

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

WELLINGTON CARVALHO DE DEUS

(PRODUTO EDUCACIONAL)

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A INTRODUÇÃO AO ENSINO DE
OSCILAÇÕES UTILIZANDO A PLACA ARDUINO COMO FERRAMENTA
TECNOLÓGICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

ALFENAS - MG

2019

WELLINGTON CARVALHO DE DEUS

(PRODUTO EDUCACIONAL)

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A INTRODUÇÃO AO ENSINO DE
OSCILAÇÕES UTILIZANDO A PLACA ARDUINO COMO FERRAMENTA
TECNOLÓGICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Wisniewski

ALFENAS - MG

2019

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Croqui inicial.....	16
Figura 2: Projeto inicial.....	16
Figura 3: Empecilhos encontrados.....	17
Figura 4: Sequência de montagem da base mais o suporte principal.....	18
Figura 5: Suporte principal com uniões.....	19
Figura 6: Montagem do suporte espaçador.....	20
Figura 7: Detalhe <i>Plug</i> automotivo, Detalhe fixação da massa do pêndulo, e vista completa do experimento pêndulo montado.....	21
Figura 8: Inclinação do suporte espaçador.....	22
Figura 9: Fixação dos sensores ultrassônicos.....	22
Figura 10: Massa do Pêndulo a base de cano P.V.C e gesso.....	23
Figura 11: Nova massa do Pêndulo, a base de isopor e gesso.....	24
Figura 12: Montagem completa do sistema massa-mola com fixação da massa correta.....	25
Figura 13: Fixação da massa incorreta.....	25
Figura 14: Fixação do <i>Protoboard</i> , Fixação da placa <i>Arduino</i> , e conexão com <i>Notebook</i>	26
Figura 15: Demonstração gráfica durante a aplicação do experimento.....	26
Figura 16: Projetos futuros, execução de dois experimentos simultâneos.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma das etapas da aplicação da sequência.	7
Tabela 2: Total de custo para montagem do experimento:	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	O ensino de oscilações utilizando a placa Arduino como ferramenta tecnológica.	6
1.2	Estrutura da sequência didática e o cronograma das aulas	6
2	OBJETIVO	8
2.1	Objetivos específicos.....	8
3	ORGANIZAÇÃO DAS AULAS POR TEMAS	9
3.1	Tema 1: As oscilações e sua importância em nossas vidas	10
3.2	Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações	11
3.3	Tema 3: O movimento periódico	11
3.4	Tema 4: Sistema massa-mola.....	12
3.5	Tema 5: Pêndulo simples.....	14
4	MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS E MÉTODOS DE UTILIZAÇÃO	16
6	O CUSTO	28
	REFERÊNCIAS.....	29
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – COM RESPOSTAS CORRETAS.	30
	APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO	33
	APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DO VISUAL BASIC	35

1 INTRODUÇÃO

1.1 O ensino de oscilações utilizando a placa Arduino como ferramenta tecnológica.

Esta sequência didática apresenta conteúdos de oscilações que permitem a facilidade de ensino para os professores, assim como a facilidade de aprendizagem para os alunos do ensino médio. Estes conteúdos serão estudados através de aulas expositivas e práticas centradas no uso de experimentos de baixo custo, que utilizam a placa eletrônica *Arduino* como recurso tecnológico.

As aulas desta sequência didática foram distribuídas em temas, sendo estes, referenciados a partir dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, possibilitando ao professor que a utilize a problematização de conteúdos teóricos sobre oscilações, esses por sua vez serão estudados no decorrer das aulas, de forma a organizar os conhecimentos dos alunos, aprendendo novas teorias, preenchendo as lacunas de aprendizagens existentes e fortalecendo as teorias que antes eram conhecidas. Ao final das aulas temas será aplicado o último momento pedagógico, a aplicação do conhecimento, através de experimentos sobre movimentos periódicos, aplicando os conhecimentos obtidos de Movimento Harmônico Simples - M.H.S., em sistemas massa-mola e pêndulo simples.

Nas seções seguintes, será apresentado a estrutura da sequência didática, seus objetivos, a organização das aulas por temas, a sequência de montagem dos experimentos, assim como o passo a passo para sua utilização. Em apêndice está a avaliação diagnóstica, a programação da placa *Arduino*, assim como as instruções sobre o software utilizado.

1.2 Estrutura da sequência didática e o cronograma das aulas

Após a leitura e análise crítica dos trabalhos citados acima de Errobidart et. al (2013) e dos parâmetros Curriculares Nacionais – PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (2002), relacionando-os ao ensino de oscilações que geralmente é descrito em livros didáticos do ensino médio, como o de Yamamoto e Fuke (2017), foi organizado cinco temas, que são:

- a) Tema 1: As oscilações e a importância em nossas vidas;
- b) Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações;
- c) Tema 3: O movimento periódico;

- d) Tema 4: Sistema massa-mola;
- e) Tema 5: Pêndulo simples.

Os temas foram organizados e distribuídos em uma sequência de 9 aulas, onde cada uma possui cerca de 50min de duração. Essas aulas foram ministradas seguindo o referencial teórico principal os três momentos pedagógicos de Delizoicov, onde o primeiro tema foi dado em forma de discussão em sala, seguindo o primeiro momento pedagógico, problematização inicial.

Os temas 2 e 3, na forma de conteúdo teórico em lousa, para um melhor entendimento do conteúdo estudado, respeitando assim o requisitado no segundo momento pedagógico, organização do conhecimento. E por último, mas não menos importante, os temas 4 e 5, na forma de experimentação, teórica em lousa e análise de resultados obtidos, aplicando assim o terceiro momento pedagógico, a aplicação do conhecimento.

Além disso, foi elaborado um questionário diagnóstico para avaliarmos a aprendizagem e as principais dificuldades, dos alunos durante a aplicação da sequência didática. Esse questionário foi aplicado ao final da primeira aula e da última, para comparação e análise de resultados.

Na tabela 1, apresentamos de forma esquemática a duração das aulas, e o momento de aplicação dos questionários diagnósticos.

Tabela 1: Cronograma das etapas da aplicação da sequência.

ATIVIDADES SUGERIDAS	DURAÇÃO
Aula tema 1, Aplicação do questionário diagnóstico	1 aula
Aula tema 2	2 aulas
Aula tema 3	2 aulas
Aula tema 4, Aplicação do experimento	2 aulas
Aula tema 5, aplicação do experimento, Aplicação do questionário diagnóstico	2 aulas

Fonte: Feito pelo autor.

É necessário ressaltar que esta é apenas uma proposta de aplicação, que a elaboração dos temas, a sequência das aulas, a quantidade de aulas e a aplicação dos experimentos, podem e devem ser alterados de acordo com a realidade da escola, do grau de dificuldade do professor e dos alunos para com o tema.

2 OBJETIVO

O objetivo desta dissertação é expor o desenvolvimento, a aplicação e a análise dos resultados obtidos com o produto educacional sequência didática para a introdução ao ensino de oscilações utilizando a placa Arduino como ferramenta tecnológica de ensino e aprendizagem.

