



Faculdade de Engenharia e Ciências Exatas  
Licenciatura em Engenharia  
Introdução à Eletrónica  
2018/2019

## Relatório Trabalho Prático N.º 6

Controlo de velocidade de motor  
através de *Arduino* e sensor de  
luminosidade

**Docentes:**

José Manuel Baptista  
Tiago Hipkin Meireles

**Discentes:**

Francisco Gouveia, N.º 2083217  
Diogo Gouveia, N.º 2042918  
Tomás Marcos, N.º 2037017

Funchal, 28 de maio de 2019

## Resumo

O presente relatório pertence descrever o trabalho realizado na aula prática laboratorial da unidade curricular de Introdução à Eletrónica da Licenciatura de Engenharia Informática.

Planeja-se com este trabalho prático, compreender a utilização de um microcontrolador, denominado de *Arduino*, pondo em prática os conhecimentos adquiridos ao longo desta unidade curricular, com objetivo de poder implementar uma aplicação simples de controlo de velocidade de um motor DC em função de um sensor de luminosidade.

Desta forma, é necessário perceber a utilização de uma resistência dependente da luz (LDR), bem como o seu funcionamento. Além disso, utilizou-se um transístor bipolar de junção, pois é fundamental compreender o seu uso e os seus modos de desempenho.

Para regular a velocidade de um motor DC, utilizou-se um sinal designado por *Pulse Width Modulation (PWM)*.

# Introdução

## Placa Arduino Uno

Para este trabalho laboratorial utilizou-se uma placa *Arduino Uno* (Figura 1) a partir de um microcontrolador ATmega328p da ATMEL. Esta placa dispõe simultaneamente 14 sinais de entradas e de saídas digitais, normalmente utilizadas para leituras e escritas sobre sensores, das quais 6 permitem gerar sinais PWM nas saídas, e outras 6 portas de entrada analógicas. Além disso, esta placa possui um cristal de 16 MHz, um botão *reset*, um conector USB e alimentação direta através de um adaptador AC-DC ou de uma bateria. O *Arduino* também inclui um ambiente de desenvolvimento (IDE) que facilita a programação do microcontrolador.



Figura 1 – Placa Arduino Uno

## Resistência Dependente de Luz (LDR)

Uma resistência dependente de luz, também podendo se denominar por foto-resistência (Figura 2), é uma resistência variável cujo valor é controlada pela intensidade de luz.

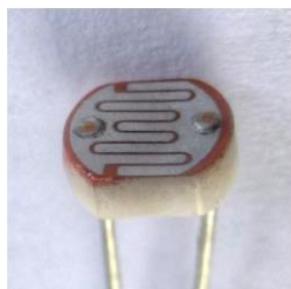


Figura 2 – Resistência dependente da luz (LDR)

A resistência de uma LDR diminui com o aumento da intensidade da luz, sendo esta frequentemente utilizada em circuitos em que seja necessário ligar ou desligar alguns componentes de um circuito consoante o nível de luminosidade. Na ausência da luz, o valor da resistência LDR pode chegar ao megaohm ( $M\Omega$ ), enquanto que na ausência de iluminação, este valor pode diminuir até algumas centenas de ohm.

## Transistor Bipolar de Junção (BJT)

Um transistor bipolar de junção é constituído por três regiões de material semicondutores denominados como o Emissor, a Base e o Coletor. É possível caracterizar o transistor bipolar como um dispositivo de três terminais, onde a tensão entre dois terminais controla a corrente no terceiro. Ainda é possível ter transistores do tipo NPN ou PNP, consoante as dopagens utilizadas na construção do transistor.

