

KITS DE

EXPERIMENTOS

DE FÍSICA

Utilizando o Arduino



Leonardo Pereira da Silva

SUMÁRIO

1. Introdução	3
2. Interface	4
3. Pêndulo Simples	6
3.1. Haste vertical	7
3.2. Haste horizontal	8
3.3. Base	9
4. Plano Inclinado	12
5. Lei de Resfriamento de Newton	15
6. Capacitor	16
7. Instalação do software do Arduino	17
8. Códigos	18

1. INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

2. INTERFACE

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

Figura 1: *Interface*

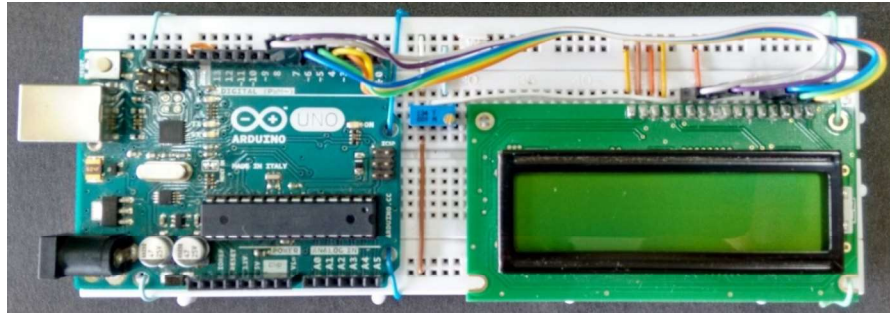


Tabela 1: Relação de materiais da *interface*.

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

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

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

Figura 2: Materiais da *Interface*.

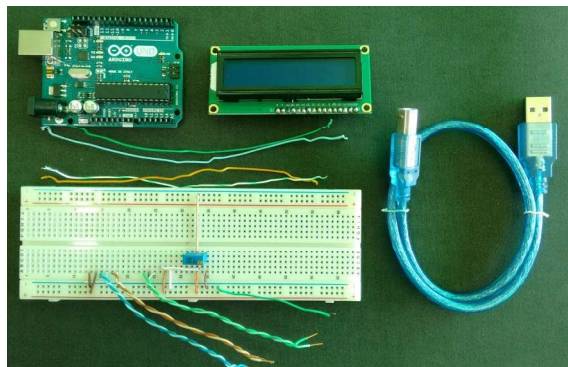
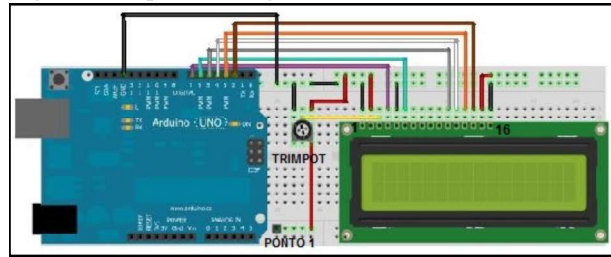


Figura 3: Esquema de ligações da interface

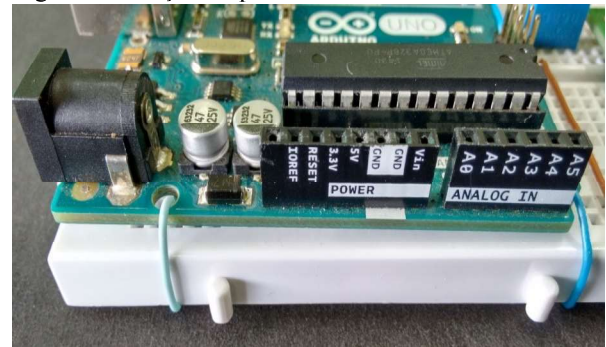


Tomando como base a própria *protoboard*, fixamos através de fios o *display* e a placa UNO, figura 4 e 5.

Figura 4: Fixação do *display*.