2.1 Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) Analisar o uso da Placa Arduino acoplada aos experimentos, no ensino de oscilações, tornando oportuno uma visão crítica do professor quanto à sua prática docente e permitindo a busca de novas alternativas para ensinar alunos que estão a cada dia mais conectados ao mundo da tecnologia.
- b) Empregar os três momentos pedagógicos nas aulas que abordam os conceitos de oscilações, junto aos experimentos, o software, e a Placa Arduino; assim como avaliar a praticabilidade desta metodologia no ensino de oscilações.
- c) Expor uma metodologia de ensino de oscilações com a utilização da Placa Arduino como ferramenta de ensino, através da elaboração de aulas específicas para diversos conteúdos desta ciência.

3 ORGANIZAÇÃO DAS AULAS POR TEMAS

Assim que iniciarmos a aplicação desta sequência didática será necessário que o aluno compreenda alguns conceitos básicos da disciplina de Física, que geralmente são estudados em anos anteriores. Se necessário para um bom entendimento do conteúdo da sequência, será preciso que o professor realize uma breve revisão sobre os temas citados abaixo.

- Conceito fundamental de força;
- Decomposição de forças;
- Força gravitacional;
- Força Peso;
- Força elástica (Lei de Hooke);
- Energia Potencial, Cinética e Potencial Elástica.

Após este início, é importante que o aluno entenda os principais conceitos dos movimentos periódicos presentes no nosso cotidiano, como o nascer do Sol diariamente ou o movimento dos ponteiros de um relógio analógico, por exemplo. Assim como é importante que o aluno compreenda a real importância dos movimentos oscilatórios, através da história de seu descobrimento até os dias atuais, das contribuições desses movimentos para outras áreas do conhecimento e para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade.

Os demais conceitos sobre oscilações, assim como os conceitos descritos nos parágrafos anteriores, serão retratados nas próximas seções com mais detalhes. Essas foram organizadas em cinco temas, iniciados pelo primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de perguntas e diálogos realizados durante as aulas.

Na sequência será utilizado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, com as aulas teóricas explicativas. Sendo encerrado pelas aulas experimentais que utilizam o software desenvolvido, os experimentos que serão descritos, a Placa Arduino como coletor de dados para serem analisados, realizando assim o último momento pedagógico, a aplicação do conhecimento.

Ao final de cada aplicação de cada tema foi realizado uma avaliação, sendo na primeira aula e última aula, de forma manuscrita, e nas demais de forma de diálogo durante todos os momentos da aula.

Lembrando que esta organização dos três momentos pedagógicos é apenas uma proposta, que os professores, que aplicarem essa proposta poderão alterá-la de maneira que os seja conveniente. Na sequência, será apresentado as aulas temas, estas também estarão na Apêndice deste trabalho, com todos os detalhes de sua aplicação.

3.1 Tema 1: As oscilações e sua importância em nossas vidas

Objetivos: Entender que as oscilações é uma ciência que está em ininterrupto desenvolvimento, sendo melhorada com o passar dos anos por diversas pessoas, por todo o mundo. Compreender os conceitos relacionados a essa ciência e sua importância em nossas vidas. Refletir sobre lugares em que utilizamos essa ciência.

Recursos Utilizados: Explicações utilizando como recurso áudio visual imagens, vídeos e slides.

Tempo estimado: Uma aula de 50min.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, utilizando como ferramenta áudio visuais imagens, vídeos e slides, através de questionamentos associados as oscilações assim como aos seus fenômenos relacionados. Durante a realização deste debate será coletado as respostas mais recorrentes às perguntas dadas, para uma posterior análise. Em sequência foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, em que foi ressaltado a importância que as oscilações têm em nossas vidas e onde elas estão presentes, já entrando em um contexto histórico. Nessa abordagem histórica foi comentado sobre a determinação das horas através de um pêndulo, a confirmação do movimento de rotação do planeta Terra através do mesmo, sobre os carros antigos que não possuíam amortecedores, bem diferentes dos de dias atuais, e o exemplo de bicicletas se necessário, pois geralmente essas estão mais presentes em suas vidas.

Como curiosidade pode-se citar o acidente da engenharia civil muito famoso, ocorrido em Washington, Estados Unidos, pelo colapso da ponte Tacoma Narrows, em 1940, provocado por fortes rajadas de ventos, que provocaram Oscilações na sua estrutura, assim como citado por Freitas (2018). Ele também relata uma comparação com a ponte de Rio Niterói, localizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil; que quando criada foi engenhada pensando em possíveis oscilações em sua estrutura.

Ao final da aula ressaltou-se a importância do estudo desta ciência, para que se possa ter uma boa compreensão do funcionamento de vários objetos que nos rodeiam.

Avaliação: Avaliação diagnóstica sobre as visões alternativas dos alunos através das perguntas iniciais e dos diálogos no decorrer deste primeiro tema. Isto é necessário para que direcionar as próximas aulas.

3.2 Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações

Objetivos: Compreender os principais conceitos introdutórios para o aprendizado de Oscilações. Aprender o que é uma onda e suas classificações, elementos, e a equação fundamental. Perceber que estamos rodeados de ondas. Entender que utilizamos essas ondas em nossos equipamentos tecnológicos. Observar e Interpretar os movimentos repetitivos geralmente podem ser determinados por ondas.

Recursos Utilizados: Deve-se utilizar a lousa como recurso, para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor, para demonstração dos mesmos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50min.

Desenvolvimento: Iniciou-se a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre o Sol e a Lua, como eles realizam movimentos em conjunto com nosso planeta Terra, como esses movimentos geram as marés cheias e baixas, o dia e a noite, e se esses movimentos são periódicos. Se sim, eles fazem parte do conteúdo de oscilações? Também foi perguntado sobre o som, se ele pode ser classificado como sendo uma onda, se sim, se essa onda causa de alguma forma uma interferência em nós ou no meio onde ela é gerada, se sim, poderíamos utilizar essa onda em nosso benefício, como? Como eu classifico algo como sendo uma onda ou não?

Depois do questionamento iniciamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, através de explicações sobre a correta definição do que podemos considerar como sendo uma onda, suas classificações, seus elementos e suas equações fundamentais. Esses conceitos são explicados de maneira teórica, com a utilização dos recursos assim como determinados acima.

Avaliação: Avaliação diagnóstica dos alunos em relação à participação nos debates apresentados e nos demais momentos das aulas deste segundo tema.

3.3 Tema 3: O movimento periódico

Objetivos: Compreender a definição do que é Movimento Harmônico Simples (MHS). Aprender que a projeção de um Movimento Circular Uniforme (MCU), realiza um MHS. Entender os conceitos envolvidos de energia potencial, cinética, e potencial elástica no MHS. Perceber em quais locais temos esses conceitos citados em nosso cotidiano. Estudar os movimentos periódicos.

Recursos Utilizados: Deve-se utilizar a lousa como recurso para a demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; e quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos.

