



## Pêndulo simples utilizando tecnologia embarcada de baixo custo aplicado ao Ensino da Física

Pinto, S. S., Silva, L. S. V., Tenório de Carvalho, C. A. & Egoavil Montero, Ciro Jose  
Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Brasil.

### ARTICLE INFO

**Recebido:** 2 de outubro de 2015

**Aceito:** 29 de outubro de 2015

**Palavras chave:**

Educação pré e universitária.

Pêndulo.

Ensino de Física.

Mecânica oscilatória.

Sistema embarcado.

**E-mail:**

stephaniesp@hotmail.com

ligia\_pvh@hotmail.com

tenorio@unir.com ciro.egoavil@unir.br

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.

All rights reserved

### ABSTRACT

The development of a project in the area of physics teaching was proposed due the great difficulty in acquiring equipment for experiments in this branch of science, since these materials have high purchase values, which thus generates a great injury to students who cannot observe in practice the theory they study in the classroom. Because of this problem we developed practical and low cost equipment that can be applied in physics laboratories. The equipment is a simple pendulum control implemented using an embedded system based on an ATmega328 microcontroller, which aims to help the understanding of oscillatory movements. The application of such equipment helps the students to visualize the behavior of a pendulum in different situations, as the results can be seen through a display allowing them to understand, analyze, test and compare the values with those that were previously seen in class. The construction was made through the use of accessible materials, and to control, we sought for technologies that obtain high performance and also offered low implementation cost, meeting the goal of the project, ensuring that students understand the content applied as well as reduce the costs for universities and schools with the lessons spent on equipment for laboratories. Through the use of accessible materials, and to control, we sought for technologies that obtain high performance and also offered low implementation cost, meeting the goal of the project, ensuring that students understand the content applied as well as reduce the costs for universities and schools with the lessons spent on equipment for laboratories.

O desenvolvimento de um projeto voltado à área de ensino da Física se dá pela grande dificuldade encontrada na aquisição de equipamentos para experimentos neste ramo da ciência, visto que estes materiais possuem altos valores de compra, o que gera assim um grande prejuízo aos alunos que não podem observar na prática o que estudam em sala de aula. Por esta problemática desenvolveu-se um equipamento prático e de baixo custo que pode ser aplicado em laboratórios de Física, já que o equipamento é um pêndulo simples com controle implementado utilizando um sistema embarcado baseado em um microcontrolador ATmega328, o qual tem por objetivo auxiliar na compreensão de movimentos oscilatórios. A aplicação de tal equipamento faz com que os alunos visualizem o comportamento do pêndulo em diversas situações, pois os resultados podem ser vistos através de um display permitindo-os compreender, analisar, testar e comparar os valores obtidos com os que foram vistos anteriormente em sala de aula. A construção deu-se através da utilização de materiais acessíveis, e para o controle, buscou-se por tecnologias que obtivessem alto desempenho, que também oferecessem baixo custo na sua implementação, satisfazendo o objetivo do projeto, garantindo que os alunos compreendam o conteúdo aplicado bem como reduzir os custos de universidades e escolas quanto ao gasto com equipamentos para aulas em laboratórios.

## I. INTRODUÇÃO

O ensino da disciplina de Física é um dos que mais demanda o uso da criatividade, pois é necessário trazer para a realidade do aluno os conteúdos que são ministrados em sala de aula. Visando aumentar a capacidade de abstração dos alunos criou-se o projeto Estudo e Análise de Equipamentos de Alta Tecnologia para o Ensino da Física nas Engenharias que é vinculado ao programa de iniciação científica PIBIC, que teve como subprojeto a Implementação de um Pêndulo Simples Utilizando Tecnologia Embarcada de Baixo Custo, o objetivo deste é construir um pêndulo para a aferição de tempo de oscilação monitorado por sensores que estão ligados a um sistema embarcado constituído por um microcontrolador ATmega 328 para aplicação em aulas experimentais dos conteúdo de ondas no ensino médio e superior.

As oscilações são encontradas em todos os campos da Física. O que trataremos no presente artigo será um pendulo desviado da posição de equilíbrio e depois solto fornece um exemplo de oscilações livres, em que o sistema, após ser estabelecida a configuração inicial, não é submetido a forças externas oscilatórias, e estabelece seu próprio período de oscilação, determinado pelos parâmetros que o caracterizam. Se submetemos o pêndulo a impulsos externos periódicos, teremos uma oscilação forçada, em que é preciso levar em conta também o período das forças externas e sua relação com o período próprio das oscilações livres do sistema.

Considerando que é uma área que exige um cuidado a mais do aluno para relacionar com o cotidiano, fica justificada a dificuldade quanto a sua total assimilação da teoria nas aulas tradicionais. A matemática é um dos principais motivos para as dificuldades, principalmente a necessidade de abstração da parte do aluno com os fenômenos estudados.

