

## **PÊNDULO SIMPLES AMORTECIDO**

Matheus dos Santos Pedrozo de Lima  
Augusto de Oliveira Rosa  
Matheus Augusto Burda

Relatório do trabalho de análise de um pêndulo simples amortecido para a disciplina de Física Teórica 2 do curso de Engenharia de Computação ministrada pelo Professor Doutor Rafael Carvalho Barreto.

## **1. INTRODUÇÃO**

Este relatório destina-se a relatar o processo de obtenção das propriedades de um pêndulo simples amortecido através de um vídeo e utilização de um programa em C++ para identificação de dados. Conjuntamente foi empregado o uso do software Gnuplot para análise das amostras.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 1. Montagem e Gravação do Pêndulo:

Para montar o pêndulo foi usado um barbante amarrado em um bola de plástico envolta de fita isolante. Com o pêndulo suspenso em frente a um fundo branco, a fim de evitar ruídos como sombras na imagem, foi posicionado uma câmera fotográfica para gravar o movimento.

### 2. Desenvolvimento do código em C++

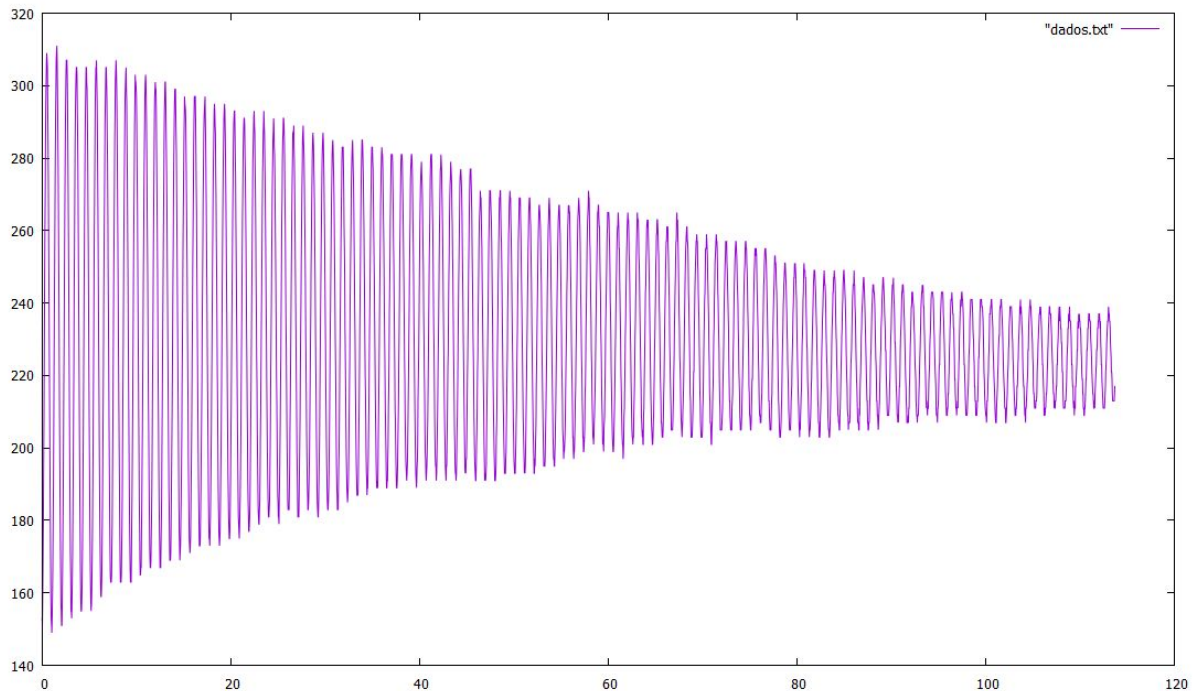
A aquisição das amostras de posição e tempo do pêndulo foi feita usando a biblioteca de manipulação de imagens e vídeos OpenCV. O processo conta com 5 funções básicas da biblioteca, sendo elas:

- I. *Read*: consiste em ler frame a frame de um vídeo.
- II. *Gaussian Blur*, *Erode*, *Dilate*: são três funções fundamentais para o funcionamento do programa, visto que, elas proporcionam a eliminação de ruído das imagens. A funcionalidade de cada função respectivamente é de: levemente borrar a imagem, remoção de pontos brancos em áreas pretas e, por fim, remoção de pontos pretos em áreas brancas.
- III. *Hough Circles*: permite através de imagens tratadas encontrar círculos nos determinado frame. Ademais a função preenche um vetor de três posições com as coordenadas X, Y e raio do círculo.

O tempo em cada frame é obtido pela divisão do número de ordem do mesmo por trinta, que é a taxa de quadros por segundo da câmera. Com a posição e tempo obtidos o programa finaliza salvando os dados em um arquivo texto.