Tempo estimado: Duas aulas de 50min.

Desenvolvimento: Iniciou-se a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre; em um salto de “*Bungee Jump*”, qual o principal movimento físico envolvido? Sobre o conceito de energia envolvido no salto, qual ou quais são as energias envolvidas? Também foram questionados sobre uma roda de bicicleta girando, tomando como referência a válvula que utilizamos para encher o pneu. Neste movimento, a válvula realiza um movimento circular uniforme (MCU). Podemos comparar o salto de *Bungee Jump* com esse movimento da válvula? Existe alguma relação entre os dois?

Em sequência foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, no qual foi explicado que em um salto de “*Bungee Jump*” temos o que chamamos de ponto de equilíbrio, no qual a pessoa que realiza o salto tende a ficar, mas devido à ação das energias potencial gravitacional e energia elástica, essa pessoa realiza um movimento de sobe e desce ou Movimento Harmônico Simples (MHS).

Logo após foi mostrado a representação gráfica do movimento da válvula de um pneu de uma bicicleta e eles logo perceberam que se trata de um Movimento Circular Uniforme (MCU), porém esse não é um MHS. Em seguida mostramos que a projeção horizontal do MCU, sim pode ser considerada como sendo um MHS, semelhante ao *Bungee Jump*. Lembrando que devemos a todo momento demonstrar os cálculos e equações dos movimentos e energias aqui citados, esses que serão utilizados posteriormente para análise dos resultados obtidos com a utilização dos experimentos.

Para finalizar voltou-se a perguntar se existe uma relação entre o salto e a válvula, e em seguida foi explicado que a relação é o MHS e que esses movimentos são classificados como movimentos periódicos, quando eles são contínuos e realizam esse movimento de *vai e vem* (ou *sobe e desce*), sem parar.

Avaliação: Avaliação diagnóstica através da participação dos alunos nos diálogos durante as aulas deste terceiro tema.

3.4 Tema 4: Sistema massa-mola

Objetivos: Entender como funciona um sistema massa-mola e que este é um movimento periódico. Aprender as equações e suas deduções, do sistema massa-mola. Compreender que o

período depende da massa do corpo e da constante elástica da mola do sistema, porém não depende da amplitude do movimento e do plano de oscilação. Perceber lugares ou objetos que utilizam o sistema massa-mola. Compreender que possamos encontrar o valor da constante elástica da mola através do experimento aplicado.

Recursos Utilizados: Deve-se utilizar a lousa como recurso para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos. Deve-se utilizar o primeiro experimento do Kit educativo, em que se tem duas molas com constantes elásticas diferentes presas a uma massa (m) conhecida.

Tempo estimado: Duas aulas de 50min.

Desenvolvimento: A aula foi iniciada com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, questionando-se os alunos sobre em quais lugares se consegue enxergar um sistema massa-mola, ou em qual lugar que já ouviram falar que existe um sistema assim.

Após o debate foi iniciado o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento através de explicações em lousa de como podemos dizer que um sistema é um sistema massa-mola, quais são as equações matemáticas que o descreve. Foi apresentado figuras e imagens de lugares onde temos esse sistema, relatando que ele é um movimento periódico geralmente amortecido ou quando consideramos esse em uma situação ideal ele pode ser classificado como um movimento periódico por completo. Assim como esse movimento pode ser classificado como sendo um MHS.

Ao final o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, foi iniciado e o primeiro experimento do kit foi utilizado, onde foi demonstrado aos alunos que o experimento está acoplado a placa Arduino, através de sensores ultrassônicos, que são responsáveis pela coleta dos dados e envio para a tela do computador. Realizado o experimento, os dados foram analisados em conjunto com os alunos e foi demonstrado em lousa como devemos utilizar as equações, chegando assim ao valor aproximado da constante elástica da mola.

Se o professor preferir, como o kit tem duas molas com constantes elásticas diferentes, ele pode determinar o valor da primeira constante elástica e deixar os alunos encontrarem o valor da segunda mola. Isso tornaria mais interessante o experimento, pois eles passariam a participar ativamente na aplicação do conhecimento, foco principal nesse momento pedagógico.

Avaliação: Avaliação diagnóstica da participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas simulações sobre os fenômenos apresentados neste quarto tema. O professor pode pedir, se

necessário, um relatório individual sobre o experimento, onde o aluno irá encontrar dificuldades e levará à consolidação dos aprendizados de forma individualizada.

3.5 Tema 5: Pêndulo simples

Objetivos: Aprender que podemos determinar as horas e o sentido de rotação do planeta Terra utilizando um pêndulo. Perceber que o pêndulo realiza um movimento periódico, logo podemos considerar seu movimento como sendo um MHS. Entender as equações matemáticas envolvidas no movimento de um pêndulo. Compreender qual a força que é a principal agente no movimento do pêndulo. Visualizar que conseguimos determinar o valor da gravidade através do experimento.

Recursos Utilizados: Deve-se utilizar a lousa como recurso para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos. Deve-se utilizar o segundo experimento do Kit educativo, os pêndulos com comprimentos de fios diferentes.

Tempo estimado: Duas aulas de 50min.

Desenvolvimento: A aula é iniciada com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos o que eles compreendem como sendo um pêndulo, se podemos construí-lo e como ele contribui ou está presente em nossa vida.

Na sequência, foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, através de um diálogo e a utilização de vídeos que explica como conseguimos determinar o sentido de rotação e as horas com um pêndulo. Através de explicações em lousa de como podemos construir um pêndulo e quais são as equações matemáticas que determinam esse movimento e ainda que o pêndulo realiza um movimento periódico, cujo período não depende de sua massa, mas depende do comprimento de sua haste e da aceleração gravitacional do local.

Ao final foi iniciado o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, em que foi utilizado o segundo experimento do kit, onde demonstrou-se aos alunos que o experimento está acoplado a placa Arduino, através de sensores ultrassônicos assim como no experimento anterior, e que são responsáveis pela coleta dos dados e envio para mostrar na tela do computador. Logo realizado o experimento, analisou-se os dados com os alunos e foi demonstrado em lousa como devemos utilizar as equações, chegando assim ao valor aproximado gravidade terrestre local.

Se o professor preferir, como o kit tem dois pêndulos com comprimentos de hastes diferentes, pode determinar o valor da gravidade no primeiro, e deixar os alunos encontrarem o mesmo valor no segundo, isso tornaria mais interessante o experimento, pois eles passariam a participar ativamente na aplicação do conhecimento, foco principal nesse momento pedagógico.

