “*pos_x_1Dado_Ref_6.py*”.
- ✓ “*pos_x_3Dados_Ref_1.py*”.

Etapa III: nesta etapa, o professor e os alunos irão retomarão as respostas do Questionário 4.2 da Atividade Prática 4.1 a fim de explicar as possíveis

divergências entre as previsões teóricas e o que foi observado no experimento.

Após a discussão dos alunos em relação as respostas o professor deve retomar a função horária da posição e mostrar aos alunos que esta função pode ser usada para descrever a posição de um móvel que não parte da origem do referencial e onde sua velocidade inicial não é zero, concluindo desta forma o estudo da função horária para um movimento uniformemente variado.

Guia de atividades: “Movimento Uniformemente Variado”⁴⁹

Guia Pedagógico / professor – Aula 5

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta uma proposta de atividade prática que o professor pode utilizar em sua aula para aprofundar os conceitos de movimento uniformemente variado, através da aquisição automática de dados relacionados ao movimento de um objeto em frente a um sensor ultrassônico de distância.

Tempo previsto para a atividade: (1 período de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Capacitar os alunos a interpretar gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo para um movimento uniformemente variado de acordo com a origem do referencial adotado.

Material utilizado

- ✓ computador.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* sensor ultrassônico.
- ✓ “*ultrassom_ino*” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*ultrassonico_posicao_t_real.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor ultrassônico).
- ✓ caixa de papel: 5 cm x 7 cm x 20 cm.
- ✓ suporte de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura.
- ✓ sensor ultrassônico.
- ✓ cabo de 4 vias com terminal USB para conexão no *Shield*.

Atividade Inicial (20 minutos)

O professor inicialmente apresenta o sensor ultrassônico de distância aos alunos e comenta sobre o princípio de funcionamento do mesmo, explicando que o som emitido pelo alto-falante do sensor tem uma frequência de 40 kHz, e não pode ser ouvido, pois está bem acima do limite de frequência detectado pelo ouvido humano, que é da ordem de 20 kHz.

O pulso ultrassônico que é emitido pelo dispositivo desloca-se pelo ar e reflete após colidir com algum anteparo para então ser recebido pelo sensor que mede o intervalo de tempo entre a emissão e recepção do sinal. Conhecendo o valor

⁴⁹ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

da velocidade de som e o tempo pode ser determinada a distância do objeto que reflete o som.

É importante que o professor também faça comentários sobre a aplicação do ultrassom em outras áreas, tais como: medicina, química, e até mesmo na natureza por parte de insetos e morcegos, que utilizam o ultrassom para localizar alimentos e obstáculos.

Após a introdução o professor inicia a atividade prática montando o equipamento e demonstra aos alunos como obter um gráfico de posição em função do tempo usando o sensor ultrassônico de distância. Esta atividade é dividida em três etapas:

Etapa I: neste experimento será usado: um trilho de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura, sensor ultrassônico, *Shield* sensor ultrassônico, programa “*ultrassom.ino*” e “*ultrassonico_posicao_t_real.py*”. O professor deverá inicialmente:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura de dados do sensor ultrassônico. Após, deverá abrir e fazer *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*ultrassom.ino*” e executar o programa “*ultrassonico_posicao_t_real.py*”.
- ✓ Preparar o equipamento para os alunos encaixando o sensor ultrassônico no suporte de acrílico que se encontra fixado em uma das extremidades do trilho, conforme as Figuras 1 e 2.

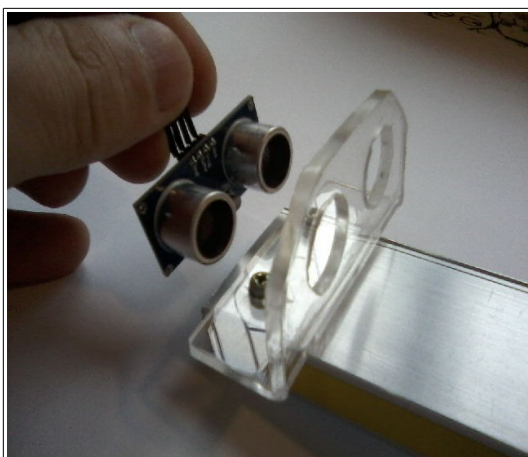


Figura 1: suporte de acrílico

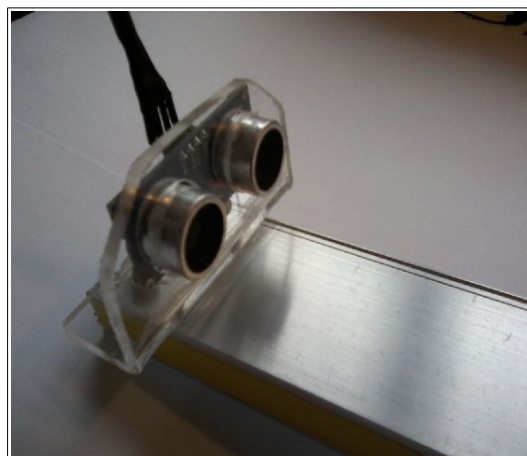


Figura 2: sensor encaixado no suporte de acrílico

Após os procedimentos descritos acima, o professor deve colocar o trilho de alumínio na horizontal, apoiado sobre uma mesa e, utilizando uma caixa de papel, fazer movimentos de aproximação e afastamento da caixa em relação ao sensor. Procure movimentar a caixa sempre sobre o trilho, pois ele orientará a direção do movimento, garantindo que a caixa fique sempre em frente ao sensor.

Etapa II: nesta etapa o professor retoma o conteúdo visto na aula anterior e comenta o vídeo que mostra o skatista Bob Burnquist descendo a Mega Rampa de

27 metros de altura. O objetivo desta atividade é aprofundar o estudo do gráfico de posição em função do tempo, uma vez que os alunos já trabalharam o conceito de movimento uniformemente variado e já conhecem o gráfico que descreve este movimento.

Inicialmente, cada aluno procura responder individualmente as questões propostas no Guia de Atividade (predição teórica para as questões). Após responderem ao Questionário 5.1, os alunos realizarão a Atividade Prática 5.1, testando suas respostas para as questões relacionadas aos gráficos I), II).

Para que professor e alunos possam fazer a análise gráfica de um determinado movimento realizado pela caixa em frente ao sensor em um dado intervalo de tempo, é necessário interromper a leitura do sensor após ser criado um gráfico de posição. Isto pode ser feito pressionando o botão disponível sobre o *Shield*, que interrompe a leitura de dados e possibilita a visualização do gráfico de posição.

Etapa III: nesta etapa o professor solicita a um dos alunos da turma para interagir com o equipamento e criar os gráficos descritos no Guia de Atividades do aluno. O grupo de alunos terá a visualização de cada gráfico de posição em tempo real, desta forma o professor poderá discutir com todos os alunos as grandezas velocidade e aceleração que foi produzida sobre a caixa em cada intervalo de tempo, comentando com a turma as possíveis divergências entre as predições teóricas e o que foi observado no experimento.

Anexo: descrição do experimento

O experimento utilizado na Atividade Prática 5.1 é composto por:

- ✓ suporte de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura.(figura 1).
- ✓ Um *hardware* (*Shield* sensor ultrassônico) o qual é conectado sobre o Arduino e recebe o sinal do sensor ultrassônico pela porta USB (figura 2).

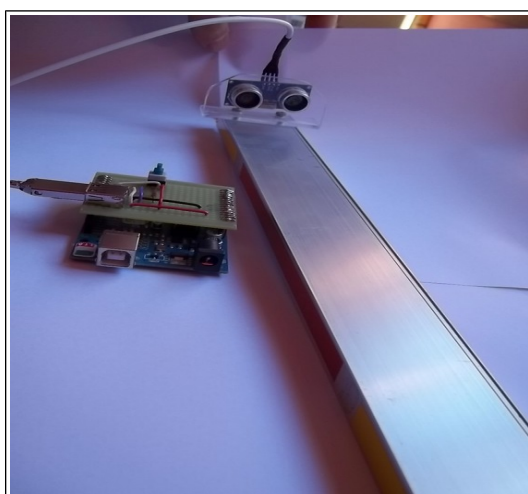


Figura 1: suporte de alumínio de 1 m de comprimento e 4 cm de largura.

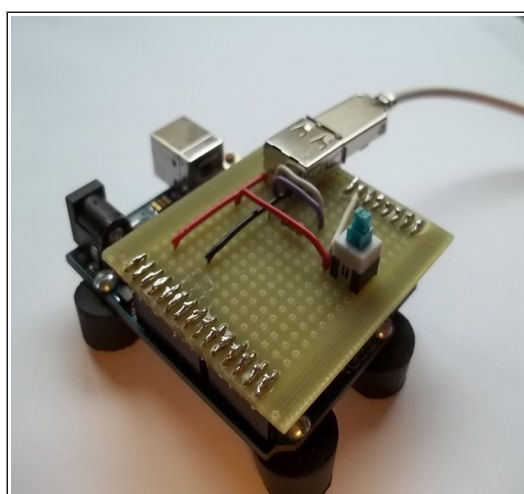


Figura 2: *Shield* sensor ultrassônico

Guia Pedagógico: “Aceleração de Queda Livre”⁵⁰

Guia Pedagógico / professor – Aula 6

Aceleração de Queda Livre

Este guia apresenta duas propostas de atividades práticas que o professor pode utilizar em sua aula para auxiliar os alunos a compreender o conceito de aceleração de corpos em queda, através da aquisição e análise de dados experimentais.

Tempo previsto para a atividade: (Dois períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Capacitar os alunos a compreender a diferença entre os conceitos de aceleração de “queda livre” e “não livre” de um corpo, mostrando situações do cotidiano em que estas acelerações podem ser observadas.

Descrever de forma correta um gráfico de posição, velocidade e aceleração em função do tempo para um corpo em queda, de acordo com a origem do referencial adotado.

Material utilizado

- ✓ computador com sistema Linux TroPos.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro para Arduino.
- ✓ fita métrica ou régua.
- ✓ Equipamento com sensores
- ✓ Bolinha de papel.
- ✓ Bolinha de pebolim com 35 mm de diâmetro e 21,3 g de massa.
- ✓ Esfera de aço com 20 mm de diâmetro e 67,1 g de massa.
- ✓ “cronometro_ino” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*pos_y_1Dado_Ref_1.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 1 - *primeiro sensor no qual a bolinha passa*).
- ✓ “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 6 – *último sensor no qual a bolinha passa*).
- ✓ “*pos_y_2Dados_Ref_6.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição em função do tempo para dois dados, tendo como origem do referencial o sensor 6 – *último sensor no qual a bolinha passa*).

⁵⁰ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade Inicial (20 minutos)

Como atividade inicial é importante que o professor retome o texto sugerido na aula anterior: “Galileu fez o experimento do plano inclinado?” que pode ser encontrado no site: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf, que descreve o experimento realizado por Galileu com o plano inclinado o qual permitiu estimar o valor da aceleração da gravidade.

É importante que o professor faça uma abordagem histórica comentando que Galileu, embora tivesse uma matemática exata para determinar a aceleração da gravidade, encontrou um valor de 4 m/s^2 para esta aceleração, que é inferior a metade do valor da aceleração gravitacional média na Terra.

A impossibilidade de obter um registro exato do tempo de queda dos corpos foi seguramente um dos grandes problemas encontrados por Galileu.

****Sugestão de atividade avaliativa 6.1 (tema de casa)**

O professor pode solicitar aos alunos a leitura da primeira página do artigo: “Determinando a aceleração gravitacional”, o qual descreve os primeiros métodos para a determinação do valor da aceleração gravitacional. O artigo está disponível no site: http://www.fisica.net/fernandolang/determinando_a_aceleracao_gravitacional_g.pdf.

É importante que o professor contextualize o conceito de queda livre e queda com forças resistivas, realizando um experimento simples em sala de aula desafiando os alunos a explicar a diferença entre os tempos de queda de uma bolinha de papel e de uma esfera de metal ao serem soltas simultaneamente de uma mesma altura. É importante que o professor comente que, embora seja fácil de se perceber os efeitos da força gravitacional sobre os corpos na superfície da Terra, a explicação sobre como e porquê os corpos caem em direção ao centro do nosso planeta era algo desconhecido em sua totalidade até o séc XVII.

Obs.: É bem provável que muitos alunos afirmarão que a esfera de metal chega antes ao solo em relação a bolinha de papel porque possui uma massa maior.

Na sequência, o professor faz comentários sobre a teoria de Aristóteles sobre a queda dos corpos, a qual afirmava que corpos mais pesados caem mais rápido que aqueles mais leves, sendo esta afirmação aceita até o século XVII, quando Isaac Newton apoiado nos estudos de Galileu Galilei enunciou em 1685 a Lei da Gravitação Universal, mudando o paradigma da ciência.

Após este experimento, o professor mostra o vídeo “*Falling Feather-acceleration of gravity*”⁵¹ que tem 1,12 s de duração e mostra o movimento de queda livre de uma moeda e de uma pena dentro de um tubo com vácuo (manométrico).

A proposta do vídeo é mostrar a diferença entre o movimento de queda livre e o movimento de queda com resistência do ar, desmitificando a ideia de que o tempo de queda de um corpo esta relacionado com a sua massa.

⁵¹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2FR0pnQJIXE>.

O professor poderá comentar, embora brevemente, que a força gravitacional exercida pela Terra sobre um corpo somente será igual ao seu peso em um referencial inercial, isto porque a aceleração de queda livre depende do sistema de referência e a intensidade do campo gravitacional não depende de um sistema de referência inercial.

OBS.: 1) é importante salientar que para um aluno que está iniciando seus estudos em cinemática a explicação a respeito da diferença entre a força gravitacional e o peso pode ser omitida sob pena de prejudicar o entendimento do conceito, uma vez que a diferença entre a força gravitacional e o peso no sistema de referência da Terra é da ordem de três partes em mil.

2) o professor deve esclarecer aos alunos que as equações de cinemática que utilizamos para descrever o movimento de um corpo no eixo vertical, estão relacionadas ao movimento de queda livre, e desprezam a resistência do ar.

Após esta atividade inicial aos alunos deverão responder o Questionário 6.1, presente no Guia de Atividades. Na sequência, o professor deverá retomar o Questionário 6.1 e comentar as questões I), II), III) e IV).

Antes de iniciar a Atividade Prática 6.1, é importante que o professor comente sobre o sentido da aceleração gravitacional adotado, tendo cuidado de deixar claro que o sentido arbitrado como positivo para o movimento de um corpo na vertical é aquele que aponta verticalmente para cima. Desta forma se estabelece um consenso entre os alunos, evitando problemas em relação aos sinais da velocidade e da aceleração gravitacional.

Atividade prática 6.1: aceleração de queda não livre (50 minutos)

Antes de dar início a esta atividade, é importante que o professor comente sobre a força de arrasto que um corpo sofre ao ser solto na atmosfera proporcionado pelo ar durante o movimento do corpo e que esta força é proporcional ao quadrado da velocidade do corpo durante sua queda.

Esta atividade é dividida em três etapas e tem como objetivo compreender o gráfico de posição e velocidade e aceleração de um corpo em movimento de queda não livre observando a influência da força de resistência do ar sobre a queda dos corpos.