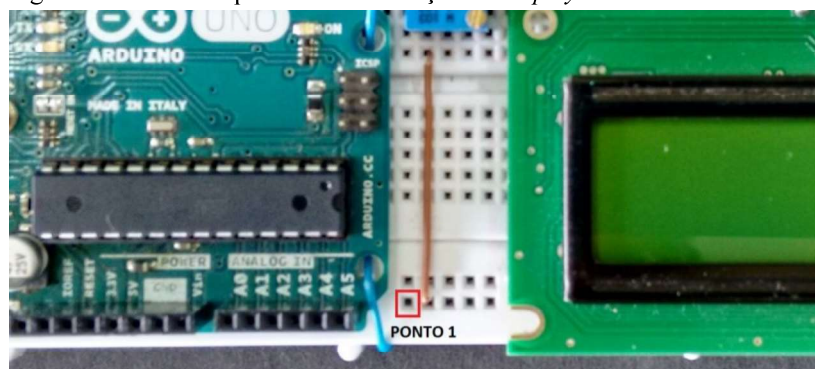


Figura 5: Fixação da placa UNO.



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

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



3. PÊNDULO SIMPLES

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

Tabela 2: Relação de materiais do experimento plano inclinado.

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

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

- 3.1 Haste vertical.
- 3.2 Haste horizontal.
- 3.3 Base.

Figura 7: Pêndulo simples.

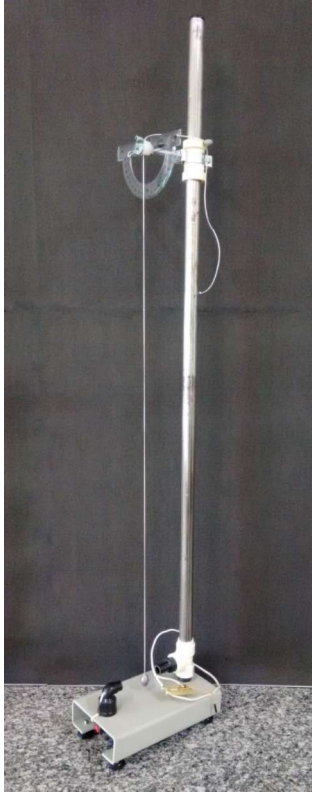
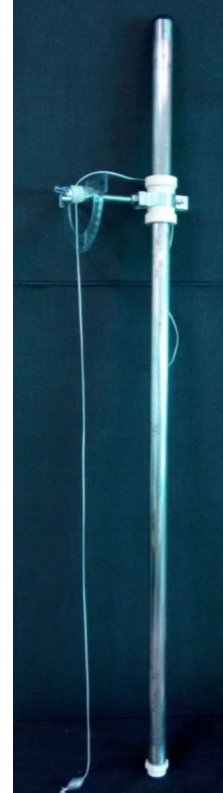


Figura 8: Haste vertical.



3.1 Haste vertical

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

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

Figura 9: Ponteira interna.



Figura 10: Nípel encaixada na haste.



Figura 11: Nípel



3.2 Haste horizontal

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

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

Figura 12: Haste horizontal.

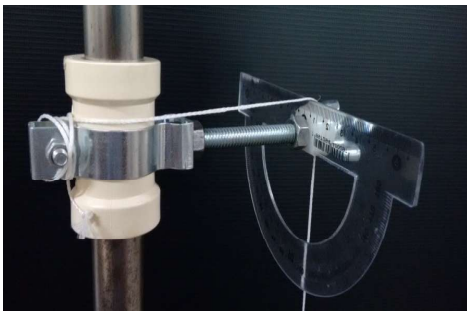


Figura 13: Detalhe da luva de correr.



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

Figura 14: Detalhes da braçadeira e a luva.



Figura 15: Materiais da haste horizontal.



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

Figura 17: Detalhes do furo na barra.

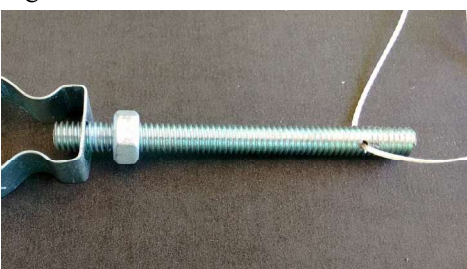
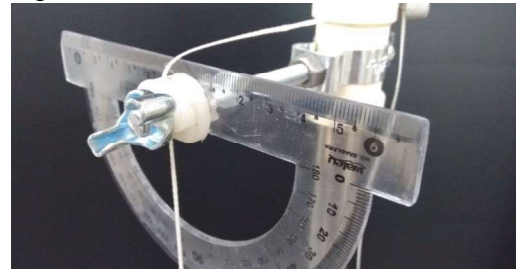


Figura 17: Detalhes do transferidor.



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

Figura 18: Detalhes da partícula (chumbada).