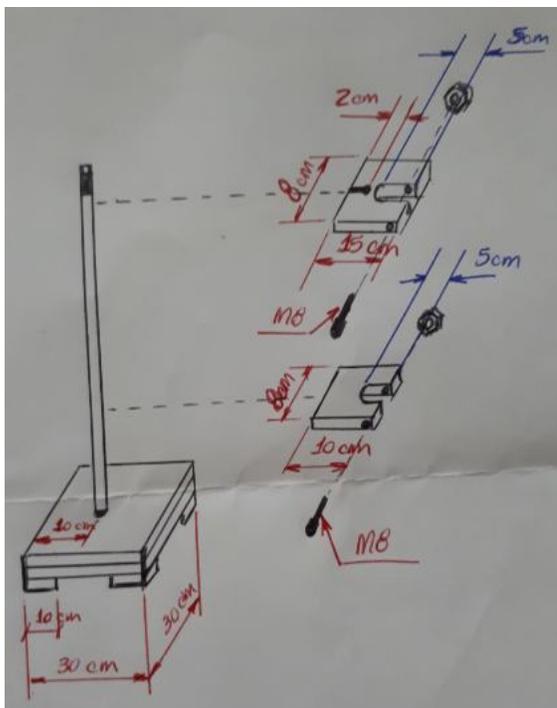
Ao final da aula deve-se ressaltar a importância do estudo desta ciência, para que possamos ter uma boa compreensão do funcionamento de vários objetos que nos rodeiam.

Avaliação: Avaliação diagnóstica da participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas simulações sobre os fenômenos apresentados neste último tema. O professor pode pedir, se necessário, um relatório individual sobre o experimento, onde ele irá encontrar dificuldades e haverá aprendizado de forma individualizada.

4 MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS E MÉTODOS DE UTILIZAÇÃO

O projeto dos experimentos se iniciou de forma simples, com a utilização de rascunhos “desenhos a caneta”, figura 1, posteriormente quando esses foram colocados em prática, figura 2, foi encontrado empecilhos que somente poderiam ser observados após a sua montagem.

Figura 1: Croqui inicial.



Fonte: próprio autor.

Figura 2: Projeto inicial.



Fonte: próprio autor.

Empecilhos como: a suporte principal montado a partir de “cabo de vassoura”, oscilava junto a massa do pêndulo, figura 3, seta , mesmo trocando o cabo de madeira para o cabo de aço, não foi possível a redução da oscilação.

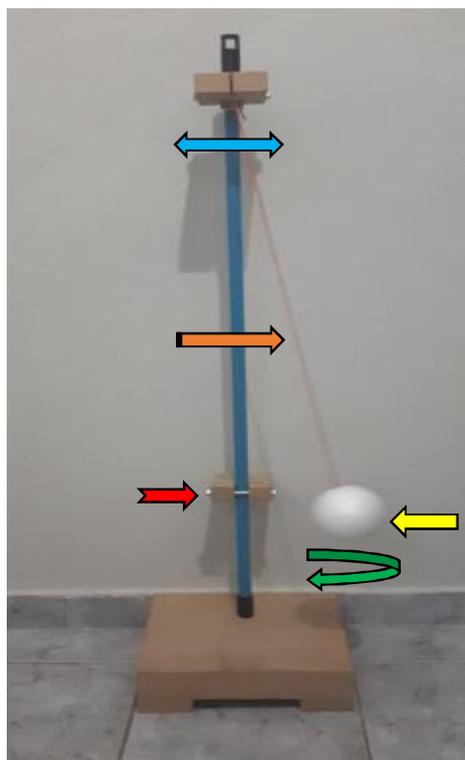
Não se encontrava uma posição para colocarmos os sensores, figura 3, seta , pois ou eles teriam que mover junto a massa do pêndulo ou eles teriam que ficar inertes, e nesta segunda opção teríamos a medição em somente alguns momentos do movimento, logo para realizar uma leitura correta não era aplicável essas opções.

Outro empecilho era o da massa, feita com isopor, figura 3, seta , que era muito leve e apesar da mesma não interferir no movimento do pêndulo, demonstrado inclusive através de cálculos matemáticos no capítulo 2 da dissertação, temos uma grande resistência do ar para

com a mesma, fazendo com que ela realiza-se no máximo 6 oscilações, entre o início do movimento até o momento da parada total do pêndulo.

O fio que era utilizado como haste móvel, figura 3, seta , inicialmente um barbante, quando colocado muito “grosso”, atrapalhava o movimento também, assim como a utilização de somente um fio como haste, fazia com que a massa movesse de forma aleatória, realizando um movimento circular em cima do eixo da haste, atrapalhando uma possível medição de posição do sensor, figura 3, seta 

Figura 3: Empecilhos encontrados.



Fonte: próprio autor.

A placa Arduino sempre foi a principal escolha, porém a mesma tem uma infinita possibilidade de sensores a serem utilizados, e vários eram aplicáveis ao experimento, porém qual era o correto a ser utilizado? Com o desenvolvimento contínuo de melhorias dos experimentos foi obtido grandes resultados que amenizaram ou extinguíram de uma vez por todas, os empecilhos iniciais.

A base do experimento desde o início de sua construção funcionou bem, pois a mesma é constituída por duas placas quadradas de madeira, de 30 cm de lado, por 3 cm de altura, coladas com cola para madeira. As mesmas quando apoiadas no chão, não se conseguia um

bom apoio, logo foi colocado mais quatro quadrados de madeira de 10 cm de lado, por 3 cm de espessura, em cada canto para um melhor apoio e aumento de massa, para que ficasse mais “pesada”, diminuindo ainda mais as oscilações não desejadas. Ao final do experimento foi adicionado as placas de 10 cm pedaços com mesmo tamanho de E.V.A. (mistura de Etil, Vinil e Acetato)¹, utilizada para aumento de atrito para com o chão, evitando o deslizamento do experimento em pisos escorregadios.

Em sequência foi melhorado o suporte principal, antes de “cabo de vassoura”, agora de cano P.V.C., comumente utilizado em construções civis, foi utilizado dois pedaços de cano P.V.C. de 4” (quatro polegadas), por 65 cm, este foi fixado na base de madeira por cantoneiras de metal, parafusadas tanto na base como no suporte de P.V.C., figura 4.

Figura 4: Sequência de montagem da base mais o suporte principal.



Fonte: próprio autor.

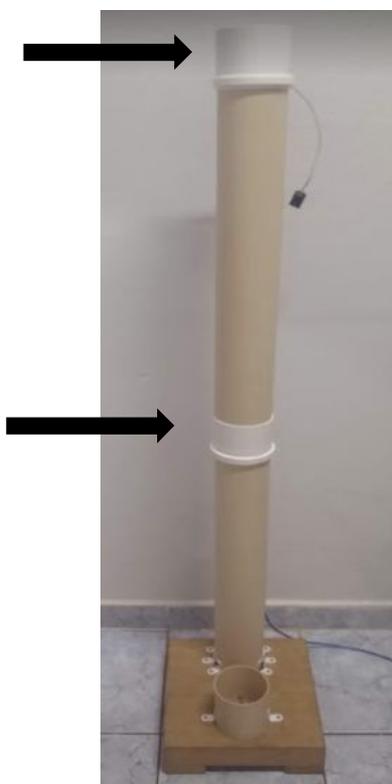
O cano de 4”, foi dividido em duas partes para não ficar muito “grande”, logo seria difícil para carrega-lo entre uma sala de aula e para que fique prático a sua desmontagem e montagem novamente. Em uma das extremidades foi colocado uma capa “para cano”, para encaixe de um cano em outro, demonstrado na figura 5, pelas setas (). Esta nova construção de suporte principal utilizando o cano P.V.C. de 4” foi muito positiva para o

¹ Disponível em: <http://www.eurekaeva.com.br/artigos/o-que-e-placa-de-e-v-a>> Acesso em 25 fev. 2019.

experimento, pois facilitou o deslocamento do experimento, sua montagem e desmontagem, assim como a estabilidade que antes não se tinha conseguido obter.