Etapa I: neste experimento são usados: uma esfera de aço, uma bolinha de pebolin, uma bolinha de papel e sensores infravermelhos para determinar o tempo de descida da esfera. O professor deverá:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura dos dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer o *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “*cronometro.ino*” e executar o programa “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*”.
- ✓ Preparar o experimento para os alunos posicionando os sensores de forma que fiquem separados um do outro por 0,15 m, conforme o esquema abaixo, assim os alunos não levarão muito tempo para ajustar os sensores.

Após todos estes procedimentos, o equipamento estará pronto para ser usado pelos alunos conforme Figura 1.

A distância entre o primeiro e o último sensor é de 0,75 m.



Figura 1: Equipamento com sensores

Etapa II: os alunos, organizados em grupos de no máximo quatro integrantes, responderão as questões a) e b) do guia de atividades (predição teórica para as questões) e realizarão a Atividade Prática 6.1, sugerida neste guia.

Para resolver a questão c), os alunos deverão seguir os procedimentos do Guia de Atividades: usando a fita métrica, deverão determinar a posição inicial onde a bolinha será solta. A determinação desta posição é importante para que os alunos possam encontrar o valor da velocidade inicial e também da aceleração. O cálculo destas duas grandezas será feito usando a função horária da posição. Após, deverão executar o programa “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*” e realizar o experimento soltando a bolinha (pebolim ou aço) próxima ao primeiro sensor.

Com o auxílio do mouse, será possível obter os tempos de queda após a bolinha passar por cada um dos sensores, basta passar o mouse sobre cada ponto do gráfico e o tempo será mostrado.

Etapa III: após a conclusão das questões a) e b) do Questionário 6.2, os alunos deverão interagir com o equipamento e testar as respostas para estas questões.

Finalizando a atividade prática, o professor e alunos deverão retomar as respostas do Questionário 6.2 a fim de tentar explicar as possíveis divergências entre as respostas teóricas e o que foi observado no experimento.

A questão c) poderá ser entregue como avaliação complementar da disciplina.

Guia Pedagógico: “Lei da Conservação de Energia Mecânica”⁵²

Guia Pedagógico / professor – Aula 7

Lei da Conservação de Energia Mecânica

Este guia apresenta uma proposta de atividade prática que o professor pode utilizar em sua aula para auxiliar os alunos a compreenderem o conceito de conservação de energia mecânica e sistemas mecânicos conservativos e dissipativos, através da aquisição e análise de dados experimentais.

Tempo previsto para a atividade: (2 períodos de 50 minutos)

Objetivo de Ensino

Capacitar os alunos a compreenderem o conceito de conservação de energia mecânica e diferenciar forças conservativas e dissipativas presentes em um sistema.

Reforçar os conceitos de trabalho mecânico, energia potencial e cinética já estudados em aulas anteriores.

Material utilizado

- ✓ computador com sistema GNU/Linux TroPos.
- ✓ *datashow* (opcional).
- ✓ *Shield* cronômetro para Arduino.
- ✓ fita métrica ou régua.
- ✓ Bolinha de pebolim de 35 mm de diâmetro e 21,3 g de massa.
- ✓ Bolinha de isopor de 35 mm de diâmetro e 1,0 g de massa.
- ✓ Equipamento com sensores
- ✓ balança digital com precisão de 0,1 g.
- ✓ “*cronometro_ino*” (programa que roda na plataforma Arduino e serve para fazer a aquisição de dados do experimento).
- ✓ “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*” (programa em *Python* que representa o gráfico de posição em função do tempo, tendo como origem do referencial o sensor 6 – *último sensor no qual a bolinha passa*).

Atividade Inicial (20 minutos)

Para o estudo da Lei da Conservação de Energia é sugerido que o professor retome o vídeo “*Falling Feather - acceleration of gravity*”⁵³ discutido na aula anterior, o qual mostra o movimento de queda de uma moeda e de uma pena dentro de um tubo de vidro.

A proposta desta discussão é introduzir o conceito de conservação de

52 Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

53 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2FR0pnQJIXE>.

energia mecânica e a presença de forças externas responsáveis pela dissipação da energia mecânica na queda de um corpo com resistência.

Atividade prática 7.1: dissipação de energia (50 minutos)

Esta atividade é dividida em três etapas e tem como objetivo compreender o conceito de conservação de energia mecânica e diferenciar forças conservativas e dissipativas presentes em um sistema.

Etapa I: inicialmente o professor, usando o equipamento para coleta de dados de tempo, realiza o experimento de queda de duas bolinhas (*isopor* e *pebolim*), obtendo os gráficos de posição em função do tempo para cada uma das bolinhas, conforme os **exemplos** mostrados nas Figuras 1 e 2.

Neste experimento são usados: uma bolinha de pebolim, uma bolinha de isopor e sensores infravermelhos para determinar o tempo de descida da esfera. O professor deverá:

- ✓ Conectar a placa Arduino-UNO com o cabo USB ao computador que fará a leitura dos dados de tempo. Após, deverá abrir e fazer o *Upload* na plataforma Arduino-UNO do programa “cronometro.ino” e executar o programa “pos_y_1Dado_Ref_6.py”.
- ✓ Preparar o experimento para os alunos posicionando os sensores de forma que fiquem separados um do outro por 0,15 m, assim os alunos não levarão muito tempo para ajustar os sensores.

Após todos estes procedimentos, o equipamento estará pronto para ser usado.

A distância entre o primeiro e o último sensor é de 0,75 m.

Após o professor realizar este experimento os alunos responderão individualmente o Questionário 7.1, presente no Guia de Atividades (predição teórica para as questões)

Exemplos: bolinha de isopor (35 mm de diâmetro e 1,0 g de massa)

- Aceleração resultante: $-5,77 \text{ m/s}^2$

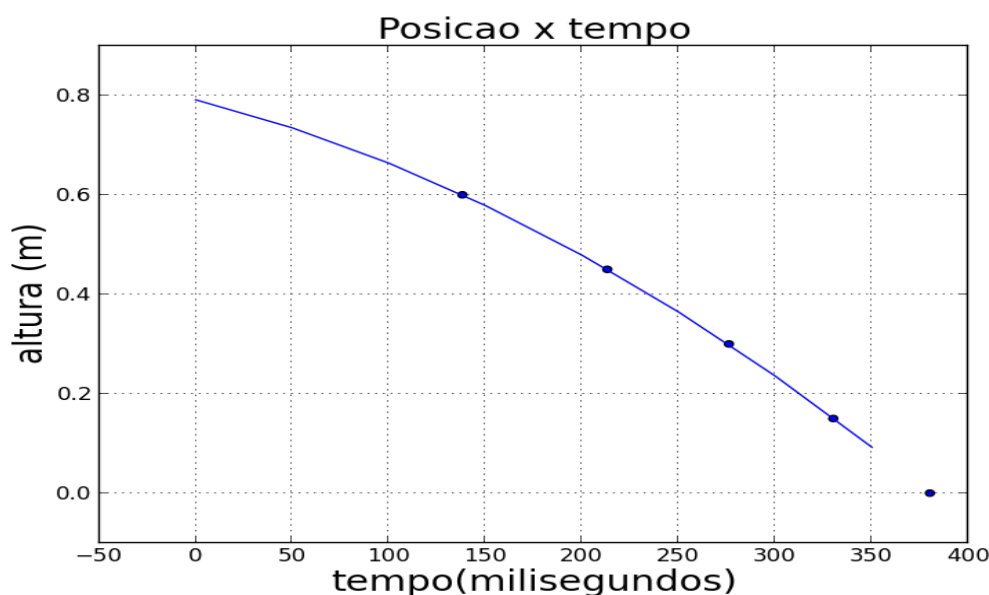


Figura 1: Gráfico de posição em função do tempo para a bolinha de isopor

- bolinha de pebolim (35 mm de diâmetro e 21,3 g de massa)
- Aceleração resultante: $-9,21 \text{ m/s}^2$

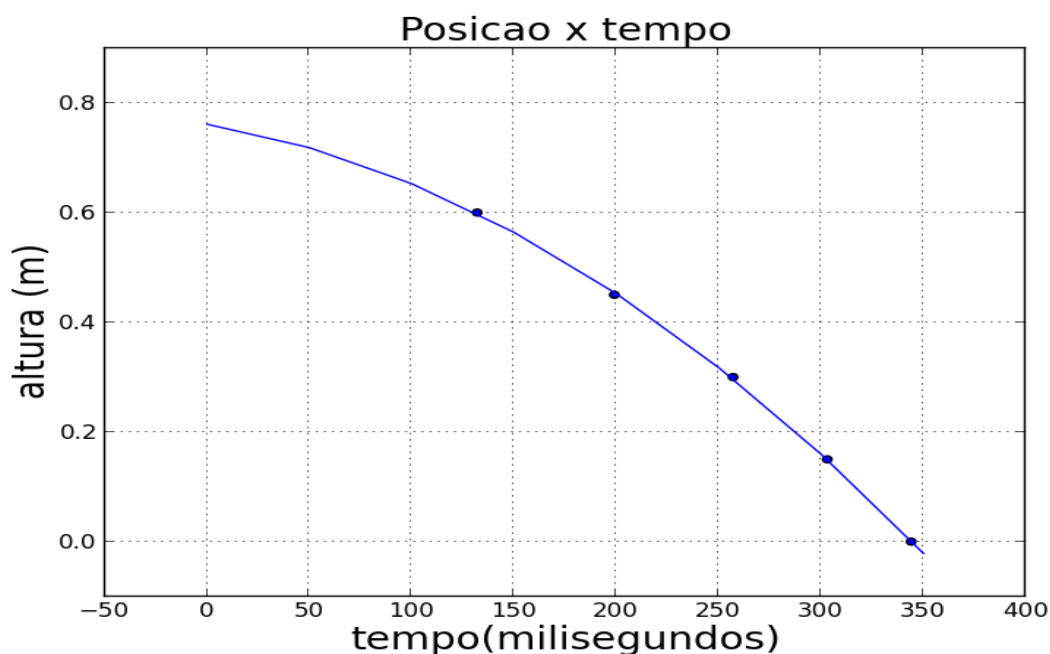


Figura 2: Gráfico de posição em função do tempo para a bolinha de pebolim

OBS.: 1) O professor poderá usar outras esferas em seu experimento e assim encontrará outro valor para aceleração resultante daqueles descritos no Guia de Atividades.

2) A determinação da massa das bolinhas pode ser realizada com auxílio de uma balança digital (precisão de 0,1 g) conforme Figura 3 e 4.

3) A determinação do diâmetro das bolinhas pode ser realizada com auxílio de uma régua milimetrada conforme Figura 5 e 6, ou com o uso de um paquímetro.

4) O valor da aceleração resultante pode ser observado em uma janela que abre ao lado daquela onde são visualizados os gráficos das Figuras 1 e 2, após executar o programa em *Python*.



Figura 3: Massa da bolinha isopor
pebolim



Figura 4: Massa da bolinha de



Figura 5: Diâmetro da bolinha isopor
bolinha de pebolim



Figura 6: Diâmetro da

Etapa II: após os alunos responderem o Questionário 7.1 serão organizados em duplas e realizarão a Atividade Prática 7.1, sugerida no Guia de Atividades.

Para realizar esta Atividade Prática os alunos, utilizando a fita métrica ou régua, deverão determinar a medida da altura onde cada uma das bolinhas será solta (*pebolim* e *isopor*). Esta altura será determinada em relação a origem do referencial (*último sensor*). Após, deverão utilizar a balança digital e determinar a massa de cada uma das bolinhas. Esses dados permitirão que os alunos determinem a energia potencial da bolinha em relação ao último sensor.

Depois de obter todos os dados para o experimento, os alunos poderão calcular a energia potencial de cada uma das bolinhas e anotar na tabela do item c).

Para determinar a energia cinética de cada uma das bolinhas ao passar pela origem do referencial, será necessário que os alunos realizem o experimento. Para isto, deverão executar o programa "*pos_y_1Dado_Ref_6.py*" e soltar as bolinhas, conforme Figura 1 do Guia do Aluno. A visualização do gráfico de posição em função do tempo permite que o aluno tenha acesso aos tempos e preencha a tabela do item d).

Após preenchida a tabela do item d), os alunos poderão determinar a

velocidade de cada bolinha ao passar pelo último sensor (velocidade final) e calcular a energia cinética de cada bolinha ao passar pela origem do referencial, preenchendo a tabela do item f).

Concluindo o item f), os alunos poderão verificar que ocorreu perda de energia mecânica no experimento. O professor poderá questionar os alunos, antes de responderem ao item g), buscando identificar em qual das bolinhas ocorreu maior variação de energia mecânica durante a queda e quais seriam os motivos que justificassem essa ocorrência, pois a maior perda de energia mecânica será observada com a bolinha de pebolim porém, em relação a energia mecânica total, será menor em termos percentuais. Procure mostrar aos alunos a relação entre a variação de energia mecânica e o conceito de velocidade limite.

Etapa III: após a conclusão da Atividade Prática 7.1 é possível testar as respostas para estas questões II e III do Questionário 7.1.

Finalizando a atividade prática, o professor e alunos deverão retomar as respostas do Questionário 7.1 a fim de tentar explicar as possíveis divergências entre as respostas teóricas e o que foi observado no experimento.

Toda a Atividade Prática 7.1 poderá ser entregue como avaliação complementar da disciplina.

APÊNDICE – E

Guia de atividades: “Velocidade Média e Velocidade Instantânea”⁵⁴

Guia de Atividades / aluno – Aula 1

Velocidade Média e Velocidade Instantânea

Este guia apresenta duas atividades práticas envolvendo os conceitos de velocidade média e velocidade instantânea através da aquisição automática de dados experimentais. Responda ao questionário individualmente antes de realizar o experimento com a aquisição de dados, fazendo uma predição teórica com base nos seus conhecimentos. Após, você interagirá com o experimento, testando suas respostas. Neste experimento será utilizado um Arduino como cronômetro utilizando gatilhos infravermelhos (ópticos).

Prof.º: *Gilberto F. Filho*

Nome: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Questionário 1.1: *(tempo previsto: 10 minutos)*

- I. Determine a velocidade média em (m/s) do recordista Jamaicano Usain Bolt que conquistou em 2009 a marca de 9,58 s para os 100 m rasos. Represente o valor desta velocidade e km/h.
Resposta:
- II. É correto afirmar que o atleta que tem maior velocidade média **sempre** ganhará a corrida?
Justifique sua resposta.
- III. a) Quando um condutor de um automóvel esta dirigindo pelas ruas da cidade e faz a leitura do valor da velocidade do seu veículo, ele observa que tipo de velocidade: média ou instantânea?
Justifique sua resposta.
- IV. As placas de sinalização de trânsito indicam o limite da velocidade 80 km/h que deve ser obedecido pelo condutor do veículo em um determinado trecho da rodovia. Esta placa está indicando a velocidade média do trecho ou a velocidade instantânea?
Justifique sua resposta.
- V. a) Qual o significado do termo “velocidade instantânea”?
Resposta:

⁵⁴ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Guia de atividades: “Velocidade Média e Velocidade Instantânea”⁵⁵

Guia de Atividades / aluno - Aula1

Velocidade Média e Velocidade Instantânea

Atividade prática 1.1: velocidade média (tempo previsto: 30 minutos)

Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.

Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Observe o experimento_1 realizado pelo professor. Neste experimento o “carrinho” desce o plano inclinado percorrendo uma distância de 0,75 m. Observe que o plano possui uma inclinação em relação ao eixo horizontal para que o carrinho possa se movimentar ao longo do plano.