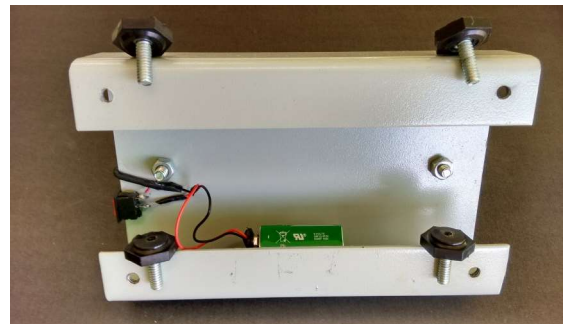
3.3 Base

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

Figura 20: Base do pêndulo.



Figura 21: Instalação dos pés niveladores.

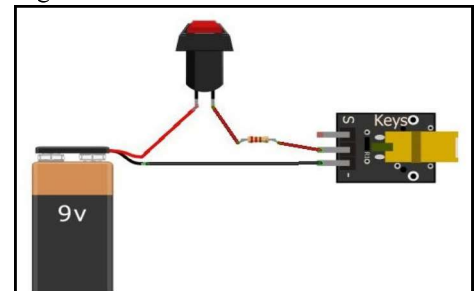


Também na parte inferior, figura 22, foi instalado o circuito de alimentação do laser, figura 23, o interruptor foi fixado com cola epóxi e a bateria fica fixada através do clipe para papel.

Figura 22: Circuito de alimentação do laser.



Figura 23: Circuito elétrico do laser.



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

Figura 24: Plugs instalados na base.



Figura 25: Plugs desmontados.



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

Figura 27: Plug branco.



Figura 27: Plug roscável.



Neste plug é conectado o joelho interno duplo para mangueira 1/2'', figura 28, que foi cortado, e serve de suporte para o laser, figura 29.

Figura 28: Joelho 1/2''.



Figura 29: Suporte do laser.



No outro furo, foi fixado um plug, figura 30, feito de um adaptador redução para mangueira 1/2'' x 3/8'', figura 31.

Figura 30: Plug roscável.



Figura 31: Adaptador.



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

Figura 32: Plug e o tê.

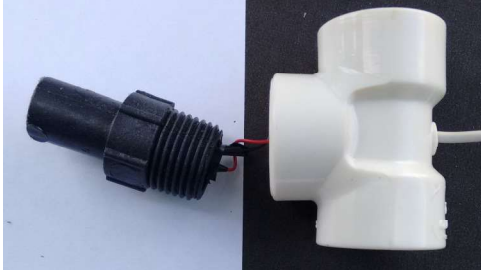


Figura 33: Plug e o tê instalados na base.



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

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

Figura 34: Placa de circuito impresso.

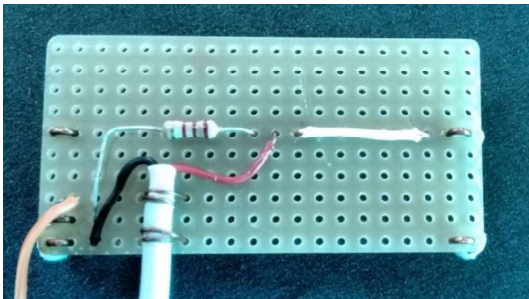
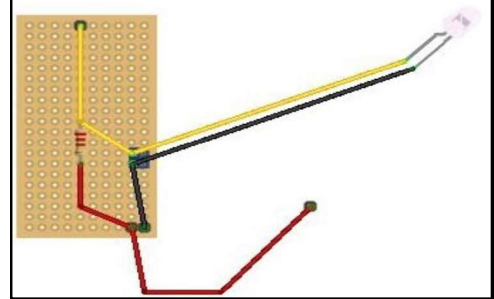


Figura 35: Circuito de ligação do sensor.



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

Figura 36: Terminais da placa.

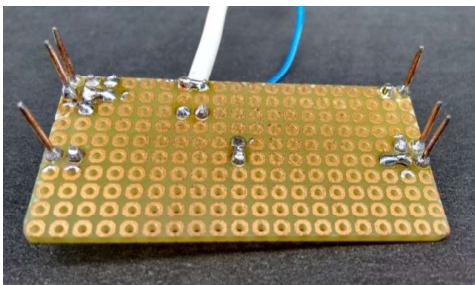
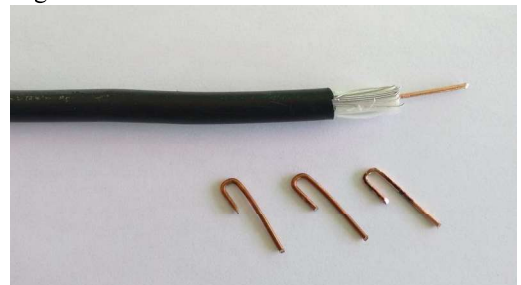


Figura 37: Cabo coaxial e terminais.