Como espaçador entre o suporte principal e a massa foi colocado um suporte engenhado a partir de cano P.V.C., este tem dois tamanhos, um de 50 cm e outro de 30 cm de comprimento, sendo o de 30 cm para o sistema massa-mola, e o de 50 cm para o pêndulo, demonstrado na figura 6. O mesmo foi engenhado para ser prático também, sendo facilmente substituído quando necessário para troca de experimentos ou para modificação do comprimento da haste do pêndulo, assim como a espessura da mola do sistema massa-mola.

Figura 5: Suporte principal com uniões.



Fonte: próprio autor.

Figura 6: Montagem do suporte espaçador.

Fonte: próprio autor.

No caso do pêndulo, o que foi utilizado como haste de fixação móvel, entre a massa e o suporte espaçador, foram fios de transmissão de dados utilizados para instalações de sistemas de monitoramento, (câmeras, alarmes, sensores de presenças), detalhe importante é que este deve ser fio rígido e não cabo flexível, pois assim a haste se moverá de forma contínua e “firme”, do contrário a mesma irá se mover de forma desordenada. Isto foi constatado e concluído através de testes realizados durante a montagem. O próprio fio rígido será utilizado como transmissão de dados entre o sensor ultrassônico e a placa Arduino, tendo no caminho uma conexão tipo “Plug automotivo”, figura 7, para que possamos realizar a montagem e desmontagem do experimento.

Na sequência, iniciamos a montagem da fixação que irá fazer a comunicação da placa Arduino com os sensores. No caso do pêndulo, esta fixação foi utilizada como haste móvel, a mesma é constituída de “fios rígido”, utilizados geralmente em sistemas de monitoramento residencial (sistemas de câmeras e campainhas). Importante ressaltarmos que foi realizado uma fixação dupla da massa, figura 7, para estabilizarmos o movimento de rotação da massa, empecilho encontrado nos experimentos iniciais.

Figura 7: Detalhe *Plug* automotivo, Detalhe fixação da massa do pêndulo, e vista completa do experimento pêndulo montado.



Fonte: próprio autor.

Detalhe importante a ser observado é a posição do suporte espaçador, do pêndulo, este deve ficar contra a parede de tal forma que o sensor ultrassônico fique inclinado, figura 8, pois se colocarmos o sensor contra o chão, o mesmo não realizará as medidas corretas para o bom funcionamento do software. Essa inclinação fará com que ele meça uma distância “curta” e com o seu movimento ele evoluirá essa distância para uma mais “longa” em relação a parede, com isso conseguiremos montar uma onda senoidal, que demonstra o *M.H.S.*, figura 15.

Figura 8: Inclinação do suporte espaçador.



Fonte: próprio autor.

A fixação dos sensores foi realizada, utilizando cola quente na esfera de isopor e, posteriormente na base de madeira. Este sensor da base de madeira é utilizado para o sistema massa-mola, inicialmente quando soltávamos a mola ela colidia com o sensor, vindo a danificá-lo sendo assim foi instalado um pedaço de cano P.V.C de 10cm de altura por 4”, ao seu redor, para evitar a colisão da massa do sistema massa-mola com o sensor, figura 9.

Figura 9: Fixação dos sensores ultrassônicos.



Fonte: próprio autor.

Para a construção da massa do Pêndulo, inicialmente foi realizada utilizando vários corpos diferentes, com a evolução do projeto, chegamos a uma montagem que utilizava cano P.V.C. e “gesso” em seu interior, figura 10, o gesso é comprado na forma de pó, e quando adicionado a água, adquire uma forma pastosa, e posteriormente rígida, podendo ser manuseado e adicionado ao núcleo, essa montagem funcionou bem, porém não ficou esteticamente “bonita” para o experimento, não chamava muito a atenção, no sentido em que os alunos imaginariam quando falássemos em Pêndulos.

Figura 10: Massa do Pêndulo a base de cano P.V.C e gesso.



Fonte: próprio autor.

Logo esta foi modificada para um modelo melhor, foi utilizado as esferas de isopor, de 10 cm de diâmetro, essas esferas são “ocas”, possuindo duas partes cada e um espaço vazio em seu núcleo, nesse foi adicionado o gesso novamente. Assim que realizado este procedimento é necessário que utilizamos cola para isopor, para colar as duas partes da esfera e evitarmos possíveis acidentes de descolamento o a quebra do gesso. Foi acrescentado dois parafusos tipo olhal para que possamos prender os fios rígidos, que funcionaram como haste da massa, figura 11. Após o gesso “secar”, a esfera irá ter uma massa bem maior, irá ficar mais “pesada”, logo conseguimos que ela realize um movimento de vai e vem durante o experimento do pêndulo, de forma mais continua, estabilizada e em uma quantidade de oscilações bem maior que antes, logo resolvemos um segundo empecilho citado anteriormente.

Figura 11: Nova massa do Pêndulo, a base de isopor e gesso

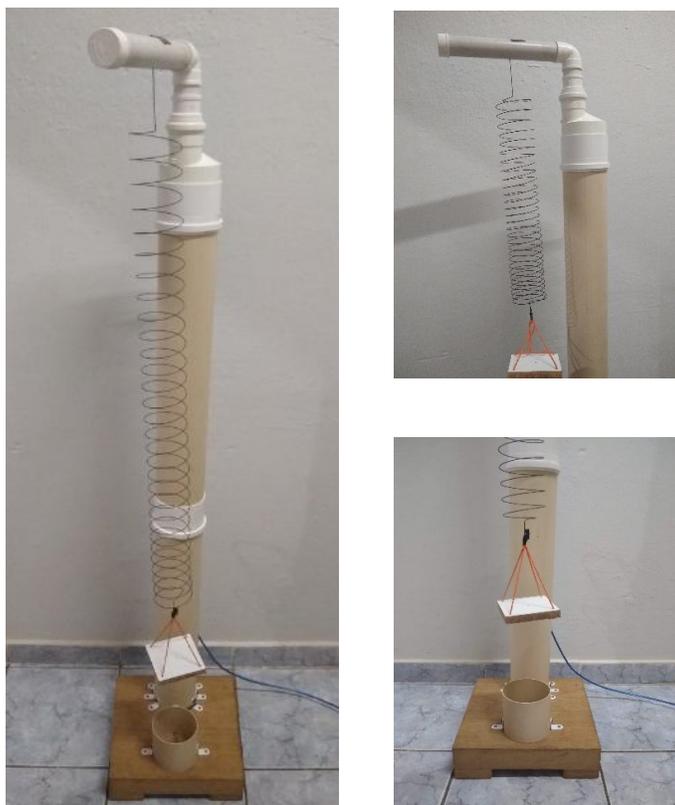


Fonte: próprio autor.