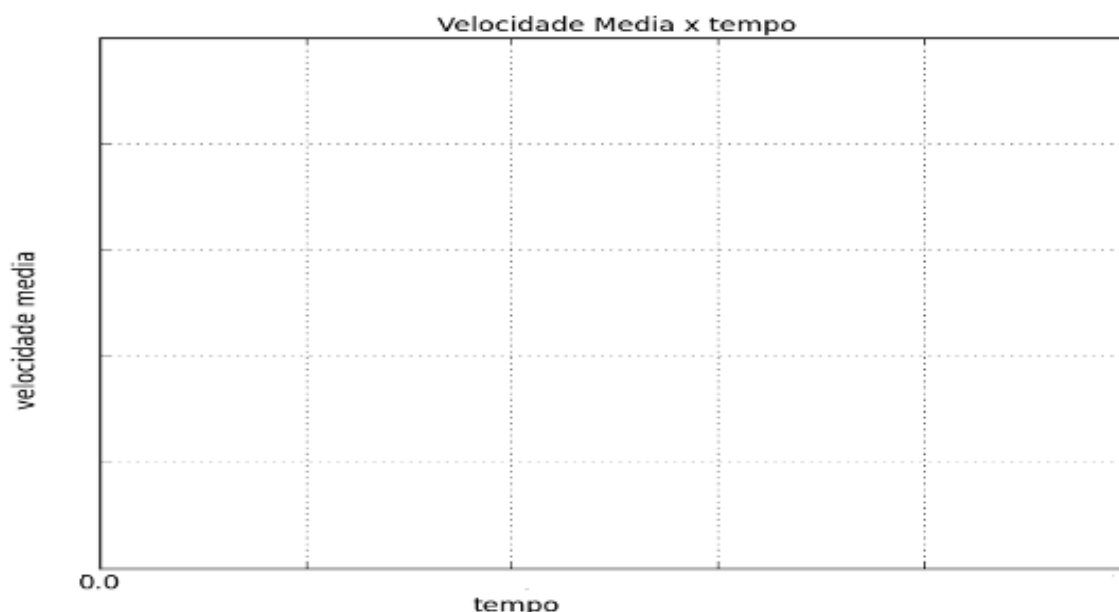
- a) Como você faria para aumentar e diminuir a velocidade média do carrinho nas condições do experimento, sem alterar a distância entre os sensores?

Elabore com seu grupo pelo menos duas hipóteses para:

1. Aumentar a V_m : _____

2. Diminuir a V_m : _____

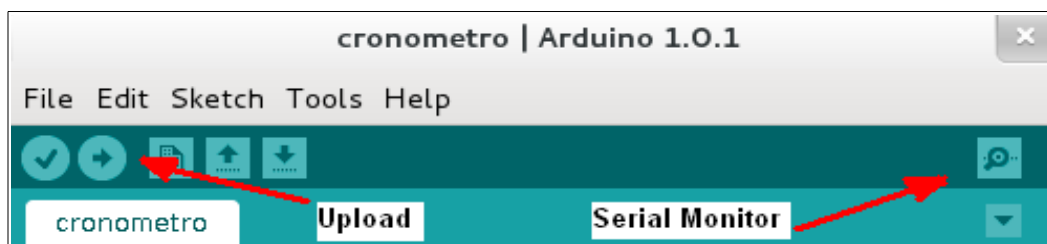
- b) Usando a definição de velocidade média, faça um esboço do gráfico da velocidade média em função do tempo para o experimento observado.



- c) Interagindo com o experimento, teste as respostas do item (a), fazendo o cálculo da velocidade média. Proceda da seguinte forma:

⁵⁵ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

- 1º) use a fita métrica para estimar a distância total percorrida pelo carrinho.
 2º) abra o arquivo “*cronometro.ino*” (*Área de trabalho do computador*), e faça *Upload* deste programa para o Arduino (você carregou este programa para rodar no Arduino).
 3º) repita o experimento_1 feito pelo professor e obtenha o tempo total (último tempo) registrado na serial do Arduino no programa “*cronometro.ino*” (este é o tempo registrado quando o carrinho passa pelo último sensor - sensor 6). Para isto, você deve abrir o Serial Monitor para visualizar o tempo.



OBS.: Programa com extensão “*ino*” rodam no Arduino e com extensão “*py*” rodam no Python.

- d) Para visualizar o gráfico da velocidade média para este experimento e poder comparar com o seu gráfico (item b), você deverá executar o arquivo “*velocidade média.py*” (*Área de trabalho do computador*) e realizar o novamente o experimento. Estes dois gráficos têm o mesmo esboço? Justifique sua resposta.
- e) Como você faria para simular no experimento uma condição de tráfego urbano, onde um automóvel para e arranca a todo o momento.
 Elabore com seu grupo uma situação para descrever esta condição:
 1: _____

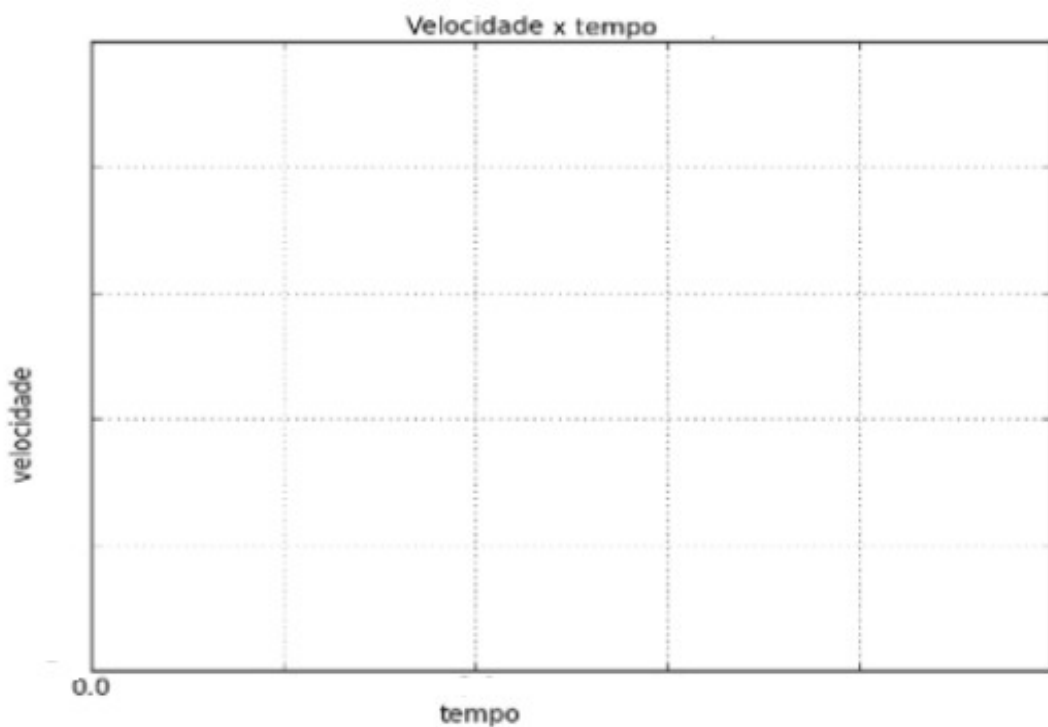
- f) Abra o arquivo “*velocidade média.py*” para visualizar os gráficos e faça diversos gráficos para a velocidade média do carrinho, teste a sua resposta para o item anterior. Explique a diferença entre os gráficos se houver
- g) Procure determinar o valor da região (área) abaixo de cada gráfico de velocidade média em função do tempo.
 O que representa essa região?

Atividade prática 1.2: velocidade instantânea (tempo previsto: 50 minutos)

- a) Usando a definição de velocidade instantânea, faça um esboço dos gráficos

da velocidade instantânea em função do tempo para o experimento observado, quando: (*represente usando cores diferentes para cada gráfico*).

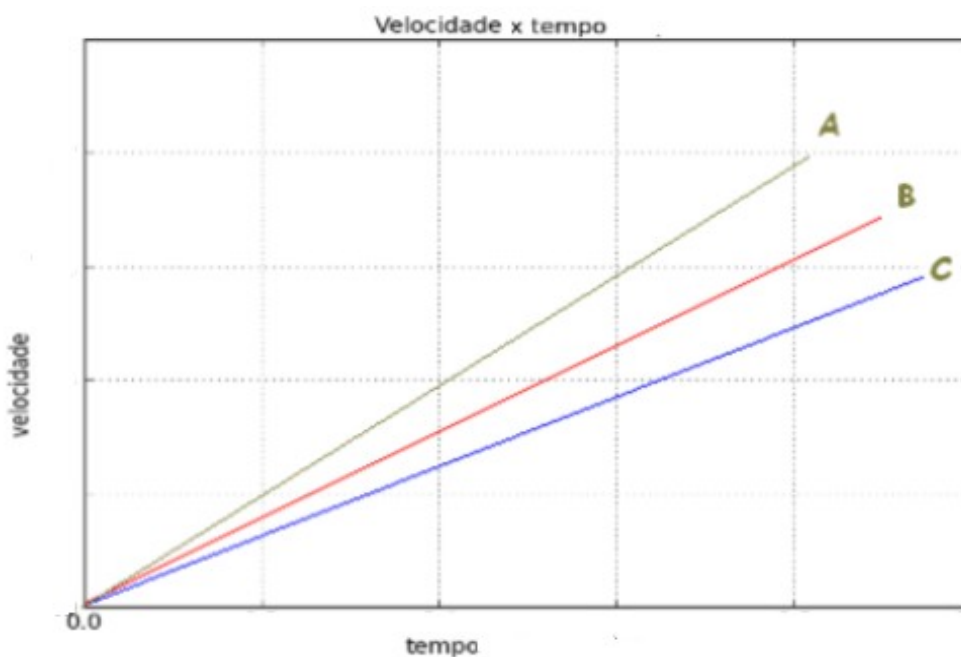
- a) Situação “a”: o carrinho é solto próximo ao sensor_1 com velocidade inicial zero;
 b) Situação “b”: o carrinho passa pelo sensor_1 com velocidade inicial maior que zero;



- b) O que representa os termos: “*velocidade inicial*” (V_0) e “*velocidade final*” (V) do carrinho no experimento?
- c) O que acontece com a velocidade final do carrinho no experimento, quando:
- i) aumentamos o ângulo de inclinação da rampa:
 - ii) diminuirmos o ângulo de inclinação da rampa:
 - iii) aumentamos a velocidade inicial do carrinho:
- d) Execute o arquivo “*velocidade instantanea.py*” (Área de trabalho do computador) faça as situações previstas no item anterior (c) e observe os gráficos.

Todas as suas respostas estavam corretas? *Justifique.*

- e) No gráfico de velocidade x tempo abaixo, assinale qual carrinho apresenta maior velocidade final no experimento:



Justifique sua resposta.

- f) Abra o arquivo “*velocidade_instantanea_3_dados.py*” (Área de trabalho do computador) e, usando o cronometro, obtenha os gráficos para a velocidade instantânea de três inclinações diferentes para a rampa no experimento. É possível identificar graficamente qual dos três carrinhos tiveram maior velocidade ao longo da rampa? *Justifique sua resposta.*
- g) O que representa a inclinação da curva no gráfico velocidade instantânea versus tempo? *Justifique.*
- h) Utilize os tempos finais e a velocidade final de cada um dos carrinhos (valores obtidos na tela do programa “*velocidade_instantanea_3_dados.py*”) e, determine o valor da região (área) abaixo do gráfico. Que grandeza física esta relacionada com o valor da área desta região abaixo do gráfico? *Justifique.*

Guia de atividades: “Movimento Uniforme”⁵⁶

Guia de Atividades / aluno – Aula 2

Movimento Uniforme

Este guia apresenta duas atividades práticas envolvendo o conceito de movimento uniforme, através da aquisição automática de dados experimentais relacionados a velocidade terminal de um objeto em queda em um fluido viscoso.

Antes de realizar a aquisição de dados, responda ao questionário sugerido.

Atividade prática 2.1: movimento uniforme (tempo previsto: 30 minutos)

Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.

Nomes: _____ Turma: _____ Data: ___/___/___

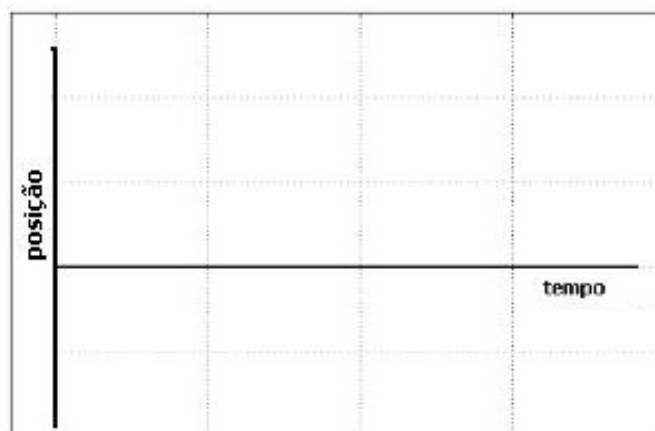
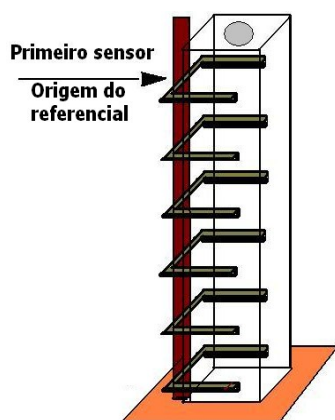
Observe o experimento realizado pelo professor. Neste experimento uma das esferas é solta dentro d'água e percorre uma distância de 0,25 m entre os sensores. Sabendo que a esfera foi solta a 0,1 m do primeiro sensor e considerando que a esfera já atingiu a sua velocidade limite ao passar por este sensor, responda:

Questionário 2.1:

- a) Nas condições em que o experimento foi realizado pelo professor, soltando a esfera de vidro de 20 mm de diâmetro dentro do líquido, foi possível observar um movimento uniforme descrito pela esfera. Faça uma discussão com o seu grupo e elabore um esboço do gráfico de posição em função do tempo para o movimento da esfera para cada situação..

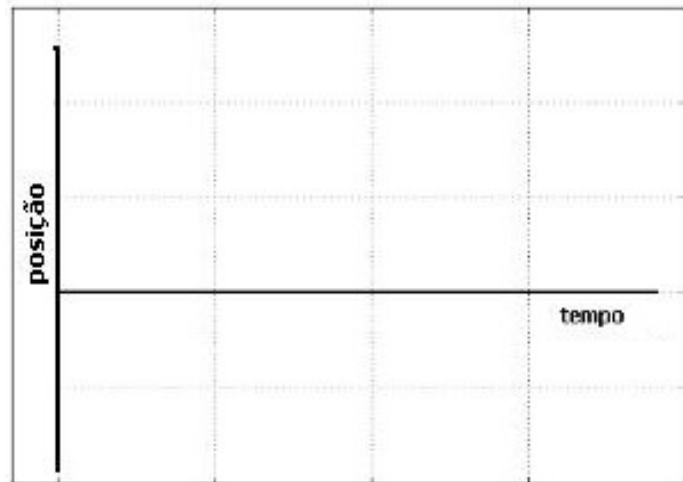
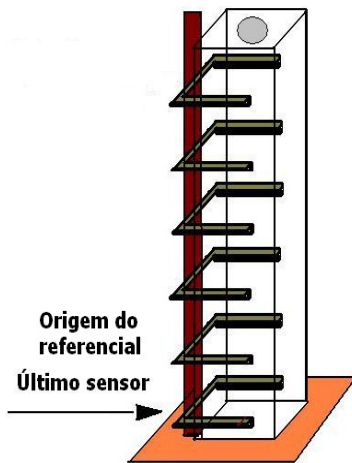
Lembre-se que neste experimento a esfera está representando o paraquedista em sua queda livre e água dentro do tubo esta simulando a força de arrasto proporcionada pelo ar durante a queda do paraquedista na atmosfera.