4. PLANO INCLINADO

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

Figura 38: Plano inclinado.

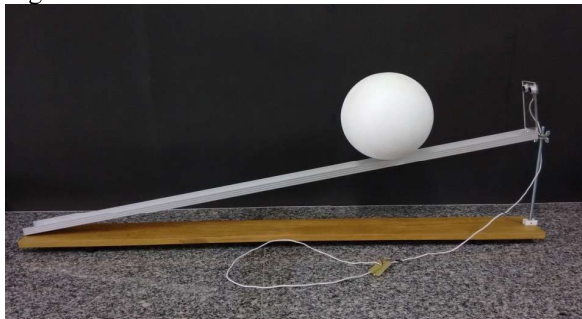


Tabela 3: Relação de materiais do experimento plano inclinado.

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

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

Figura 39: Pés do plano inclinado.

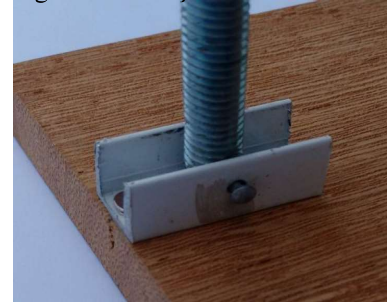


Numa das extremidades da base de madeira, foi instalada uma dobradiça estreita figura 40, que fixa a rampa de alumínio na base de madeira. Na outra extremidade, foi instalado o suporte da barra roscada figura 41, feito através de um perfil em “U” de alumínio 1cm x1cm, que é presa a barra roscada através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

Figura 40: Fixação da dobradiça.



Figura 41: Fixação da barra rosca-



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

Figura 42: Detalhe das porcas borboleta.



Figura 43: Barra rosca-



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

Figura 44: Fixação da cantoneira.



Figura 45: Fixação do suporte do sensor.

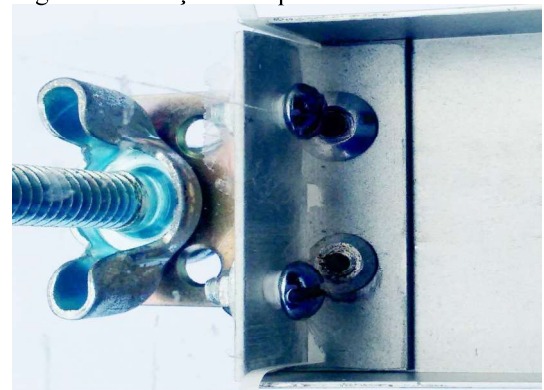
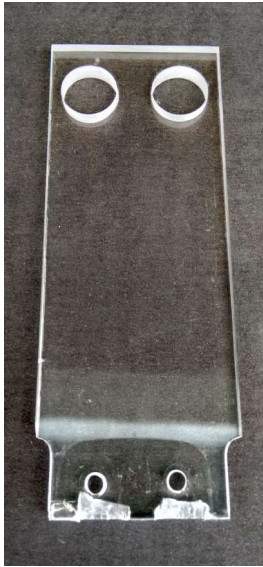


Figura 46: Suporte do sensor.



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

Figura 47: Suporte do sensor instalado.



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

Figura 48: Circuito elétrico ultrassônico.