As massas do experimento do sistema massa-mola, foram construídas com madeira tendo as dimensões de 10cm quadrados por 1,5cm de espessura. Já a construção da mola do sistema massa-mola, foi criado diversos modelos diferentes com vários materiais diferentes assim como diversas espessuras diferentes, porém ao final concluímos que a construção deve ser feita em uma fábrica especializada de molas, para que tenhamos um bom resultado, ou que pelo menos quem se aventurar em construir essa mola, que respeite suas dimensões, ou que seja o mais fiel possível as mesmas. A mola tem as seguintes medidas, 8cm de diâmetro maior, 30cm de comprimento “sem esticar”, com 10cm de haste para fixação no suporte espaçador, a espessura do fio utilizado é de 1,2mm de diâmetro e 2,5mm para a segunda mola.

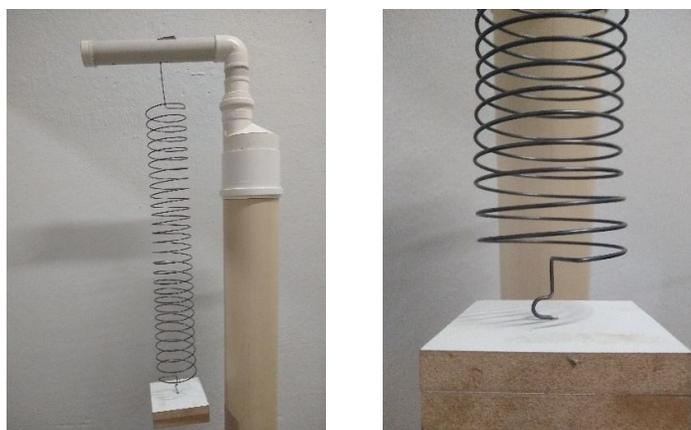
Ela tem ainda 5cm de haste para fixação na massa, esta que será realizada por barbantes, figura 12, pois do contrário a massa no momento do movimento, irá rotacionar, figura 13, fazendo com que o sensor realize medições erradas. O material que foi utilizado para a construção da mola é o aço 1045 utilizado comumente em indústrias metalúrgicas, pois esse aceita a tempera de dureza que se realiza na mola para que ela não se “desmanche” durante seu uso. Neste caso pedimos a construção da mola em uma indústria especializada.

Figura 12: Montagem completa do sistema massa-mola com fixação da massa correta.



Fonte: próprio autor.

Figura 13: Fixação da massa incorreta.

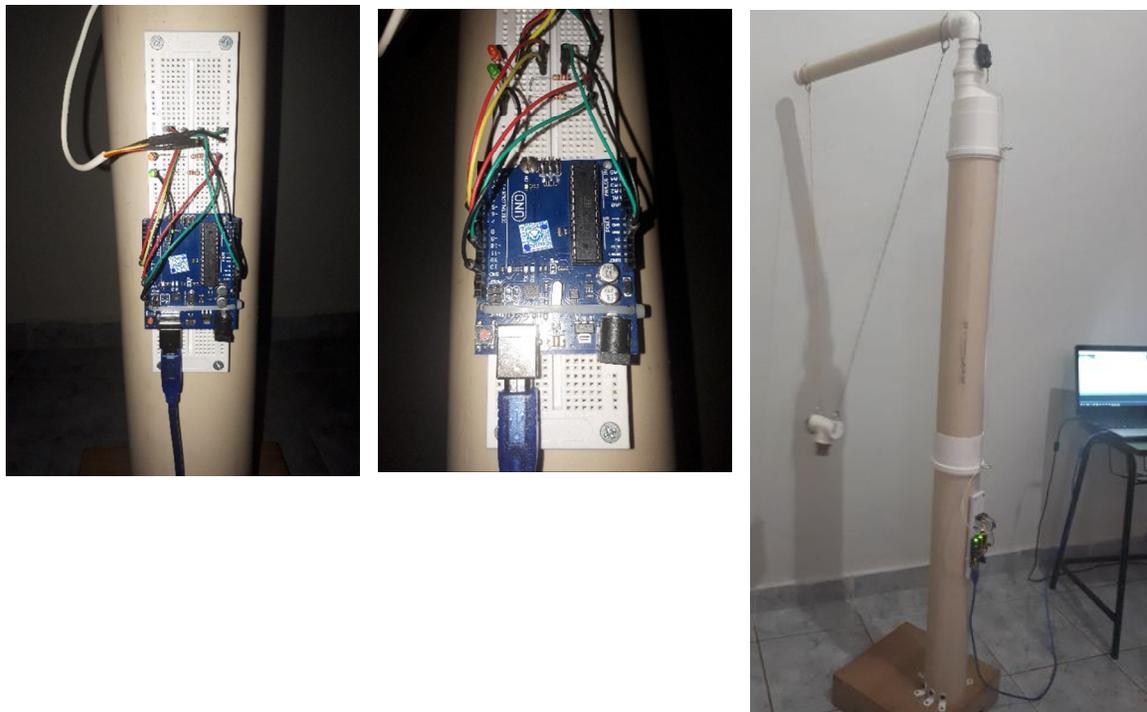


Fonte: próprio autor.

Ao final colocamos uma placa do tipo *Protoboard*, fixada no suporte principal, e nesta fixamos a placa *Arduino*, e realizamos todas as ligações necessárias, assim como a programação do mesmo pede. Este será ligado pelo seu próprio cabo de comunicação ao notebook ou PC,