- I. Use como posição da origem do referencial o primeiro sensor no qual a esfera passa.



⁵⁶ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

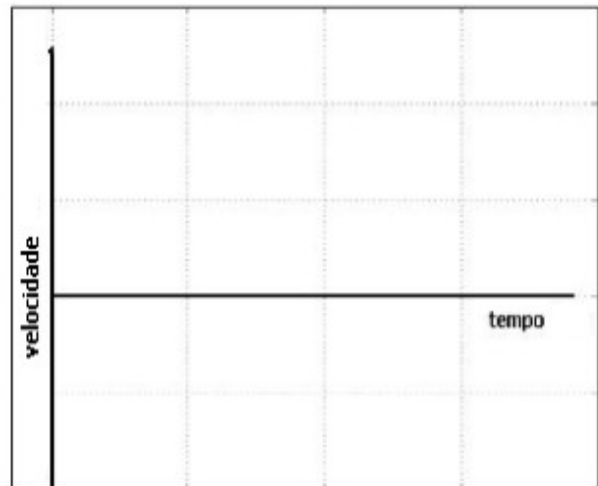
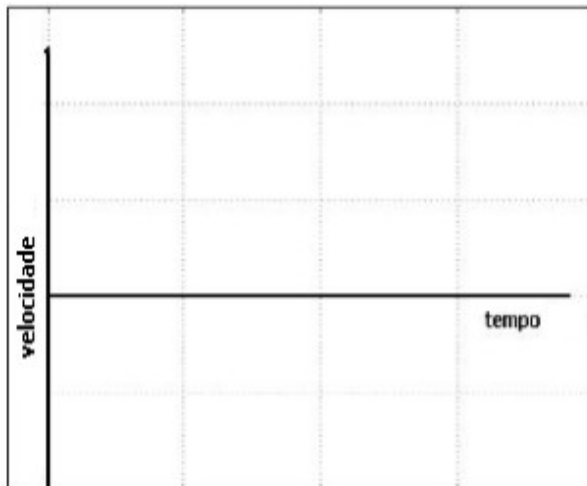
- II. Use como posição da origem do referencial o último sensor no qual a esfera passa.



- b) Para as situações "I" e "II" do item anterior, faça um esboço do gráfico de velocidade em função do tempo para a esfera descendo no líquido em movimento uniforme.

Situação I

Situação II



- c) Justifique o que significa o termo movimento uniforme em relação à:

a) *Velocidade:*

b) *Posição:*

c) *Aceleração:*

Atividade prática 2.1: movimento uniforme

d) Interagindo com o experimento, teste suas respostas para as questões a) e b). Proceda da seguinte forma:

1º) Posicione o tubo de vidro contendo água entre os sensores como mostra a figura 1 abaixo. Use a fita métrica para estimar a distância entre os sensores.

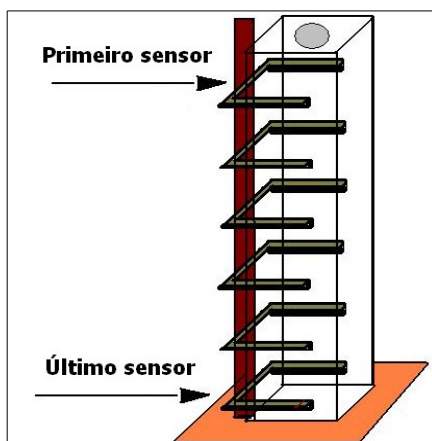


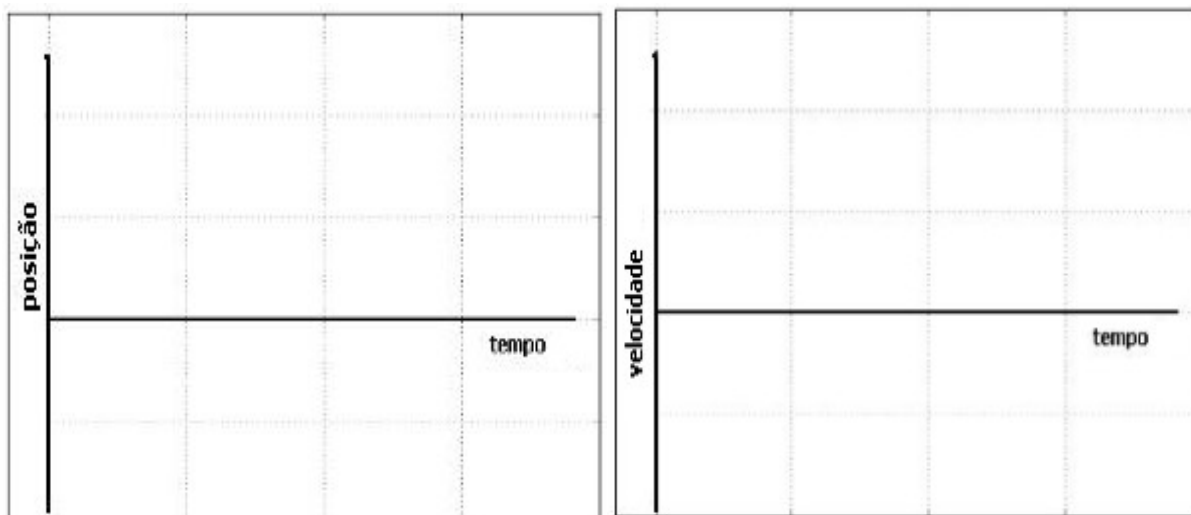
Figura 1: tubo de vidro com água

2º) Abra o arquivo “*cronometro_liquidos.ino*” (Área de trabalho do computador), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

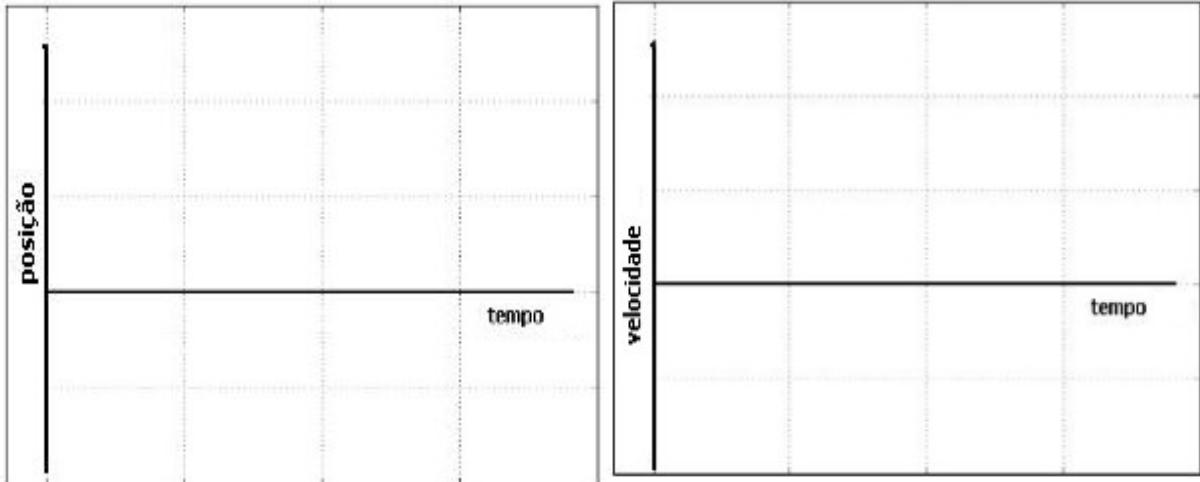
3º) Abra o arquivo “*mov_esfera.py*” em um editor de texto (Área de trabalho do computador) e insira os dados de distância entre os sensores antes de executar o programa. Coloque estas distâncias em metros.

Os seus esboços para as questões a) e b) estavam de acordo com observado? Refaça os esboços dos gráficos e justifique sua resposta.

Situação I

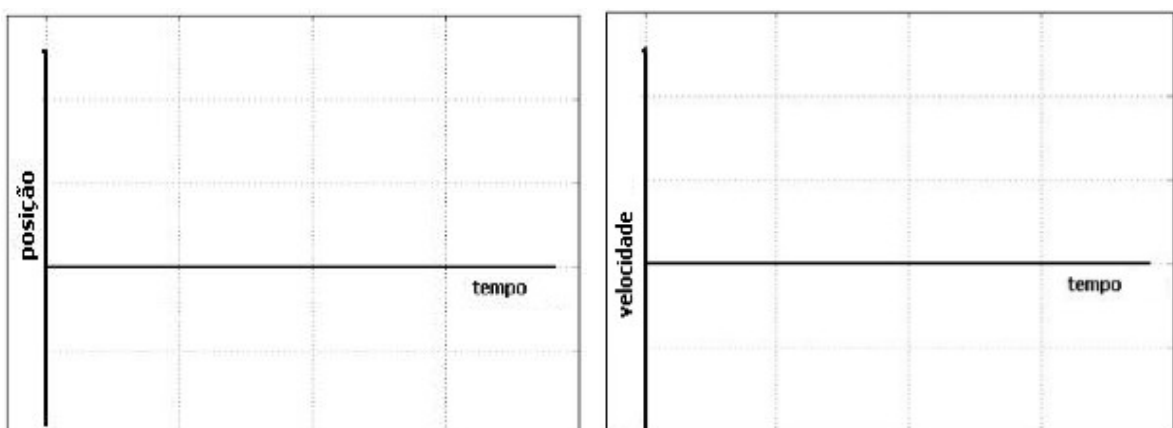


Situação II

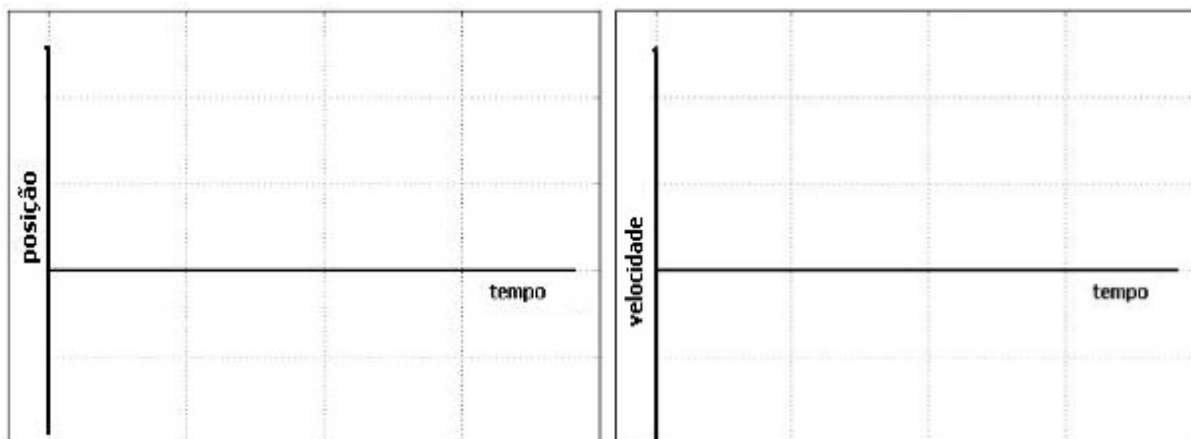
**Questionário 2.2:**

- a) Faça um esboço dos gráficos de velocidade e de posição em função do tempo, quando a esfera de vidro é solta dentro do tubo que contém água até a sua metade. Observe que esta situação é muito semelhante com aquela em que o paraquedista experimenta ao abrir o seu paraquedas.

l) Use como posição da origem do referencial o primeiro sensor no qual a esfera passa.



II) Use como posição da origem do referencial o último sensor no qual a esfera passa.



Atividade prática 2.2: movimento uniforme (tempo previsto: 50 minutos)

b) Interagindo com o experimento, teste suas respostas para a questão anterior. Proceda da seguinte forma:

1º) Posicione o tubo de vidro com água até a metade do seu volume entre os sensores como mostra a figura 1. Use a fita métrica para estimar a distância entre os sensores.

2º) Abra o arquivo “*cronometro_liquidos.ino*” (Área de trabalho do computador), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

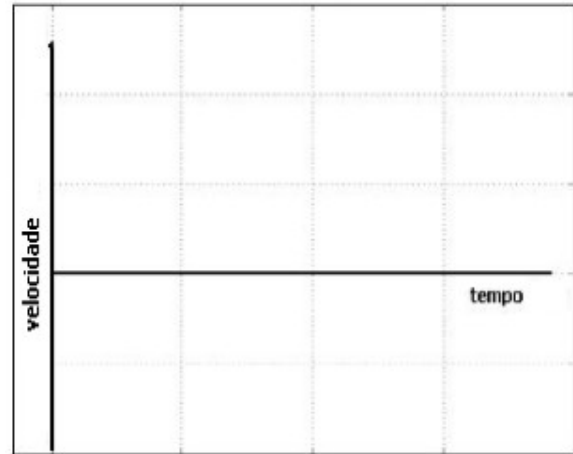
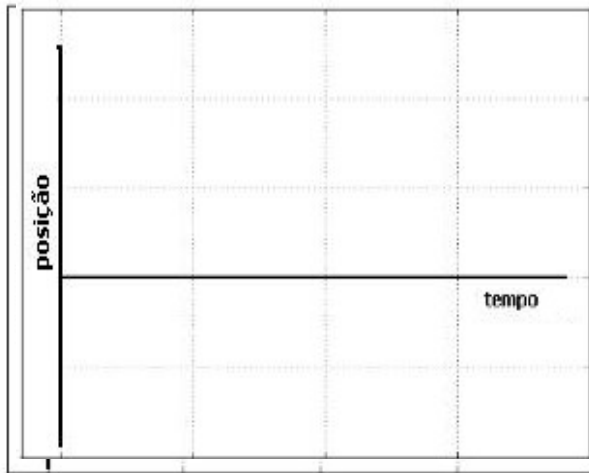
3º) Abra o arquivo “*mov_esfera.py*” com um editor de texto e insira os dados de distâncias entre cada sensor.

4º) Faça o experimento e obtenha os gráficos de posição e velocidade em função do tempo e compare com a sua resposta da questão a).