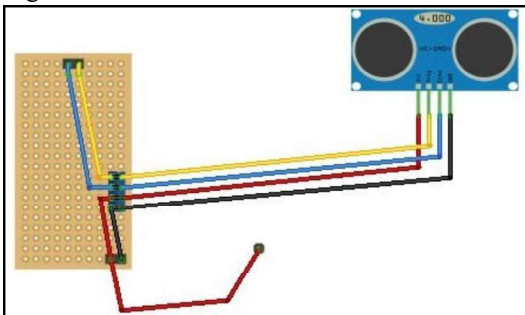
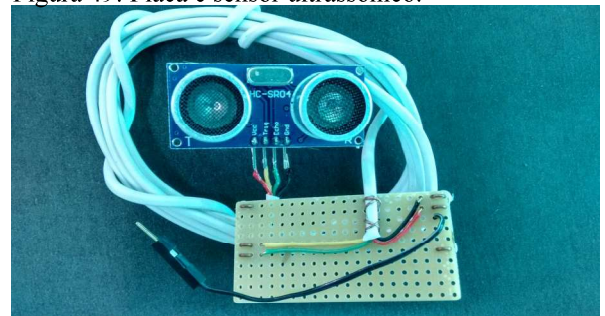
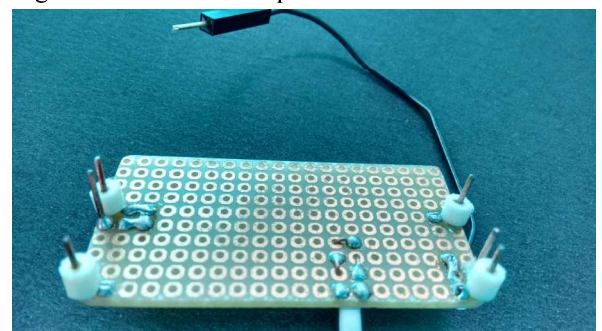


Figura 49: Placa e sensor ultrassônico.



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

Figura 50: Terminais da placa.



5. LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

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

Figura 51: Experimento lei de resfriamento de

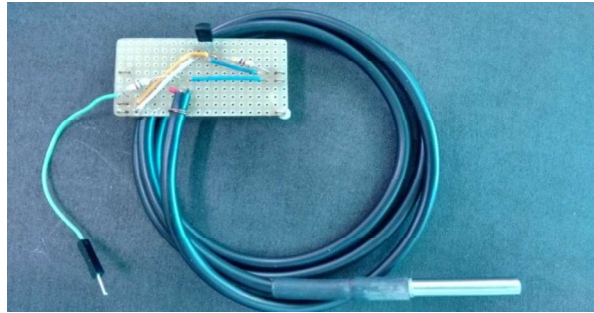


Tabela 4: Relação de materiais do experimento lei de resfriamento de Newton

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

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

Figura 52: Placa circuito impresso lei de resfriamento.

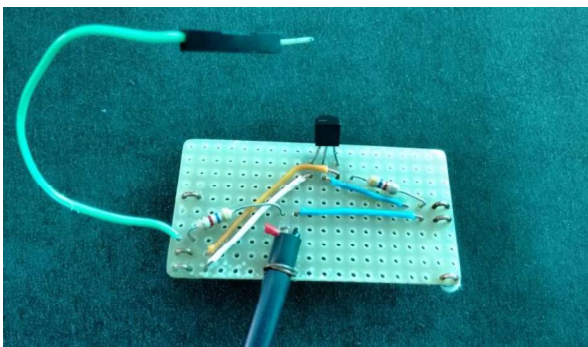
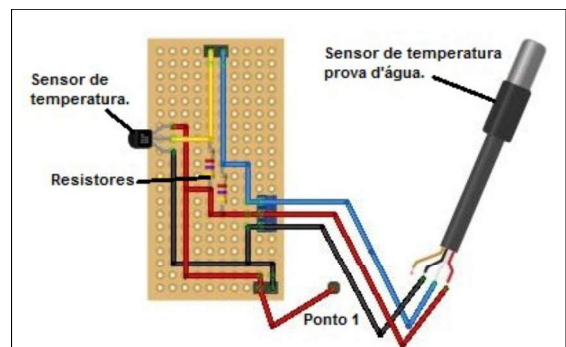
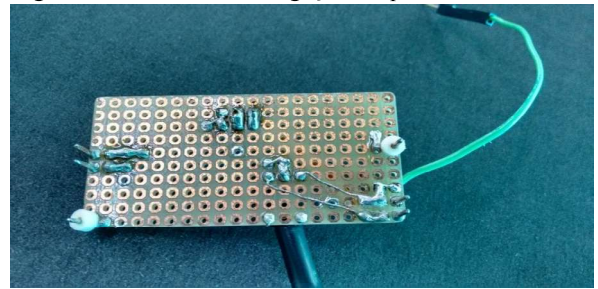


Figura 53: Circuito eletrônico lei de resfriamento.



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

Figura 54: Terminais de ligação da placa.



6. CAPACITOR

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

Tabela 5: Relação de materiais do experimento capacitor.

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

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

Figura 55: Experimento capacitor.