Diante disso surge a necessidade de complementar o ensino e aprendizado de Física.

Para a realização de aulas experimentais, geralmente é necessário um alto investimento na estrutura Física, obtenção de equipamentos e manutenção. E para atingir o maior número de alunos que na maioria das vezes sofrem pôr a escola ou universidade não possuir a estrutura necessária para sua ideal formação, optou-se por utilizar tecnologias com preços acessíveis e de fácil manutenção de modo que posso atingir todas as instituições de maneira igualitária.

Com o conhecimento em eletrônica utilizamos um ATmega 328, microcontrolador de tecnologia RISC (*Reduced Instruction Set Controller*) de 8 bits, responsável pelo comando do sistema central que é composto por um par de sensores infravermelhos, que funcionam como um diodo emissor de luz normal e essa luz pode ser utilizada na transferência de dados entre os dispositivos, que com a interrupção do sinal irá captar o tempo exato que o pêndulo precisa para realizar um período.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### II.A Movimento Harmônico Simples (MHS)

É o movimento oscilatório ocorrido quando a aceleração e a força resultante são proporcionais e opõem ao deslocamento. É um tipo de frequência do movimento, onde oscila a massa. O período (T) que é o tempo gasto por um corpo para efetuar uma volta completa no círculo, para qualquer MHS é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

E a frequência  $f$  que é o número de voltas efetuadas no círculo na unidade de tempo, é dada como o inverso do período e é medido em Hz (Hertz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

## II.B Pendulo simples

É um sistema composto por uma massa acoplada a um pivô que permite sua movimentação livremente. A massa fica sujeita à força restauradora causada pela gravidade. O período de um pêndulo simples pode ser expresso por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (3)$$

Em que T é período da oscilação completa dado em segundos, L representa o comprimento do fio medido em metros e g é a aceleração da gravidade, que tem 9,8 m/s<sup>2</sup> como valor ao nível do mar.

## II.C ATmega 328

É um microcontrolador contém um processador, acesso a memória e periféricos de entrada/saída, que pode ser programado para funções específicas, em contraste com outros microprocessadores de propósito gerais (como os utilizados nos PCs). Basicamente, o uso de um microcontrolador consiste no processamento de dados obtidos em um de seus periféricos, tendo como saída outro conjunto de dados. O Atmega 328 da ATMEL é um microcontrolador de 8 bits de tecnologia RISC.

## II.D Sensor

É um dispositivo que responde a um estímulo físico ou químico de maneira específica. Os sensores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam. Por exemplo: sensores de luz (fotodiodo e fototransistores), sensores de som, sensores de temperatura (termômetros), entre outros.

## II.E Fotodiodo

Os fotodiodos são sensores que operam segundo o princípio de fótons incidindo em uma junção semicondutora liberam portadores de carga. Esses portadores tanto podem fazer com que apareça uma tensão entre os terminais do diodo quanto também afetar sua resistência à passagem da corrente. São extremamente rápidos podendo detectar pulsos de luz em taxas que chegam a dezenas ou mesmo centenas de mega-hertz.

## II.F Fototransistor

Os fototransistores são sensores que operam segundo o mesmo princípio dos fotodiodos: liberação de cargas nas junções com a incidência de luz. A diferença está no fato de que os fototransistores podem amplificar as correntes que são geradas nesse processo. Os fototransistores tem a mesma curva de resposta dos fotodiodos e fotocélulas podendo ser usados nas mesmas aplicações, se bem que sejam um pouco mais lentos.

## II.G Led Infravermelho

Um diodo emissor de luz infravermelha (LED) é um tipo de dispositivo eletrônico que emite luz infravermelha não visível à olho nu. Um LED infravermelho funciona como um diodo emissor de luz normal, mas pode utilizar diferentes

materiais para produzir a luz infravermelha. Esta luz infravermelha pode ser utilizada em um controle remoto, na transferência de dados entre os dispositivos, para fornecer iluminação aos equipamentos de visão noturna ou para uma variedade de outros fins. Um LED infravermelho é, como todos os LEDs, um tipo de diodo ou um semicondutor simples.

Os diodos são projetados de modo que a corrente elétrica só pode fluir em uma direção. Como os fluxos de corrente, os elétrons saem de uma parte do diodo para outra parte. Para isso, os elétrons devem lançar energia na forma de fótons, que produzem luz.

## II. METODOLOGIA

A idealização e projeção do experimento pêndulo simples partiram da análise de experiências laboratoriais e exercícios teóricos que são realizados durante o estudo de tal conteúdo da Física, com o objetivo de buscar por melhorias e implementações em equipamentos e métodos já utilizados.