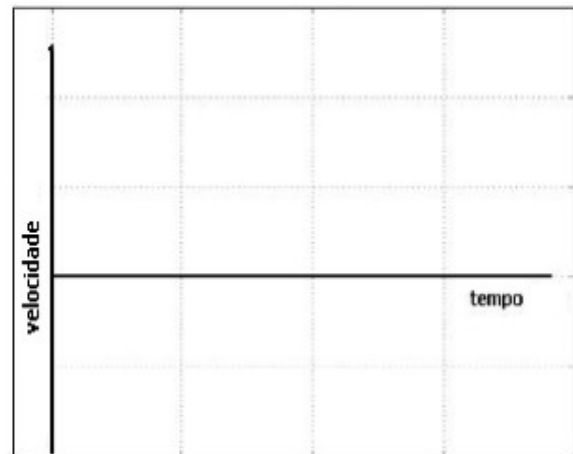
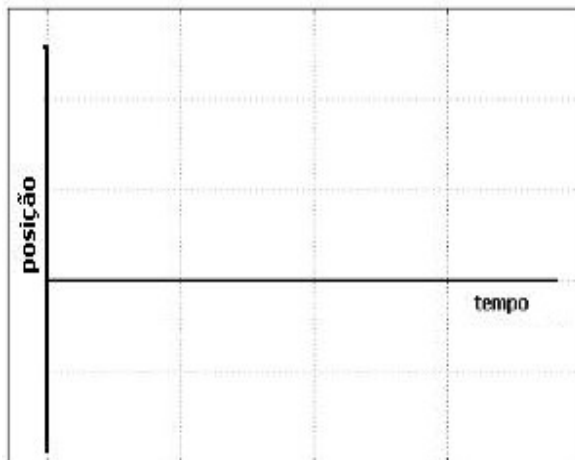
As suas respostas para a questão a) do Questionário 2.2 estão de acordo com o observado? Os gráficos observados de posição e velocidade em função do tempo são semelhantes aos gráficos previstos em sua resposta? *Justifique sua resposta.*

Refaça os esboços dos gráficos de acordo com os dados obtidos no experimento.

I) Use como posição da origem do referencial o primeiro sensor no qual a esfera passa.



II) Use como posição da origem do referencial o último sensor no qual a esfera passa.



c) Discuta com o seu grupo e responda o que aconteceria com a **velocidade da esfera** ao descer no líquido, se:

I) aumentamos o raio da esfera?

II) aumentamos a massa da esfera, mas sem aumentar seu volume (esfera de mesmo raio, mas de material diferente)?

III) o experimento fosse realizado com um líquido de maior viscosidade (por exemplo, óleo de cozinha ou detergente líquido)?

Guia de atividades: “Movimento Uniformemente Variado”⁵⁷

Guia de Atividades / aluno – Aula 3

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta duas atividades práticas envolvendo o conceito de movimento uniformemente variado, através da aquisição automática de dados relacionados ao movimento de um carrinho sobre um plano inclinado. Responda ao questionário individualmente antes de realizar o experimento, fazendo uma predição teórica com base nos seus conhecimentos. Após, você interagirá com o experimento, testando suas respostas.

Prof.^o: *Gilberto F. Filho*

Nome: _____ Turma: _____ Data: __ / __ / __

Questionário 3.1: (tempo previsto: 10 minutos)

- I. Qual era o objetivo do projeto de carro elétrico desenvolvido pelos alunos?
Resposta:

- II. O carro elétrico construído pelos alunos atingiu a velocidade de 100 km/h após 2,15 s. Qual a variação da velocidade deste carro a cada segundo?
Resposta:

- III. Esta aceleração que você determinou no item anterior é o valor da aceleração instantânea ou da aceleração média?
Justifique sua resposta.

- IV. Em sua opinião, o carro elétrico teria condições de manter esta aceleração durante os primeiros 30 segundos após sua arrancada?
Justifique sua resposta.

57 Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade prática 3.1: movimento uniformemente variado*(tempo previsto: 50 minutos)**Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.*

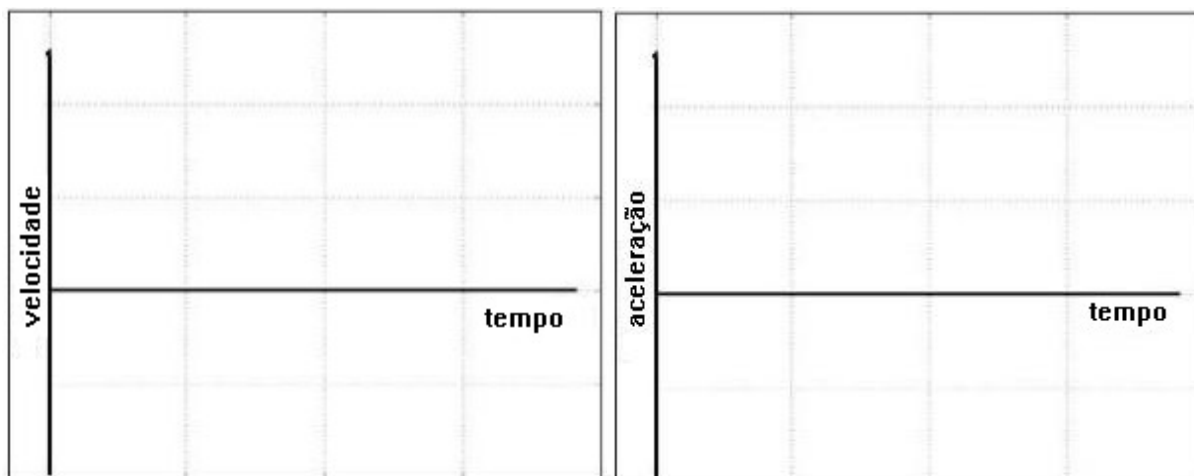
Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Observe o experimento realizado pelo professor. Neste experimento o carrinho está simulando a descida de um automóvel em uma rua da cidade. A distância total percorrida pelo carrinho é 0,75 m. Sabendo que o professor apenas solta o carrinho muito próximo do sensor 1. Adote o referencial positivo para o deslocamento apontando para o sentido de movimento do carrinho no plano inclinado. Responda:

Questionário 3.2:

a) Faça uma discussão com seu grupo sobre o movimento do carrinho durante sua descida no plano inclinado e elabore um esboço do gráfico de aceleração média e velocidade em função do tempo para o carrinho. Pense na função horária da velocidade e seus parâmetros.

Use como posição de origem do referencial o primeiro sensor no qual o carrinho passa.



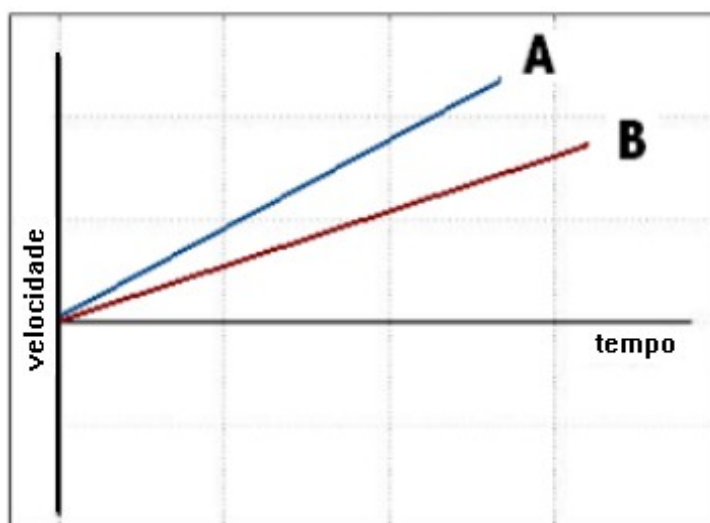
b) Caso o ângulo da rampa seja aumentado o que mudaria nos gráficos de velocidade e de aceleração em função do tempo?

Justifique sua resposta.

c) Nos gráficos abaixo estão representadas as velocidades dos carrinhos “A” e “B” em função do tempo. Identifique qual carrinho foi solto sobre o plano inclinado que possui:

I) maior declividade (*inclinação do gráfico em relação ao eixo dos tempos*)

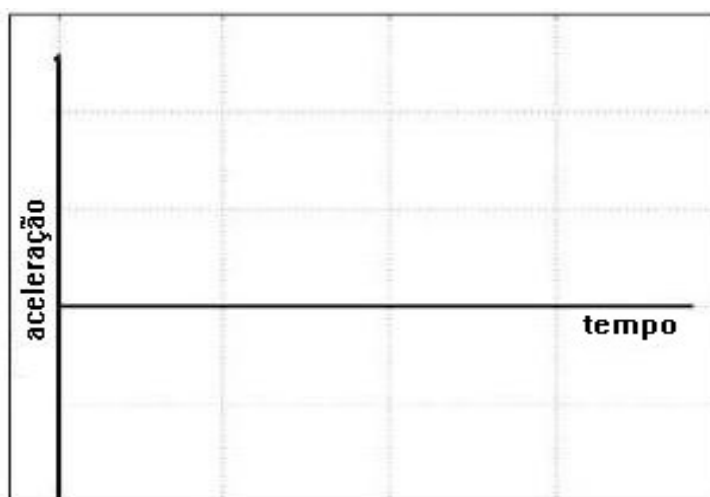
II) menor declividade (*inclinação do gráfico em relação ao eixo dos tempos*)



Justifique sua resposta.

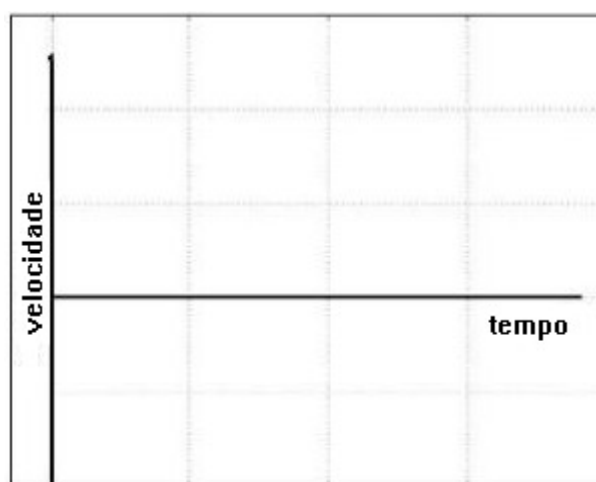
d) O que representa a declividade em um gráfico de velocidade?

e) De acordo com o gráfico de velocidade em função do tempo na questão anterior, faça um esboço do gráfico da aceleração em função do tempo para os carrinhos "A" e "B".

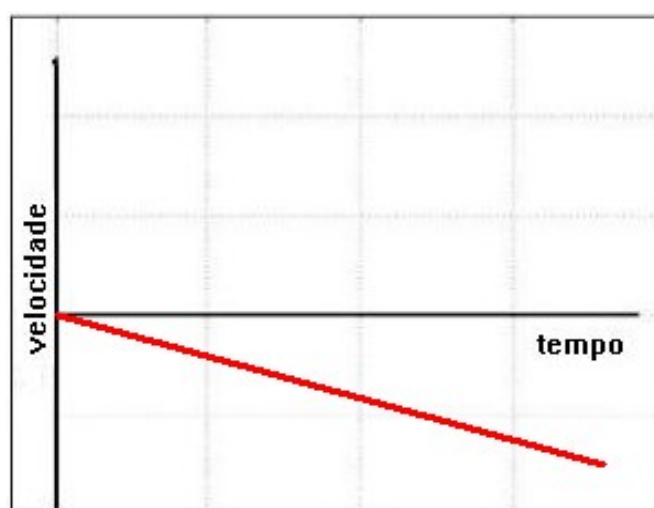


Justifique sua resposta.

f) Faça uma discussão com seu grupo e elabore um esboço do gráfico de velocidade em função do tempo para uma situação na qual o carrinho não é solto próximo ao 1º sensor do plano inclinado mas sim, arremessado sobre o plano inclinado com uma certa velocidade.



g) Analise o gráfico abaixo e faça uma discussão com seu grupo e identifique a origem do referencial adotado para a velocidade.
Justifique sua resposta.



Atividade prática 3.1: movimento uniformemente variado

a) Interagindo com o experimento, teste suas respostas para as questões a), b), c) e e) e f) do Questionário 3.2. Proceda da seguinte forma:

1º) Abra o arquivo “*cronometro_ino*” (Área de trabalho do computador), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

2º) Use a fita métrica ou a régua e estime a distância entre cada um dos sensores.

3º) Abra o arquivo “*velocidade_instantanea_acel.py*” e insira os dados de distância entre cada sensor.

4º) Faça o experimento e obtenha os gráficos de velocidade e aceleração em função do tempo e compare com a sua resposta para as questões a), b), c), e) e f).

As suas respostas para as questões estavam corretas? Os gráficos observados de velocidade e aceleração em função do tempo são semelhantes aos gráficos previstos em sua resposta? *Justifique sua resposta.*

b) Na questão g) a origem do referencial adotado para a velocidade é o mesmo para os outros gráficos? O que mudou? *Justifique sua resposta.*

c) Interagindo com o experimento, teste sua resposta para a questão c). Proceda da seguinte forma:

1º) Abra o arquivo “*cronometro_ino*”(Área de trabalho do computador), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

2º) Use a fita métrica ou a régua e estime a distância entre cada um dos sensores.

3º) Abra o arquivo “*velocidade_instantanea_3Dados.py*” e insira os dados de distância entre cada sensor.

4º) Faça o experimento e obtenha os gráficos de velocidade e compare com a sua resposta da questão c).

A sua resposta para a questão c) estava correta? Qual a grandeza física podemos obter ao analisarmos a declividade de um gráfico de velocidade? *Justifique sua resposta.*

Guia de atividades: “Movimento Uniformemente Variado”⁵⁸

Guia de Atividades / aluno – Aula 4

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta uma proposta de atividade prática envolvendo o conceito de movimento uniformemente variado, através da aquisição automática de dados relacionados ao movimento de um carrinho sobre um plano inclinado.

Antes de realizar a aquisição de dados, responda em grupo o Questionário 4.1.

Atividade prática 4.1: movimento uniformemente variado

(tempo previsto: 20 minutos)

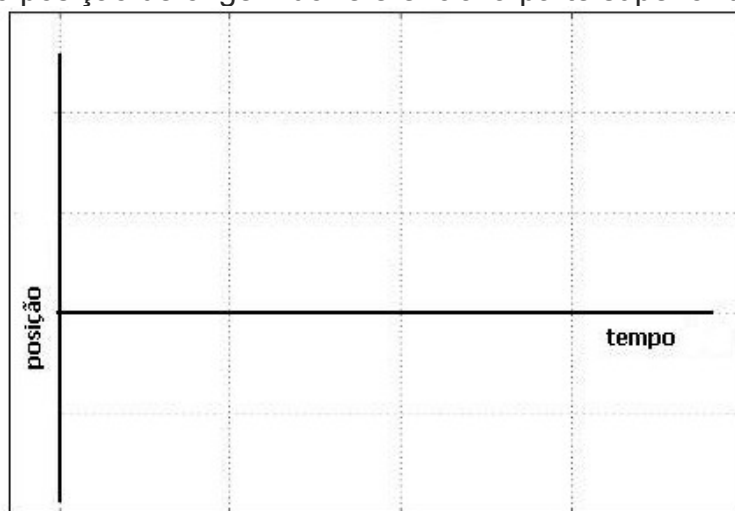
Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.

Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Questionário I:

- I. Faça uma discussão com seu grupo sobre tipo de movimento realizado pelo skatista ao descer a Mega Rampa e elabore um esboço do gráfico de posição em função do tempo.

Use como posição de origem do referencial a parte superior da rampa.



- II. No gráfico que você representou, a declividade indica alguma grandeza física? *Justifique.*
- III. No gráfico esboçado acima, a região abaixo do gráfico representa alguma grandeza física? *Justifique.*

58 Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade prática 4.1: movimento uniformemente variado

(tempo previsto: 50 minutos)

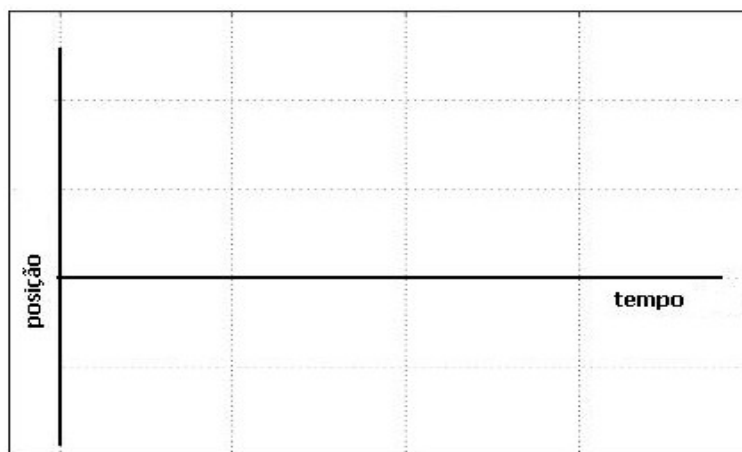
Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.

Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

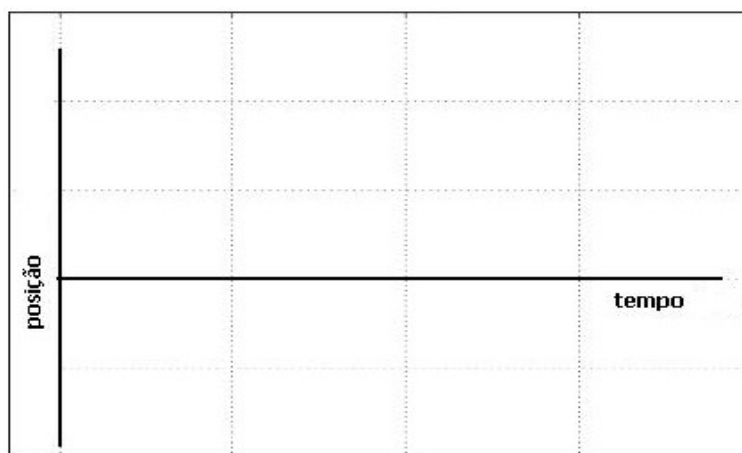
Observe o experimento realizado pelo professor. Neste experimento o carrinho está simulando a descida de um automóvel em uma rua da cidade. A distância total percorrida pelo carrinho é 0,75 m. Responda:

Questionário 4.2:

- I. Faça uma discussão com seu grupo sobre o movimento do carrinho durante sua descida no plano inclinado e elabore um esboço do gráfico de posição em função do tempo, considerando o primeiro sensor pelo qual o carrinho passa como sendo a origem do referencial:
- a) quando o carrinho é “solto” muito próximo a este sensor.



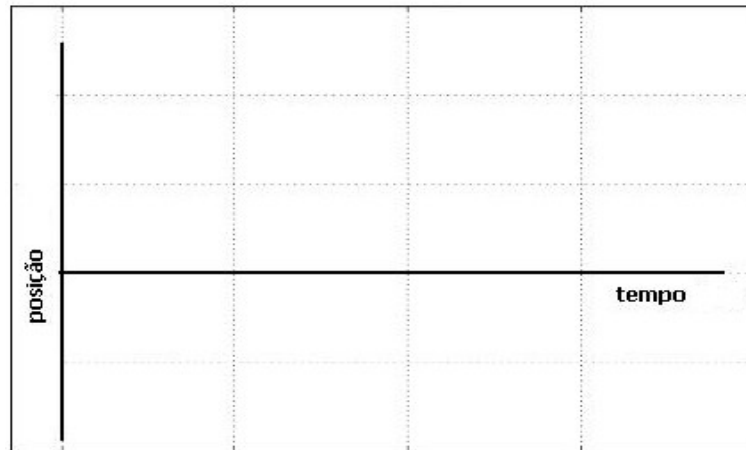
- b) quando o carrinho é “solto” a 10 cm deste primeiro sensor.



- II. Os gráficos são iguais?

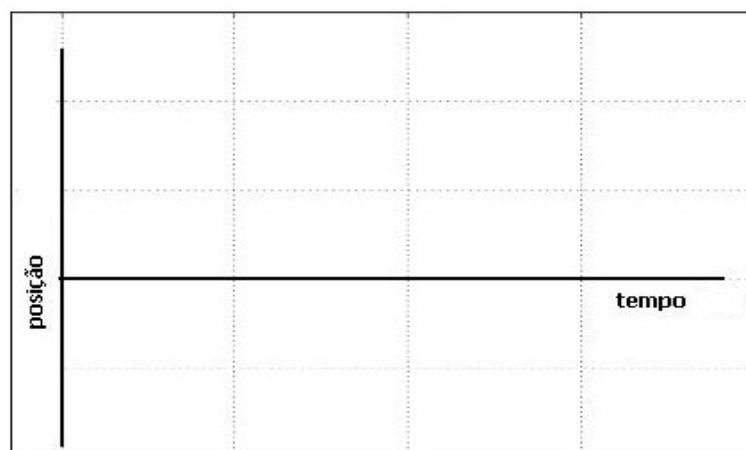
Justifique:

- III. Faça um esboço do gráfico para a situação do item a) da questão I, considerando que agora a declividade da rampa foi aumentada.



- IV. O que mudou em relação ao gráfico do item a) da questão I?
Justifique:

- V. Considerando que a origem do referencial agora é o último sensor pelo qual o carrinho passa e que a velocidade do carrinho é no sentido positivo do referencial, faça um esboço do gráfico para representar a posição em função do tempo quando o carrinho é “solto” muito próximo ao primeiro sensor.



- VI. O que mudou em relação ao gráfico do item a) da questão I?
Justifique:

VII. Em relação ao gráfico abaixo, obtido experimentalmente pela descida de um carrinho sobre o plano inclinado determine:

a) Qual o sensor usado como ponto de origem do referencial, se o carrinho se movimenta no sentido positivo do referencial.

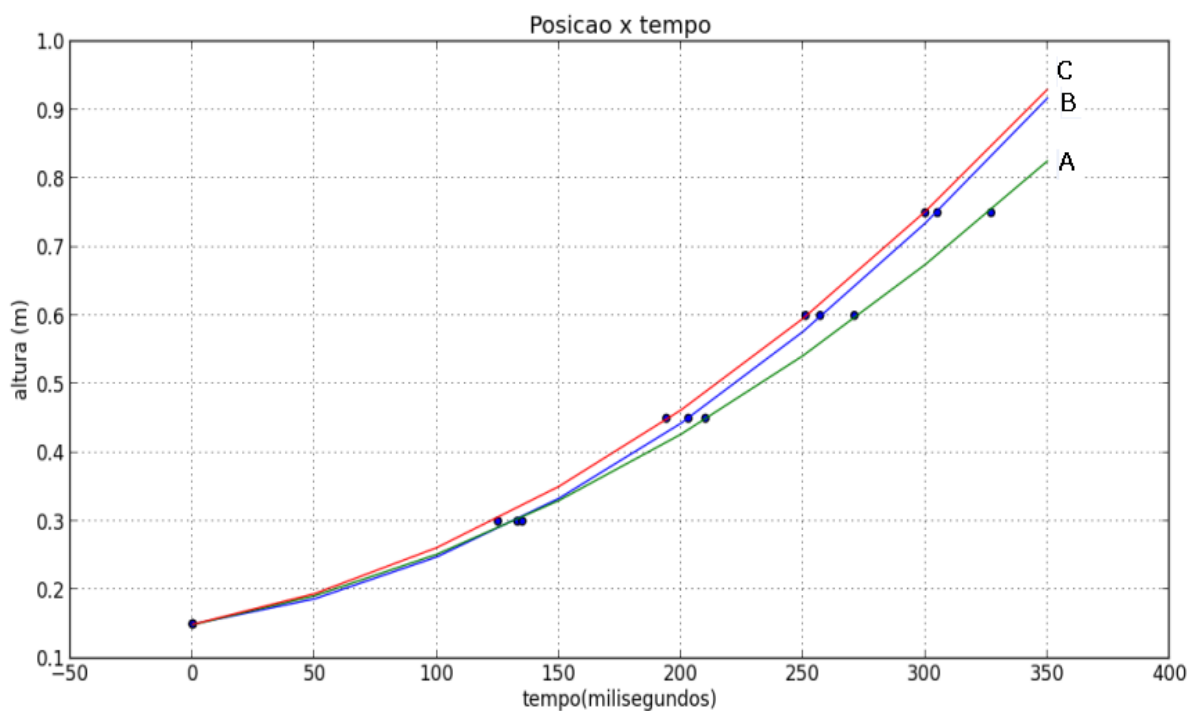
b) Qual dos três gráficos representa o carrinho que tem maior aceleração?

Justifique:

c) Os carrinhos partiram do ponto de origem do referencial?

Justifique:

d) Como podemos identificar a velocidade do carrinho em um certo instante através deste gráfico?



Atividade prática 4.1: movimento uniformemente variado

Interagindo com o experimento, teste suas respostas para as questões I nos itens a) e b) do Questionário 4.2. Proceda da seguinte forma:

1º) Abra o arquivo “cronometro_ino” (*Área de trabalho do computador*), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

2º) Use a fita métrica ou a régua e estime a distância entre cada um dos sensores.

3º) Abra o arquivo “*pos_x_1Dado_Ref_1.py*” e insira os dados de distância entre cada sensor.

4º) Faça o experimento e obtenha os gráficos de posição função do tempo e compare com a sua resposta para a questão I.

I) As suas respostas para as questões estavam corretas? Os gráficos observados de posição em função do tempo são semelhantes aos gráficos previstos em sua resposta?

Justifique:

Para testar a resposta da questão V, abra o arquivo “*pos_x_1Dado_Ref_6.py*” e insira os dados de distância entre cada sensor.

II) A sua resposta para esta questão estava correta? O gráfico observado de posição em função do tempo é semelhante ao gráfico previsto em sua resposta?

Justifique:

Para testar a resposta da questão V, abra o arquivo “*pos_x_3Dados_Ref_1.py*” e insira os dados de distância entre cada sensor.

III) A sua resposta para esta questão estava correta? O gráfico observado de posição em função do tempo é semelhante ao gráfico previsto em sua resposta?

Justifique:

Guia de atividades: “Movimento Uniformemente Variado”⁵⁹

Guia de Atividades / aluno – Aula 5

Movimento Uniformemente Variado

Este guia apresenta uma proposta de atividade prática que visa o aprofundamento do conceito de movimento uniformemente variado, através da aquisição automática de dados relacionados ao movimento de um objeto em frente a um sensor ultrassônico.

Antes de realizar a aquisição de dados, responda o Questionário 5.1.

Atividade prática 5.1: movimento uniformemente variado

(tempo previsto: 30 minutos)

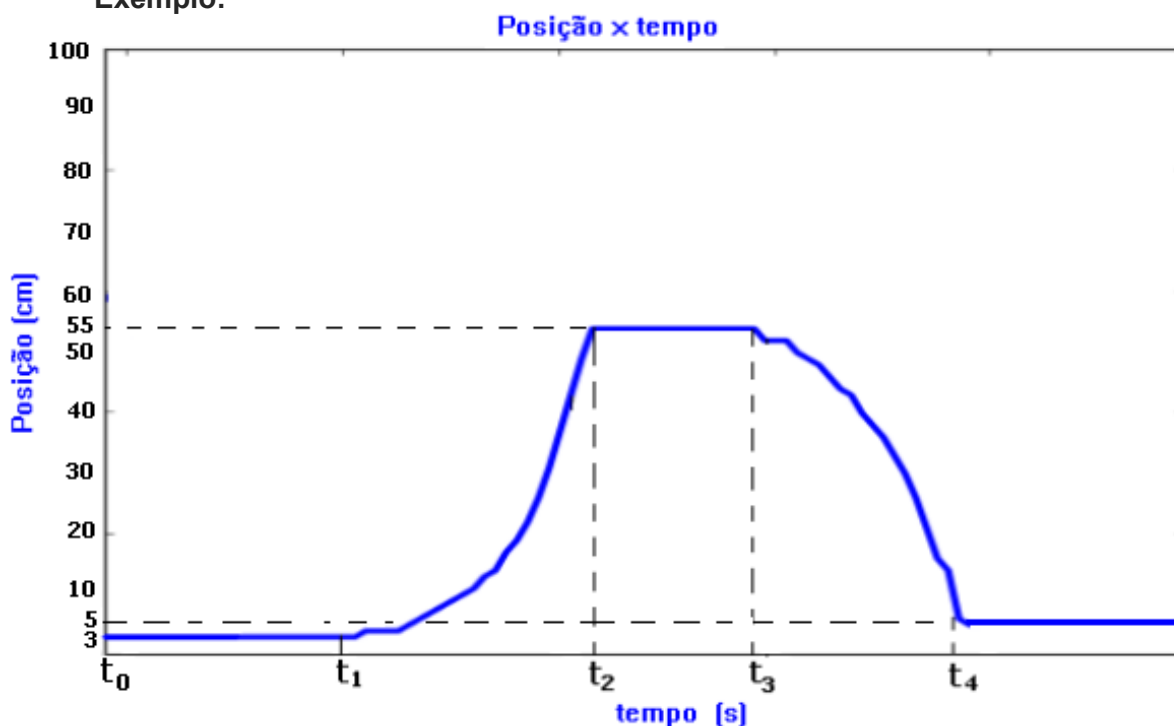
Esta atividade deve ser realizada individualmente

Nome: _____ Turma: _____ Data: __ / __ / __

Questionário 5.1:

Analise os gráficos de posição em função do tempo descritos e, considerando o sensor ultrassônico como sendo a origem do referencial, interprete o movimento realizado pela caixa de papel em frente ao sensor em cada intervalo de tempo. Utilize o exemplo para auxiliar em sua resposta.

Exemplo:



⁵⁹ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

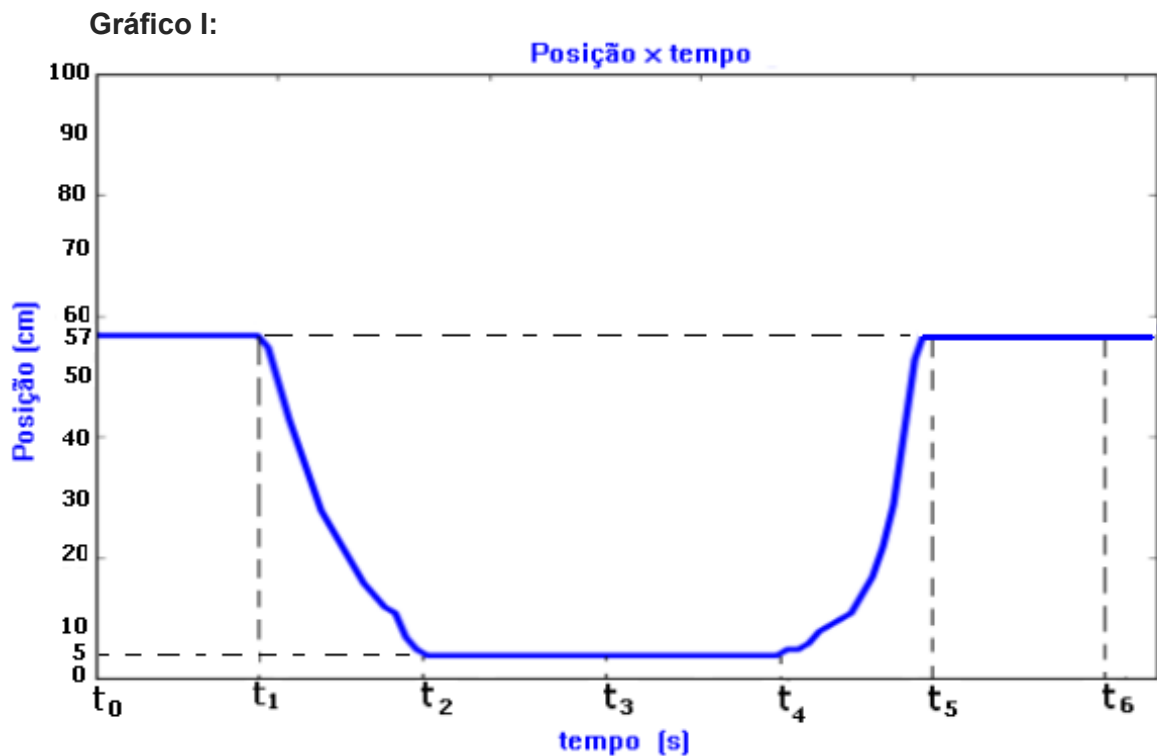
Descrição do movimento:

a) **Intervalo de tempo ($t_1 - t_0$):** a caixa está em repouso na posição $y = 3$ cm em relação ao sensor ultrassônico.

b) **Intervalo de tempo ($t_2 - t_1$):** a caixa está se afastando do sensor com movimento acelerado e ao chegar ao intervalo de tempo t_2 ela para subitamente.

c) **Intervalo de tempo ($t_3 - t_2$):** a caixa permanece na posição $y = 55$ cm em repouso em relação ao sensor.

d) **Intervalo de tempo ($t_4 - t_3$):** a caixa se aproxima do sensor com movimento acelerado e ao chegar ao intervalo de tempo t_4 ela para subitamente, permanecendo na posição $y = 5$ cm em relação ao sensor.