### 3. Análise do Movimento do Pêndulo

A partir do documento de texto com os dados foi usado o Gnuplot, um programa de linhas de comandos para plotar gráficos. Com a função *plot* é possível ter um primeiro vislumbre do comportamento do oscilador.



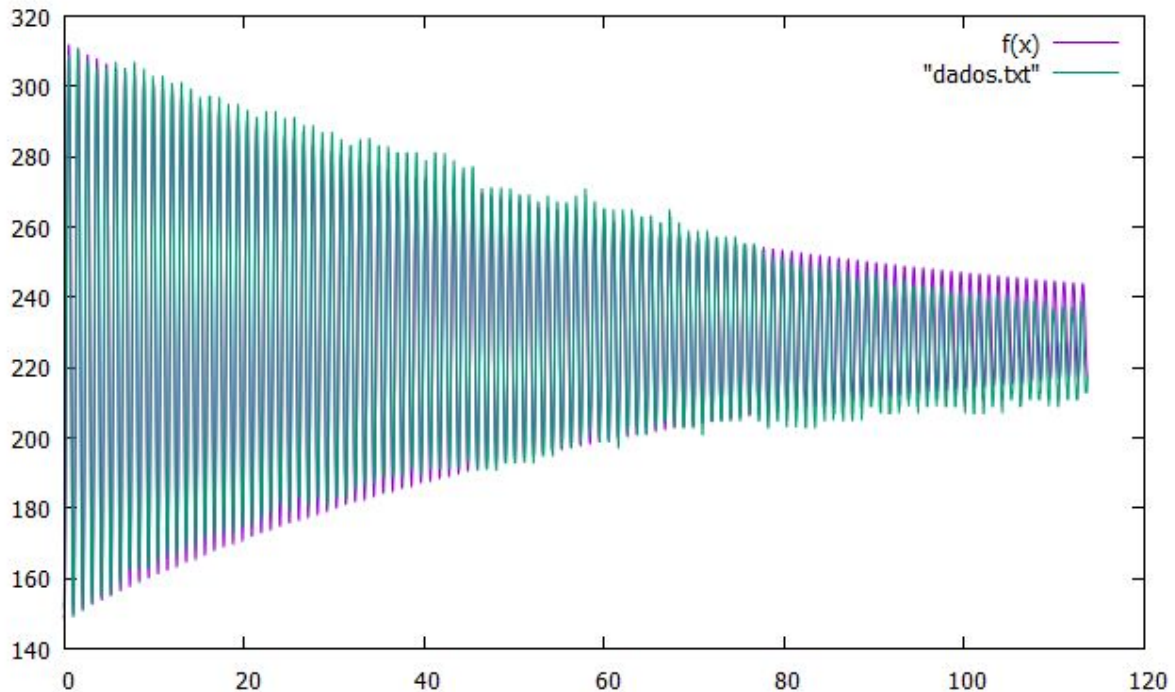
Como a função do oscilador amortecido é dada por:

$$F(x) = Ae^{-bx} \cos(\omega x - \varphi) + A_0$$

A partir do gráfico podemos inferir valores para a amplitude ( $A \approx 81.24$ ), coeficiente de amortecimento ( $b \approx 0.01$ ), posição inicial ( $x_0 \approx -0.5$ ) e distância relativa da origem ( $A_0 \approx 233$ ).

Para determinar os valores restantes é usado a tentativa e erro na determinação do valor, conforme forem definidos a função vai ser plotada levando como base os pontos amostrais, a partir da função *fit*.

Por fim, é usada uma sequência de comandos para plotar o gráfico da função ajustada aos pontos dados:



Com os ajustes feitos pelo próprio gnuplot encontramos os valores corretos que descrevem a função de onda deste experimento e seus erros, sendo eles:

$$A = 81,243 \pm 0,2326$$

$$A_0 = 233,202 \pm 0,0728$$

$$\omega = 6,01435 \pm 0,0001678$$

$$b = 0,015364 \pm 0,0001667$$

$$x_0 = -0,500328 \pm 0,0004403$$

Assim utilizando a equação da velocidade angular inicial para um oscilador harmônico amortecido, a equação do cálculo do coeficiente de qualidade (ambas descritas abaixo) e suas próprias propagações de erros:

$$\omega_0^2 = \omega^2 + b^2$$

$$Q = \omega_0 / (4\pi b)$$

Chegamos nos resultados:

$$\omega_0 = 6.01437 \pm 0,000335$$

$$Q = 31,6539 \pm 0,337997$$

### **3. CONCLUSÕES**

O desenvolvimento do experimento se mostrou mais simples que o imaginado, visto que, os maiores desafios eram tratar as imagens obtidas e ter noção de como se aproximava as propriedades do pêndulo, porém a disponibilidade de diversos tutoriais e referências na internet, juntamente, com a ajuda do professor permitiu o desenvolvimento do trabalho.

### **4. REFERÊNCIAS**

- [1]. <https://docs.opencv.org/4.1.0/>