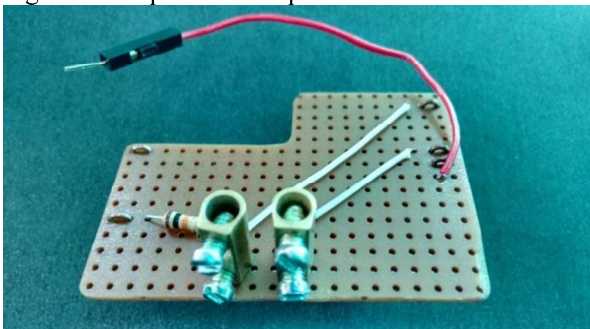
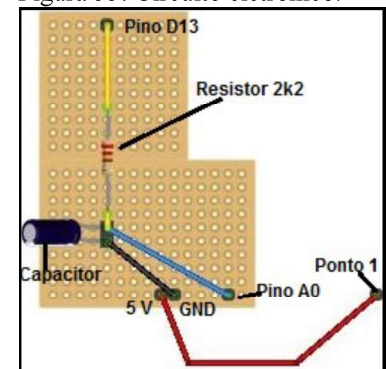


Figura 55: Circuito eletrônico.

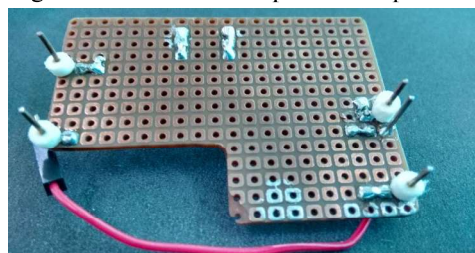


Para o encaixe do capacitor foi utilizados dois conectores de terminais de uma barra de terminais com parafuso, figura 57. Eles foram fixados na placa em dois pinos e soldados com esta finalidade. Na placa também foi soldado o resistor que faz parte do circuito eletrônico.

Figura 57: Terminais de contato.



Figura 57: Terminais da placa do capacitor.



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

7. INSTALAÇÃO DO SOFTWARE DO ARDUINO

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

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

Figura 58: Seleção da placa no IDE.

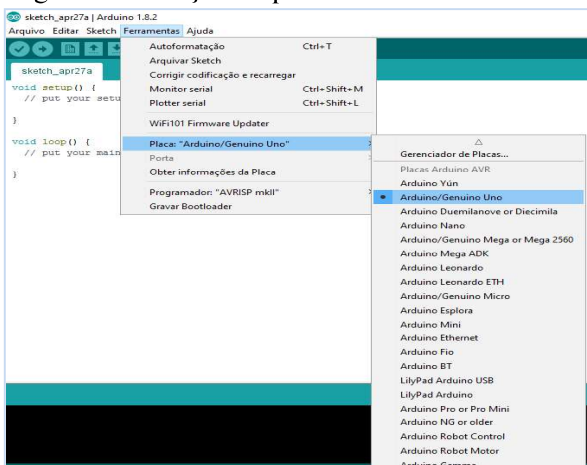
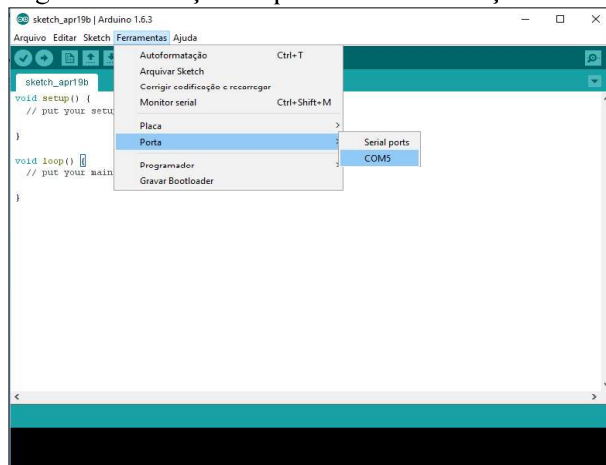


Figura 59: Seleção da porta de comunicação.



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

8. CÓDIGOS

Código do programa PÊNDULO, utilizado no experimento Pêndulo simples.

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

```

    tempoinicial = millis();
    i++;
    }
    cont=cont+1;
    }
}

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

```

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

```

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

```

```

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

```

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

```

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

```

```

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

```

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

```

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

unsigned long time;

```

```

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

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

```

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

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

Ji-Paraná, 22 de dezembro de 2017.



Leonardo Pereira da Silva