Descreva o movimento da caixa em cada intervalo de tempo:

a) Intervalo de tempo ($t_1 - t_0$):

b) Intervalo de tempo ($t_2 - t_1$):

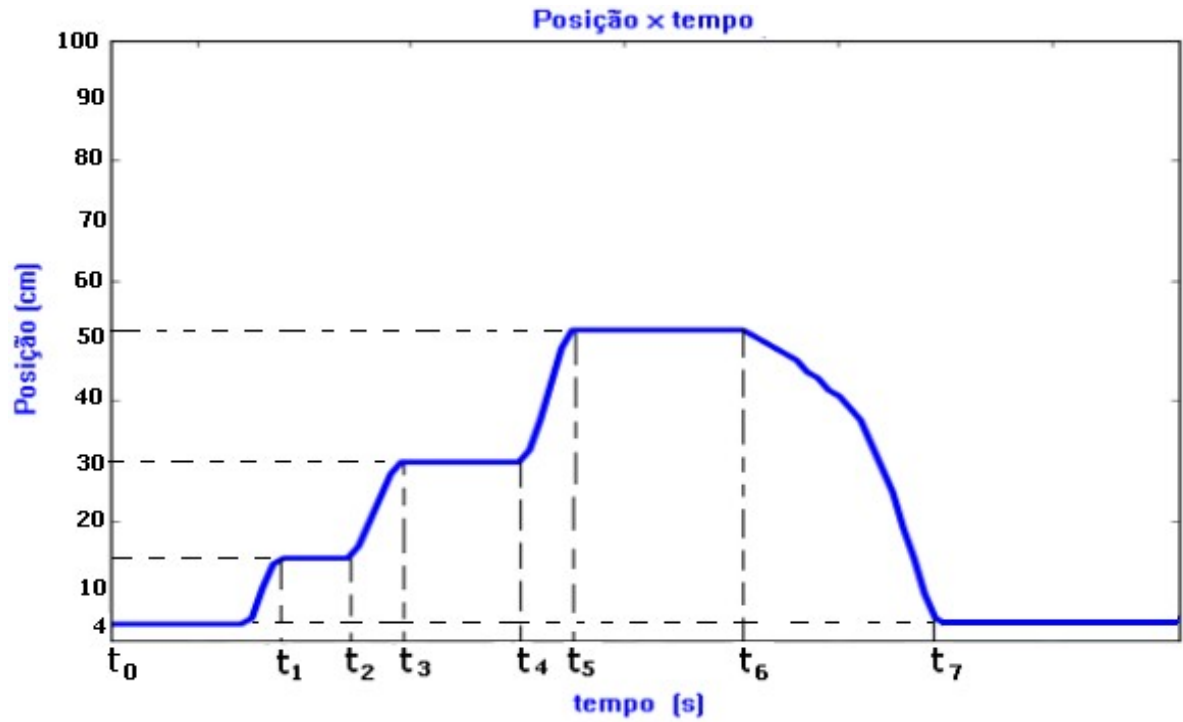
c) Intervalo de tempo ($t_3 - t_2$):

d) Intervalo de tempo ($t_4 - t_3$):

e) Intervalo de tempo ($t_5 - t_4$):

f) Intervalo de tempo ($t_6 - t_5$):

Gráfico II:



Descreva o movimento em cada intervalo de tempo:

a) Intervalo de tempo ($t_2 - t_1$):

b) Intervalo de tempo ($t_3 - t_2$):

c) Intervalo de tempo ($t_4 - t_3$):

d) Intervalo de tempo ($t_5 - t_4$):

e) Intervalo de tempo ($t_6 - t_5$):

f) Intervalo de tempo ($t_7 - t_6$):

Atividade prática 5.1: movimento uniformemente variado

Interagindo com o equipamento, teste suas respostas para as questões a), b) c), d), e) e f) dos gráficos I), II) do Questionário 5.1. Proceda da seguinte forma:

1º) Abra o programa “ultrassom_ino” (*Área de trabalho do computador*) e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

2º) Abra o arquivo “*ultrasonico_posicao_t_real.py*” e execute este programa.

3º) Movimente a caixa de papel em frente ao sensor ultrassônico procurando inicialmente obter o gráfico que corresponda a cada intervalo de tempo, comparando o movimento de sua mão com o gráfico obtido após, procure reproduzir os gráficos I) e II).

4º) Compare suas respostas para cada intervalo de tempo com o gráfico gerado pelo movimento da caixa. Para fazer uma análise mais cuidadosa do gráfico, pressione o botão disponível sobre o *Shield*, ele interromperá a leitura de dados, permitindo a visualização do gráfico de posição.

Responda:

- I. Qual grandeza física está relacionada com a declividade em um gráfico de posição em função do tempo?

Justifique:

- II. Qual o motivo de não se conseguir obter um gráfico com deslocamento negativo usando um sensor ultrassônico?

Justifique:

Guia de atividades: “Aceleração de Queda Livre”⁶⁰

Guia de Atividades / aluno – Aula 6

Aceleração de Queda Livre

Este guia apresenta duas propostas de atividade prática envolvendo o conceito de aceleração de queda livre, através da aquisição e análise de dados experimentais.

Responda ao questionário individualmente, antes de realizar o experimento, fazendo uma predição teórica com base nos seus conhecimentos.

Esta atividade deve ser realizada individualmente

Nome: _____ Turma: _____ Data: __ / __ / __

Questionário 6.1: (tempo previsto: 30 minutos)

- I. No experimento mostrado no vídeo, a pena e a moeda caem no mesmo intervalo de tempo quando soltas de uma mesma altura dentro de um tubo com vácuo. Esta aceleração a qual estão submetidas a pena e a moeda é chamada de aceleração de queda livre. Em sua opinião o que significa o termo queda livre? *Justifique.*

- II. Um corpo (bolinha) que é arremessado verticalmente para cima, ao atingir sua altura máxima será encontrado em repouso (*velocidade igual a zero*) e logo em seguida iniciará seu movimento de descida. No ponto de altura máxima, o corpo está submetido a aceleração gravitacional? *Justifique.*

- III. Por que o paraquedista Félix Baumgartner parou de acelerar e atingiu a velocidade limite de 220 km/h antes de abrir o paraquedas, uma vez que o mesmo estava sujeito a força de atração gravitacional? *Justifique.*

- IV. Durante quase dois mil anos, a hipótese de Aristóteles sobre a queda dos corpos foi aceita, sendo contestada no séc. XVII por Galileu Galilei. Em sua opinião, após observar o vídeo, a pena e a moeda caem juntas quando soltas no tubo de vácuo, pois estariam sujeitas a mesma *força peso*? *Justifique.*

⁶⁰ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade prática 6.1: aceleração de queda não livre (tempo previsto: 50 minutos)
 Esta atividade deve ser realizada em grupo: máximo 4 alunos.

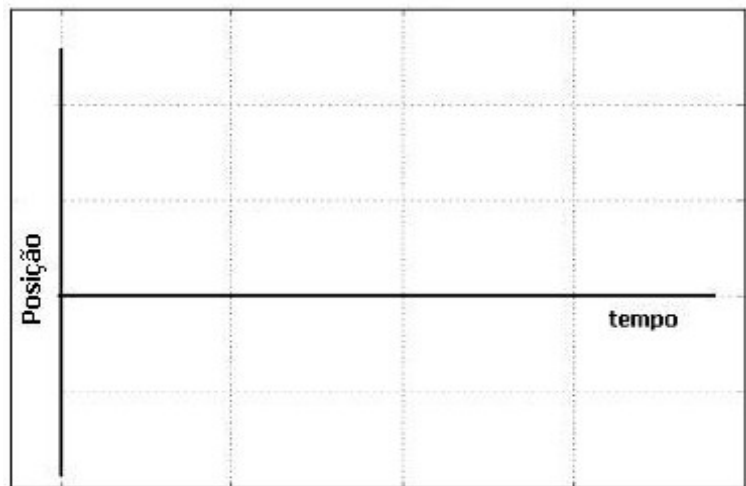
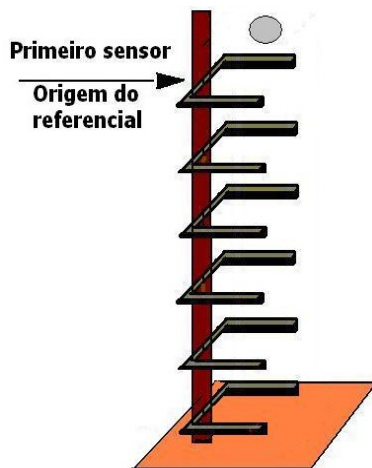
Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Questionário 6.2:

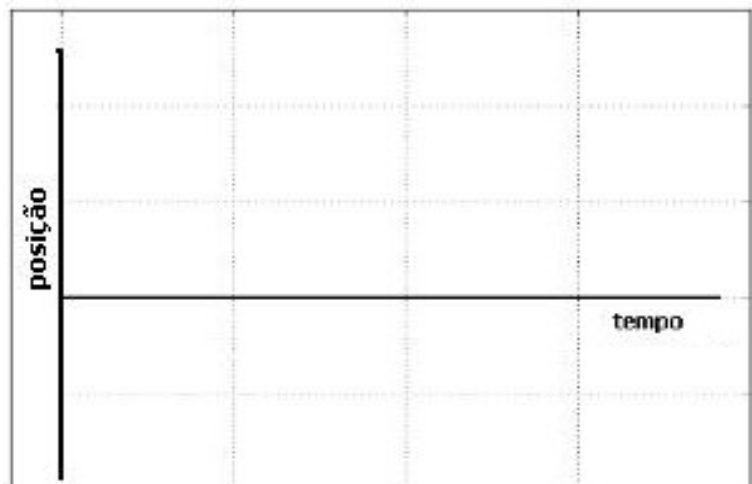
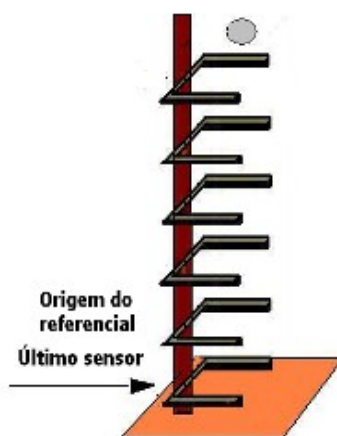
Observe o experimento realizado pelo professor. Neste experimento uma bolinha de pebolim é solta e percorre uma distância de 0,75 m entre os sensores, conforme o desenho abaixo.

a) Faça uma discussão com seu grupo e elabore um esboço do gráfico de posição em função do tempo para o movimento da bolinha.

I) Use como posição de origem do referencial o primeiro sensor no qual passa a bolinha.



II) Use como posição da origem do referencial o último sensor no qual passa a bolinha.



b) O gráfico abaixo mostra a posição em função do tempo para duas bolinhas que foram soltas de uma mesma altura. Sabendo que o gráfico “A” é o da bolinha de papel e o gráfico “B” é o da bolinha de pebolim, responda:

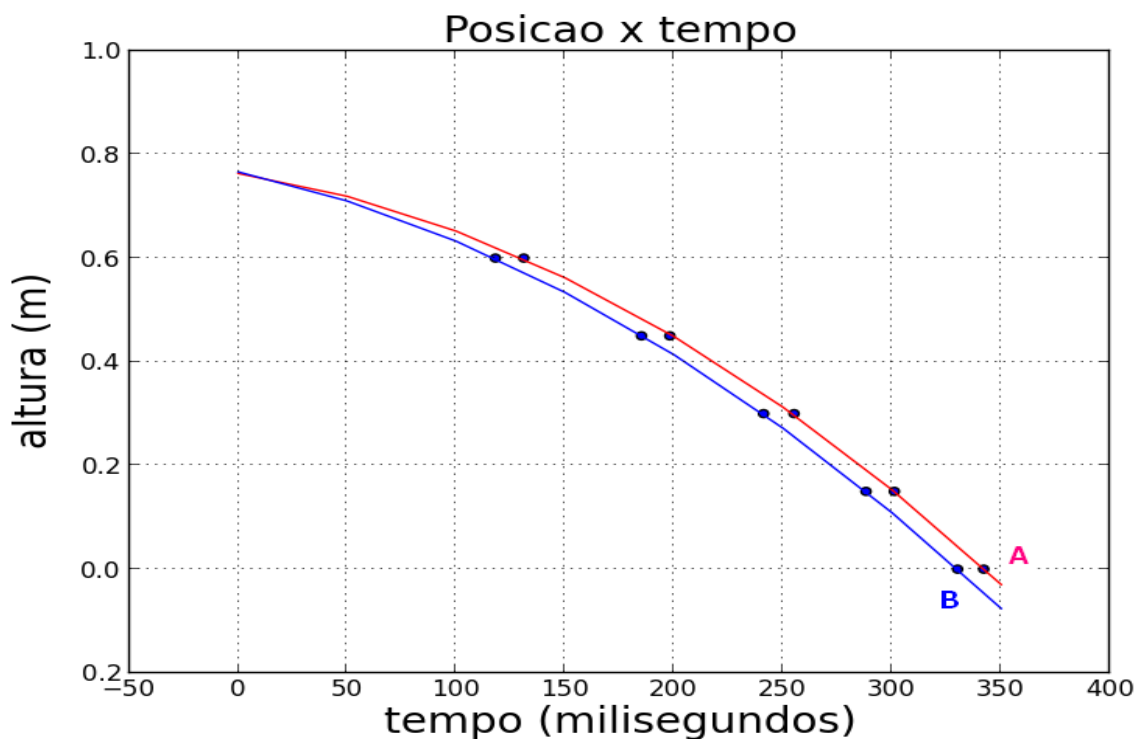


Figura 1: Gráfico de posição em função do tempo

- I. Qual sensor foi usado como origem do referencial?
- II. Qual grandeza física pode ser determinada através da declividade das curvas mostradas no gráfico da Figura 1? *Justifique.*
- III. O gráfico da Figura 1 representa a posição em função do tempo das bolinhas “A” e “B” em um movimento de queda *não livre* (com resistência do ar). Como ficaria este gráfico caso as bolinhas fossem soltas em um tubo de vidro com vácuo, conforme o vídeo assistido em aula o qual mostrava uma pena e uma moeda em movimento de queda livre? *Justifique.*

c) A Figura 2 representa um **exemplo** de gráfico de posição em função do tempo para a queda de uma bolinha de pebolim. Ao lado de cada ponto do gráfico estão indicados os valores de tempo e posição obtidos no experimento. Realize com o seu grupo o experimento de queda não livre usando uma bolinha de aço ou de pebolim. Siga os procedimentos:

1. Para obter o gráfico de posição em função do tempo, utilize o programa “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*”.
2. Antes de soltar a bolinha próxima do primeiro sensor, use a fita métrica e determine a posição onde será solta a bolinha.
3. Após estes procedimentos, execute o programa e visualize o gráfico de posição em função do tempo. Anote na tabela abaixo os tempos relacionados a cada ponto do gráfico. Faça isto colocando o mouse sobre cada ponto.

posição (m)	0,6	0,45	0,3	0,15	0
tempo (s)					

4. Usando a função horária da posição em função do tempo, determine a velocidade inicial V_0 e o valor da aceleração da bolinha. A aceleração que você encontrou para a bolinha pode ser chamada de “*aceleração gravitacional*”? Justifique sua resposta.