Devido ao projeto demandar um baixo custo em seu desenvolvimento, após a análise de como poderia ser o equipamento, foi feito um levantamento do que poderia ou não ser aplicado no projeto. O que resultou na construção de uma estrutura Física fabricada com materiais acessíveis no mercado, assim como sua parte de controle, pois a mesma foi projetada com componentes de baixo custo e que oferecem ótimos resultados, o que assim pode atingir as expectativas.

O controle do equipamento se dá pelo manuseio do pêndulo (massa fixa presa à extremidade do fio), que é feito a priori manualmente pelo aluno, pois cabe à ele medir o comprimento e ângulo de abertura que há entre o fio com o pêndulo e a referência central. Os dados referentes ao tempo de cada oscilação são obtidos por um sensor alocado bem ao centro da estrutura Física. O sensor é constituído por um emissor de infravermelho e receptor, que funcionam de forma que a cada interrupção de sinal no receptor, o microcontrolador ATmega 328, que é a base de controle de todo o sistema, capta tal interferência de forma a calcular o tempo entre cada interrupção, em que após o término das oscilações os dados dos tempos medidos são mostrados em um display LCD (*Liquid Crystal Display*) e o aluno pode verificar todos os tempos medidos em cada oscilação utilizando os botões contidos na caixa de controle do equipamento.



**FIGURA 1.** Estrutura Física do pêndulo e seu sistema de controle. A estrutura central que contém o sensor é móvel na vertical, o que possibilita a utilização do experimento para vários comprimentos do fio. Na caixa de controle está o microcontrolador ATmega 328 e também o display LCD.

Para verificação do funcionamento do equipamento foi necessário a realização de alguns testes para que assim fosse possível comparar os resultados obtidos com os valores calculados no papel, pois na prática devem ser considerados vários fatores que no momento do cálculo teóricos são desconsiderados.

**TABELA I.** Comparação entre os valores dos períodos calculados e os valores obtidos utilizando o pêndulo.

Comprimento do fio (m)	Período calculado (s)	Período real* (s)
0,100	0,634	0,581
0,150	0,777	0,733
0,200	0,897	0,874
0,250	1,003	0,981
0,300	1,099	1,029
0,350	1,187	1,137
0,400	1,269	1,241
0,450	1,346	1,312
0,500	1,419	1,381
0,550	1,488	1,457

\* Os valores obtidos podem variar, já que em condições reais há a interferência de outros fatores como tração no fio, força de atrito do ar, massa do pêndulo. Tais fatores são desconsiderados para cálculos simples, pois a diferença que há entre o real e o calculado pode ser mínima.

#### IV. CONCLUSÕES

A realidade da educação brasileira nos mostra que somente cálculos e a fundamentação teórica não são suficientes para que os alunos tenham a real compreensão do conteúdo. Diante disso o projeto foi desenvolvido com baixo custo, visando atender uma demanda de escolas e universidades que são carentes quando se trata de estrutura de laboratórios para aulas experimentais, tentando assim preencher uma lacuna existente na formação desses docentes.

Partindo do princípio de obter os tempos que a massa leva para realizar um determinado movimento harmônico simples com o valor do ângulo preestabelecido é possível calcular os valores do período e da frequência, possibilitando assim a comparação entre os valores obtidos com valores ideais sem a influência de fatores externos e os valores obtidos através da realização das aulas com os experimentos.

De modo que para conseguirmos chegar mais próximo do ideal, foram realizados vários testes de modo para diminuir ao máximo a margem de erro do equipamento. Diante disso o objetivo foi alcançado com êxito já que protótipo funciona com uma lógica acessível e de fácil manutenção.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Universidade Federal de Rondonia pelo o apoio concedido para a realização deste trabalho.

Este trabalho foi financiado pelo Programa Institucional de Bolsas e Trabalho Voluntário de Iniciação Científica PIBIC uma parceria CNPQ/UNIR.

## REFERÊNCIAS

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (1991). *Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.

Boylestad, R. L. (2004). *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuito*. São Paulo-BRA: Pearson Prentice Hall. Monteiro Simon, R. (Trad.). 8ª Ed.

Malvino, A. P. (2007). *Eletrônica. Vol. 1*. São Paulo-BRA: McGraw-Hill. 7ª. Ed.

Cunha, C. (2008). *Construção e utilização de equipamentos de baixo custo para Ensino de Física*. Dissertação Mestrado em Física Laboratorial, Ensino e História da Física. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal. 100 pp.

Tipler, P. & Mosca, G. (2009). *Física para cientistas e engenheiros*. São Paulo-BRA: Editora Ltc. pp. 466. 6ª Ed

Nussenzeveig, H. M. (1933). *Curso de Física Básica Vol. 2*. São Paulo-BRA: Blücher.