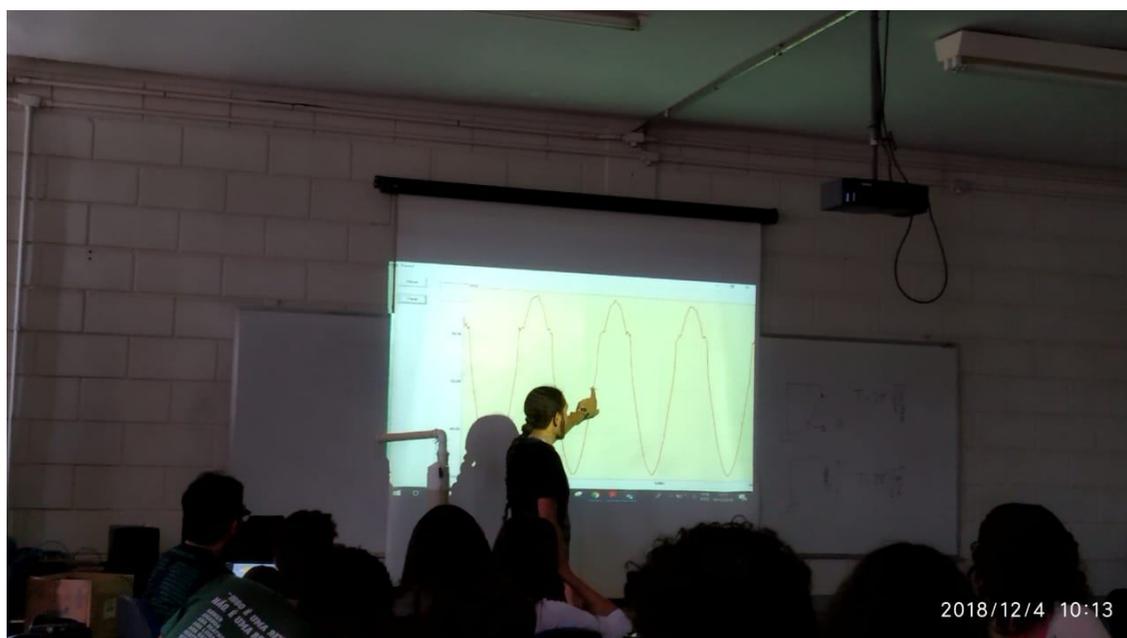
figura 14, para coletarmos as informações transforma-las em dados para o software Simulador MHS, que irá construir os gráficos utilizados para a análises em aula, figura 15.

Figura 14: Fixação do *Protoboard*, Fixação da placa *Arduino*, e conexão com *Notebook*.



Fonte: próprio autor.

Figura 15: Demonstração gráfica durante a aplicação do experimento.



Fonte: próprio autor.

Foi desenvolvido um suporte extra, que possibilita ao professor trabalhar de forma dinâmica, com dois experimentos ao mesmo tempo, demonstrado na figura 16. Porém como a leitura do sensor é realizada pela placa Arduino, até então é realizada de forma única, ou seja, primeiro um sensor, depois o outro, não foi encontrado uma grande evolução na forma de trabalhar, com esse suporte extra. Porém em trabalhos futuros melhoraremos a programação da placa *Arduino*, de tal forma que a mesma possa realizar a leitura de mais sensores ao mesmo tempo, logo esse suporte será de grande ajuda para a execução das aulas tema.

Figura 16: Projetos futuros, execução de dois experimentos simultâneos.



Fonte: próprio autor.

6 O CUSTO

O custo total para a construção dos experimentos, pêndulo e massa-mola, estão discriminados na tabela 2:

Tabela 2: Total de custo para montagem do experimento:

MATERIAIS UTILIZADOS	QUANTIDADE	VALOR (em R\$ para todas as unidades)
Base de madeira	1 unidade	50,00
Cano P.V.C 4"	2 metros	13,00
Cano P.V.C 40mm	2 metros	5,00
Luva 4"	2 unidades	7,00
Cotovelo 40mm	4 unidades	4,00
Tampão 40mm	4 unidades	5,00
Redução 4" para 50mm	4 unidades	16,00
Redução 50mm para 40mm	4 unidades	5,00
Esferas de isopor	2 unidades	5,00
Madeira 10cm quadrados x 15cm	2 unidades	5,00
Mola	2 unidades	50,00
Placa Arduino	1 unidade	45,00
Sensor ultrassônico	3 unidades	36,00
Fios em geral	10 metros	10,00
TOTAL		256,00

Fonte: próprio autor.

Por fim concluímos a montagem dos experimentos, obtendo assim dois sistemas, o massa-mola e o pêndulo, estes nos possibilitaram, com a ajuda da placa Arduino dos sensores ultrassônicos, assim como o software Simulador de MHS, a coleta das grandezas físicas envolvidas nos sistemas e, trabalharmos os valores de cada uma de forma didática, para que possamos ensinar de forma mais simples, completa e dinâmica os conhecimentos científicos de oscilações.

REFERÊNCIAS

ERROBIDART *et al.* **Modelos mentais e representações utilizadas por estudantes do ensino médio para explicar ondas.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 12, N° 3, 440-457, 2013.

BRASIL. **PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: MEC/Semtec, 2002.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio: Termologia – Óptica - Ondulatória, vol. 2,** 4° ed. São Paulo, Ed. Saraiva, 2017.

FREITAS, T. C. **Desenvolvimento de metodologias para projeto de estruturas com camada sanduíche amortecedoras.** Instituto de Ciências Exatas/ Faculdade de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2018.

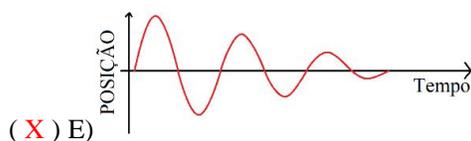
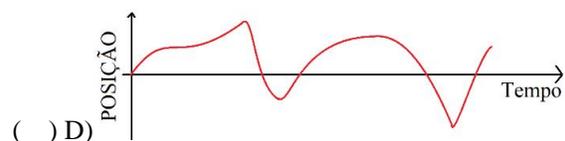
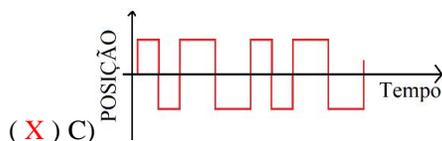
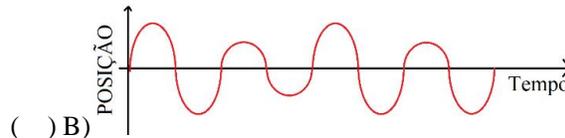
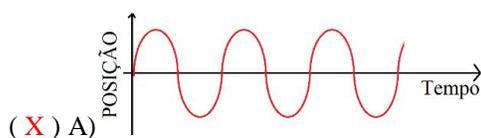
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – COM RESPOSTAS CORRETAS.

Movimento periódico: quando o movimento repete de forma similar em um período de tempo bem definido, por exemplo a rotação da Terra em torno do Sol.

1) Dos exemplos abaixo, quais você considera movimento periódico?

- A) Movimento dos Ponteiros de um relógio;
- B) Movimento de uma criança em um gira-gira num parque de diversões;
- C) Uma bola quicando no chão;
- D) O menino correndo ao redor de uma árvore, sem parar;
- E) O menino brincando em um balanço
- F) O nascer do sol diariamente;
- G) A perpetuação de uma espécie através do ciclo da vida;
- H) As ondas do mar;
- I) Balanço de uma árvore ao vento;
- J) Um planeta girando ao redor de uma estrela;
- K) A vibração de uma corda de violão produzindo uma nota musical;
- L) Um pião girando;
- M) Uma pedra balançando, presa com um fio no teto;
- N) Um objeto oscilando para cima e para baixo suspenso por uma mola presa ao teto;
- O) Um objeto caindo até atingir o chão;
- P) Uma esfera descendo e subindo uma rampa na forma de U;
- Q) O movimento de um elétron em torno do núcleo em um átomo de hidrogênio.

2) Se representarmos o movimento de um objeto em função do tempo, em coordenadas cartesianas, em que o tempo está no eixo horizontal e a posição do objeto no eixo vertical, qual dos movimentos você considera periódico?