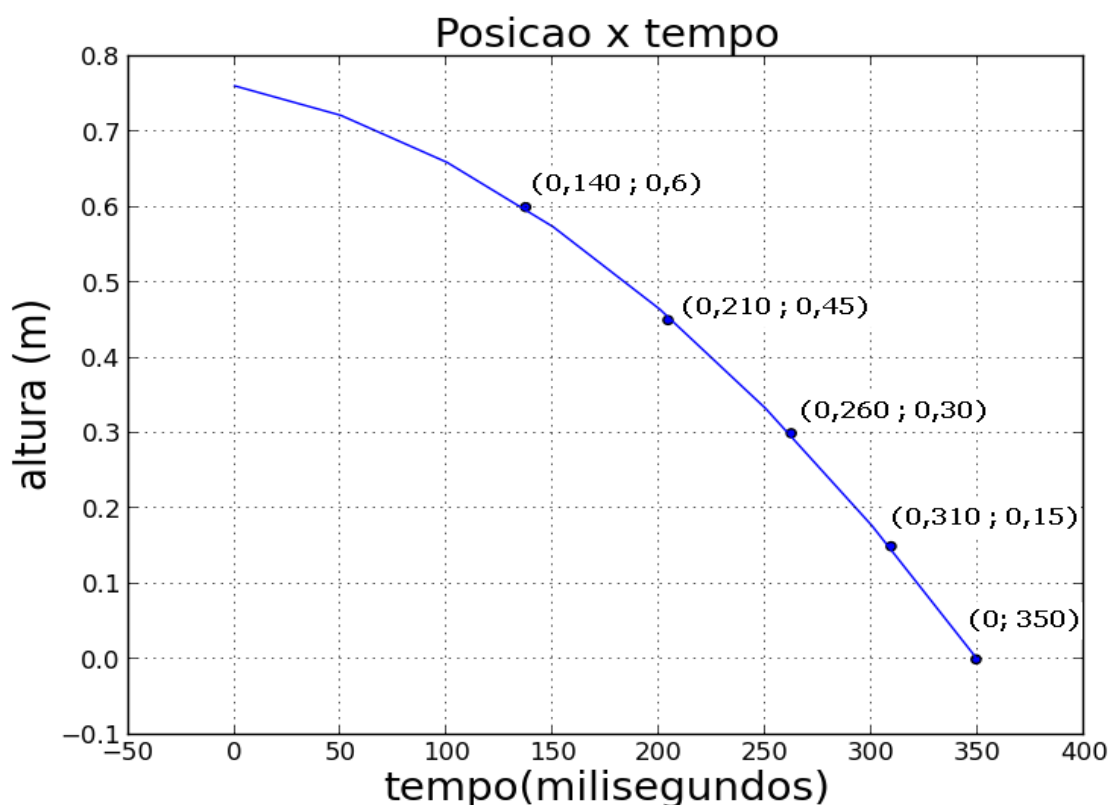


Figura 2: Gráfico de posição em função do tempo

Atividade prática 6.1: movimento de queda não livre

a) Interagindo com o equipamento, teste suas respostas para a questão propostas no Questionário 6.2. Proceda da seguinte forma:

1º) Abra o arquivo “cronometro_ino” (*Área de trabalho do computador*), e faça *Upload* deste programa para o Arduino.

2º) Abra o arquivo “*pos_y_1Dado_Ref_1.py*” e execute o programa. Solte a bolinha de pebolim no experimento e compare o gráfico obtido com a sua resposta da questão a) item I). Caso não tenha acertado o esboço do gráfico corrija a questão redesenhando o gráfico.

3º) Abra o arquivo “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*” e execute o programa. Solte a bolinha de pebolim no experimento e compare o gráfico obtido com a sua resposta da questão a) item II). Caso não tenha acertado o esboço do gráfico corrija a questão redesenhando o gráfico.

4º) Abra o arquivo “*pos_y_2Dados_Ref_6.py*” e execute o programa, soltando as bolinhas de pebolim e de papel. Compare o gráfico obtido com a resposta da questão b) item I).

Guia de atividades: “Lei da Conservação de Energia Mecânica”⁶¹

Guia de Atividades / aluno – Aula 7

Lei da Conservação de Energia Mecânica

Este guia apresenta uma proposta de atividade prática envolvendo o conceito de conservação de energia mecânica através da realização de experimentos e aquisição e análise de dados experimentais.

Responda ao questionário individualmente, antes de realizar o experimento com aquisição de dados, fazendo uma predição teórica com base nos seus conhecimentos.

Esta atividade deve ser realizada individualmente

Nome: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Observe o experimento realizado pelo professor. Neste experimento duas esferas de mesmo tamanho são soltas de uma mesma altura e percorrem uma distância de 0,75 m entre os sensores.

Questionário 7.1: (tempo previsto: 30 minutos)

- I. Por que as bolinhas de pebolim e isopor não possuem o mesmo valor para a aceleração resultante, visto que são submetidas a mesma aceleração gravitacional “g”?

- II. O experimento realizado pelo professor é um exemplo de sistema conservativo ou dissipativo de energia?
Justifique.

- III. Em sua opinião, houve variação na energia mecânica em cada bolinha durante o movimento de queda? Se ocorreu, qual apresentou maior variação em sua energia mecânica durante o movimento de queda?
Justifique.

- IV. Qual a condição necessária para realizar este experimento de queda de corpos para que ocorra a conservação de energia mecânica?

- V. A pena e a moeda mostradas no vídeo “*Falling Feather*”- *acceleration of gravity*, quando soltas dentro de um tubo com vácuo (manométrico), caem juntas e atingem a mesma velocidade final portanto, estão submetidas a mesma aceleração resultante. A energia mecânica da pena é igual a energia mecânica da moeda? *Justifique.*

⁶¹ Este guia faz parte do material instrucional do trabalho de dissertação de mestrado profissional de Gilberto F. Filho, realizado sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Rafael Peretti Pezzi, PPG em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Este guia está licenciado sob os termos da licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual (CC BY-SA 4.0).

Atividade prática 7.1: dissipação de energia
 (tempo previsto: 50 minutos)
 Esta atividade deve ser realizada em dupla

Nomes: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Interagindo com o experimento, teste suas respostas para as questões II e III do Questionário 7.1. Proceda da seguinte forma:

a) Com auxílio da fita métrica determine a altura onde a bolinha será solta (*pebolim e isopor*), conforme Figura 1.

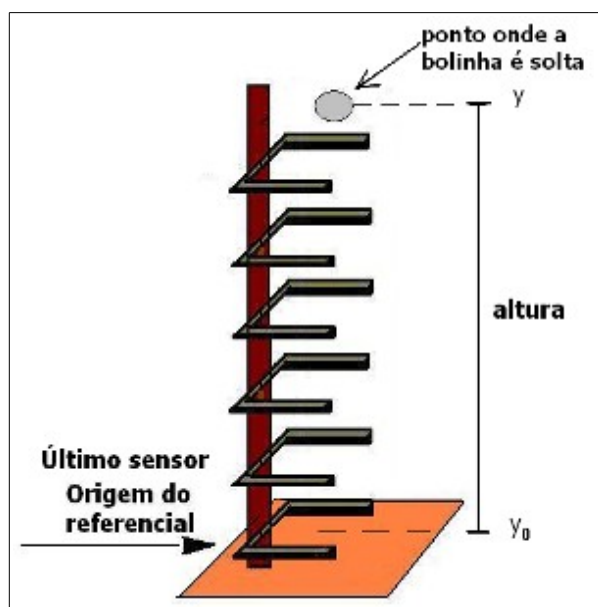


Figura 1: altura da bolinha em relação ao ponto de origem do referencial.

b) Determine com auxílio da balança digital a massa das duas bolinhas.

c) Calcule a energia potencial de cada uma das bolinhas em relação a origem do referencial. Use a altura determinada no item a) e o valor de $g = -9,76 \text{ m/s}^2$ para a aceleração gravitacional.

Energia potencial (J)	$E_{pg} = m.g. \Delta h$
Pebolim	
Isopor	

d) Execute o programa “*pos_y_1Dado_Ref_6.py*” e visualize o gráfico de posição em função do tempo. Anote na tabela abaixo os tempos relacionados a cada ponto do gráfico. Faça isto colocando o ponteiro do mouse sobre cada ponto.

Usando os valores de tempo de queda para cada bolinha, determine a velocidade inicial V_0 e o valor da aceleração resultante de cada esfera.

posição (m)	0,60	0,45	0,30	0,15	0,00
Pebolim: tempo (s)					
Isopor: tempo (s)					

e) Determine a velocidade final “V” de cada uma das bolinhas ao passar pelo ponto de origem do referencial.

f) Determine a energia cinética de cada bolinha ao passar pelo ponto de origem do referencial e anote na tabela abaixo.

Energia cinética (J)	$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$
Pebolim	
Isopor	

g) Determine o percentual de energia mecânica dissipada durante o movimento de queda de cada uma das bolinhas usando a equação abaixo.

Compare sua resposta para o a questão II) e cite uma das razões que possa justificar esta diferença entre as variações percentuais de energia mecânica para cada uma das bolinhas.

$$\% \text{ Energia dissipada} = \frac{(E. \text{ potencial} - E. \text{ cinética})}{(E. \text{ potencial})} \times 100$$

APÊNDICE – F

Neste apêndice apresentamos uma relação de Vídeos que descrevem passo a passo a montagem do equipamento de aquisição de dados e dos três modelos de *Shield Galileu (na versão protótipo)*.

Tabela 1: Endereço eletrônico dos Vídeos tutoriais de montagem

Vídeo	Descrição	Link para assistir o Vídeo no youtube
Vídeo_1: montagem_suporte_dos_sensores	Construção e montagem do suporte para os sensores infravermelhos/fotodiodos.	https://www.youtube.com/watch?v=MqWMkuF6FOw
Vídeo_2: montagem_circuito_emissor_receptor	Montagem do circuito emissor-receptor infravermelho nas placas de fenolite.	https://www.youtube.com/watch?v=aDjTbu1xgUU
Vídeo_3: instalação_dos_sensores	Fixação dos 6 sensores na guia (rosca sem fim).	https://www.youtube.com/watch?v=h51QI3UGXDg
Vídeo_4: shield_cronometro	Montagem do Shield cronometro (versão protótipo).	https://www.youtube.com/watch?v=lf4OhggIKfU
Vídeo_5: shield_cronometro_líquidos	Montagem do Shield cronometro líquidos (versão protótipo).	https://www.youtube.com/watch?v=fmK1hPgq-uU
Vídeo_6: shield_ultrassônico	Montagem do Shield ultrassônico (versão protótipo).	https://www.youtube.com/watch?v=gqAF3DSQ_kY

APÊNDICE – G

Avaliação da proposta didática

Questão 1 (Avaliação geral da proposta de Ensino)

Como você avalia as atividades com aquisição automática de dados que você participou? Você considera ter aprendido alguma coisa? O quê? Comente sua resposta.

Questão 2 (Importância dos temas estudados)

Houve algum tópico abordado no projeto que você desconhecia e ficou com vontade de saber mais? Comente.

Questão 3 (Tempo de aplicação)

Você considera que o tempo destinado as atividades do projeto foi suficiente? Justifique sua resposta.

Questão 4

O equipamento utilizado em sala de aula para fazer a aquisição de dados:

4-a) é fácil de ser utilizado em sala de aula:

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

4-b) é complicado e pouco atrativo:

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

4-c) despertou meu interesse em aprender física:

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

4-d) despertou meu interesse de construir meu próprio equipamento:

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

Questão 5 (Vídeos)

Em relação aos vídeos que foram apresentados no projeto, você acredita que:

5-a) ajudam a compreender melhor a física presente no dia a dia.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

5-b) não colaboram em nada para meu aprendizado.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

5-c) os vídeos apresentados pouco contribuíram para o meu aprendizado.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

5-d) ajudaram a entender os conceitos físicos estudados.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo

Discordo fortemente

Questão 6 (Aprendizado)

Em relação as afirmações abaixo, assinale:

6-a) melhorou, pois consigo relacionar os conceitos de Física estudados com o meu cotidiano.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

6-b) o projeto não contribuiu para o meu aprendizado na disciplina de Física.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

6-c) foi regular, pois a metodologia de trabalho em grupo não ajudou muito para meu aprendizado.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

6-d) a discussão em grupo, fez com que meu aprendizado melhorasse muito.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

Questão 7 (Metodologia)

Em relação a metodologia aplicada para este tipo de aula, você considera que:

7-a) foi adequada a proposta de trabalho apresentada, buscando em grupo soluções para as questões.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

7-b) as atividades deveriam ser propostas individualmente a cada aluno para o próximo ano.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

7-c) seria necessário que se tivesse mais equipamentos (um para cada grupo).

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

Questão 8 (datashow)

Em relação ao uso do *datashow*:

8-a) a realização dos experimentos e apresentação para toda a turma no *datashow* ajudaram a entender o conteúdo.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

8-b) não haveria necessidade do uso de *datashow* para mostrar os gráficos.

concordo fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo fortemente

Questão 9 (placa Arduino)

Você já conhecia a placa Arduino? Em caso positivo, mencione seu contato prévio com ela.

Questão 10

Pensando em uma aplicação futura das atividades de aquisição automática de dados com seus colegas, o que poderia ser melhorado? Por quê?

ANEXO – AAUTORIZAÇÃO DO USO DE IMAGEM

Eu, _____, RG _____ CPF _____
_____ residente à _____ n° _____ Bairro: _____
_____ no município de _____ autorizo o professor Gilberto F. Filho da disciplina de Física da *Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt* – São Leopoldo, a utilizar minha imagem no blog da escola, projeto de pesquisa, publicação de trabalhos e dissertação de mestrado. Declaro que estou de acordo com os termos, sem que isto acarrete qualquer ônus a escola citada e ao referido professor, desde que as fotografias não sejam utilizadas em outros materiais que não sejam os discriminados acima. Pelo presente, firmo o acima descrito.

Assinatura do responsável: _____