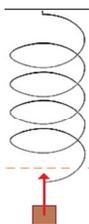


3) Sobre o movimento periódico de um corpo, é CORRETO afirmar (mais de uma opção pode estar correta)

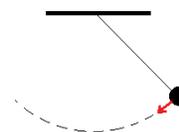
- a) () A soma das forças sobre o corpo deve ser nula;
- b) (X) Em alguns casos, existir uma força restauradora que faz com que o corpo sempre tenda a retornar ao ponto de mínima energia;
- c) () A velocidade do corpo deve ser sempre constante;
- d) (X) Deve existir uma força centrípeta no caso do movimento circular uniforme;
- e) (X) O período (o tempo de um ciclo completo) é constante e bem definido;
- f) (X) Se amplitude do movimento periódico diminui, disse então que o movimento é amortecido;

4) Dos sistemas das figuras ao lado:

O pêndulo simples é um corpo pendurado por um fio que balança em torno de um ponto de equilíbrio ou de mínima energia.



No sistema massa-mola, um corpo oscila em torno de um ponto de equilíbrio, impulsionado por uma mola presa ao corpo e a uma parede.



As cordas de um violão oscilam, depois de puxadas, sendo presas pela extremidade da corda.



A força que permite o movimento é chamada de *força restauradora*. Qual a origem desta força, em cada uma das situações descritas?

- a) Pêndulo simples: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na decomposição da força de Tração do fio (ou corda) que fixa a massa do pêndulo e a gravidade.
- b) Sistema massa-mola: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na conservação de energia mecânica, que existe na mola do sistema e a influência da gravidade.
- c) Corda de um violão: Espera-se que os alunos respondam, que neste caso a força restauradora é muito similar ao do sistema massa mola, com origem na tração sofrida pela corda quando puxada, porém, devido ao fato que a conservação de energia aqui é ligeiramente pequena, o movimento não se conserva por muito tempo, ao contrário dos demais citados quando bem balanceados.

5) O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?

Espera-se que os alunos respondam, que não, a força restauradora é sempre contrária ao movimento realizado pelo corpo analisado.

6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?

Espera-se que os alunos respondam, que o movimento de um planeta em torno de uma estrela se dá devido a ação e reação da força gravitacional dos planetas, em geral esses realizam movimento circular uniforme (MCU), logo podemos chamar seu movimento de periódico, porem neste caso não temos uma força de restauração, pois sua força tem outra origem.

7) A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Porque?

Resposta pessoal.

8) O que você aprendeu com o experimento apresentado?

Resposta pessoal.

APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

```

#include "Ultrasonic.h"

Ultrasonic ultrasonic(6, 7);

char Type='I';
float Average;
float InitTime = 0.0;
float Time = 0.0; //Tempo de aquisição em segundos
char UsbBuffer [20];
byte UsbCount;
String Aux;
String Str;
long microsec = 0;
float distanciaCM = 0;
long pto;

void setup() {
byte j;
  Serial.begin(9600); //9600
  Serial.setTimeout(100);
  Serial.flush();
  Type='P';
  InitTime = millis();
}

void loop() {
  if (Serial.available() > 0){
    UsbCount = Serial.readBytes(UsbBuffer, 20);
    Serial.flush();
    Type=UsbBuffer[0]; //I = infinita U = única P = Parar C = Continuar
    switch (Type){
      case 'I': Serial.println("Aquisicao infinita iniciada."); InitTime=millis(); break;
      case 'P': Serial.println("Aquisicao pausada."); break;
    }
  }
}

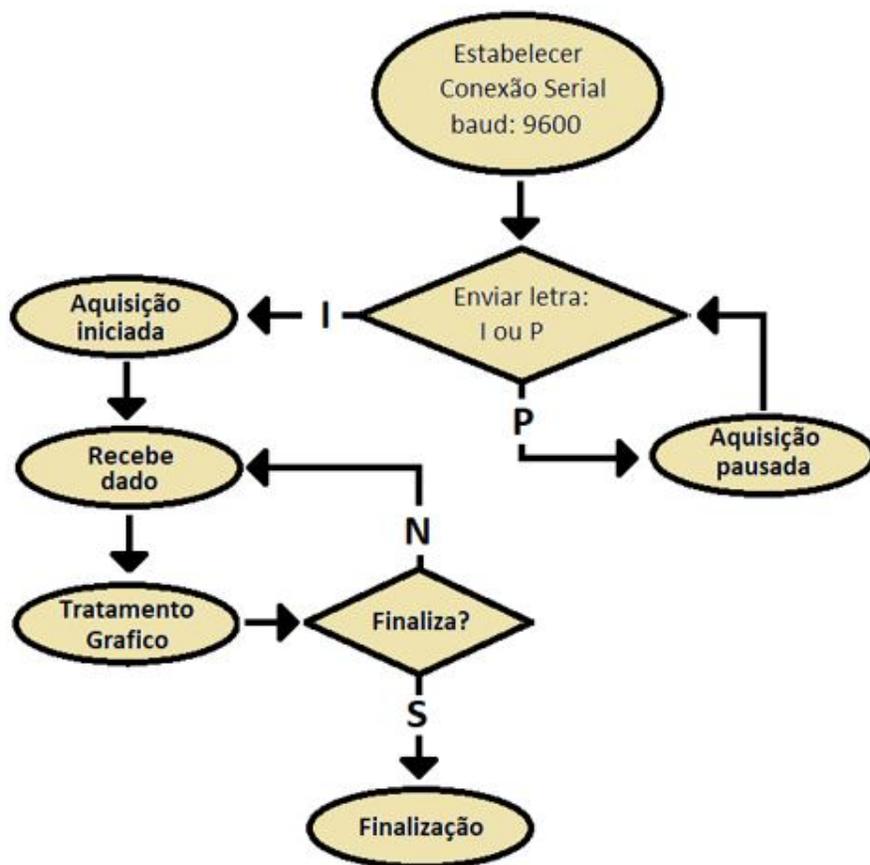
if (Type!='P') { //Type: U = aquisicao única; I = infinita
  Average = 0; pto=0;
  while (pto<3){
    microsec = ultrasonic.timing();
    distanciaCM = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);
    Average = Average+distanciaCM;
    pto++;
    delay(10);
  }
}

```

```
Average = Average/3;
Time = (millis()-InitTime)/1000.0;
Serial.flush();
Str = "00000"+String(Time, 3);
Str = "T"+Str.substring(Str.length()-10,Str.length());
Str+= "A0="+String(Average,6);
Str.replace(".",",");
Serial.println(Str);
}
}
```

APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DO VISUAL BASIC

Foi utilizado um programa construído em Visual Basic 6.0, que embora já seja um depurador ultrapassado, já existiam algumas sub-rotinas de programação prontas para a leitura e controle do Arduino. Entretanto, como uma alternativa mais viável, apresentamos um fluxograma, que poderá ser implementado em qualquer linguagem de programação mais recente.



Fonte: próprio autor.