	Modo	Junção Base-Emissor	Junção Base-Coletor
Corte	Inversa	Inversa	
Ativo	Direta	Inversa	
Ativo inverso	Inversa	Direta	
Saturação	Direta	Direta	

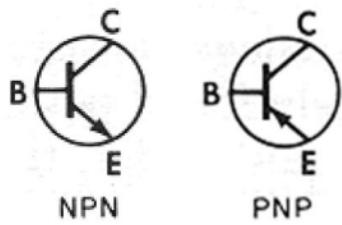


Figura 3 – Tipos de transistores bipolares e modos de funcionamento

Os transistores bipolares possuem duas junções, entre a base e o emissor, e entre a base e coletor. Conforme a polarização dessas junções (direta ou inversa), consegue-se obter diferentes modos de operação do transistor bipolar (Figura 3). O modo ativo é regularmente usado para aplicação de sinais sinusoidais, enquanto que os modos de corte e saturação são utilizados para circuitos digitais (ON/OFF). Posteriormente, como exemplo retrata-se a configuração dos pinos do transistor 2N2222A (Figura 4).

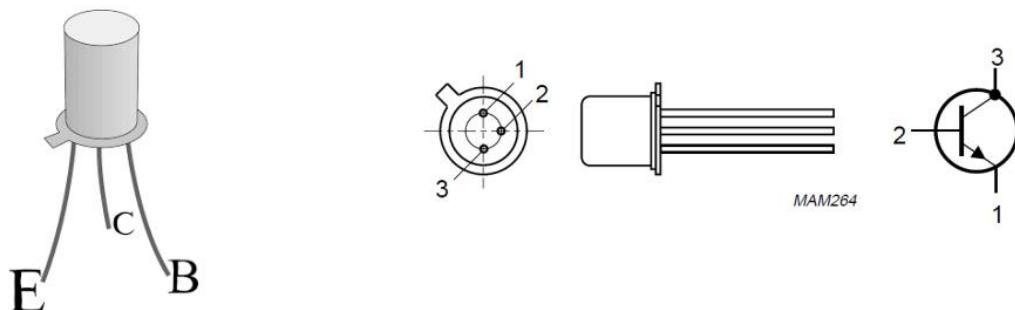


Figura 4 – Configuração dos pinos do transistor 2N2222A

## Motor DC

Denomina-se motor de corrente contínua (DC) a qualquer classe de máquina elétrica em que um rotor converte energia elétrica em energia mecânica. A velocidade de um motor DC (Figura 5) pode ser monitorizada de diferentes formas, no qual inclui a tensão (ou corrente contínua) que lhe é fornecida. Existe algumas maneiras de utilizar sinais digitais de forma a poder controlar a velocidade de um motor, o mais usado é o sinal PWM, já aprofundado em trabalhos anteriores.

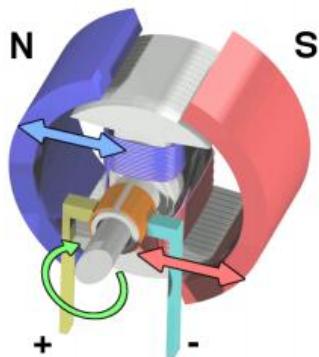


Figura 5 – Esquema de motor DC

# Procedimento laboratorial

## **Lista de material:**

- Osciloscópio
- Gerador de sinal
- Resistências de valores diferentes
- Potenciômetro
- Díodo Emissor de Luz (LED)
- Díodo 1N4148
- Transístor 2N2222A
- Foto-resistência ou LDR
- Motor DC
- Placa de montagem
- Fios condutores
- Microcontroladores *Arduino*
- Cabo USB

Como referido, neste trabalho pretende-se controlar a velocidade de um motor DC com base na utilização de o *Arduino*. Para tal é necessário que a velocidade seja proposicional à intensidade da luz captada pela foto-resistência, isto é, quanto maior for a luz recolhida pela foto-resistência, mais rápido deverá rodar o motor.

O protocolo deste trabalho laboratorial demonstra algumas sugestões de código, assim como montagens de circuitos elétricos com intuito de complementar o trabalho em questão.

## 5.1) Leitura de sensor LDR

Iniciou-se por escrever um programa em *Arduino* para acender o LED, em função da luminosidade recebida através de uma foto-resistência. A partir de um ajuste experimental, definiu-se o limiar de luz a fim de o LED ser capaz de se acender.

Na seguinte figura (Figura 6), encontra-se representado o esquema de montagem para que um LED ligue ou desligue de acordo com luminosidade captada pela LDR, com recurso ao *Arduino*:

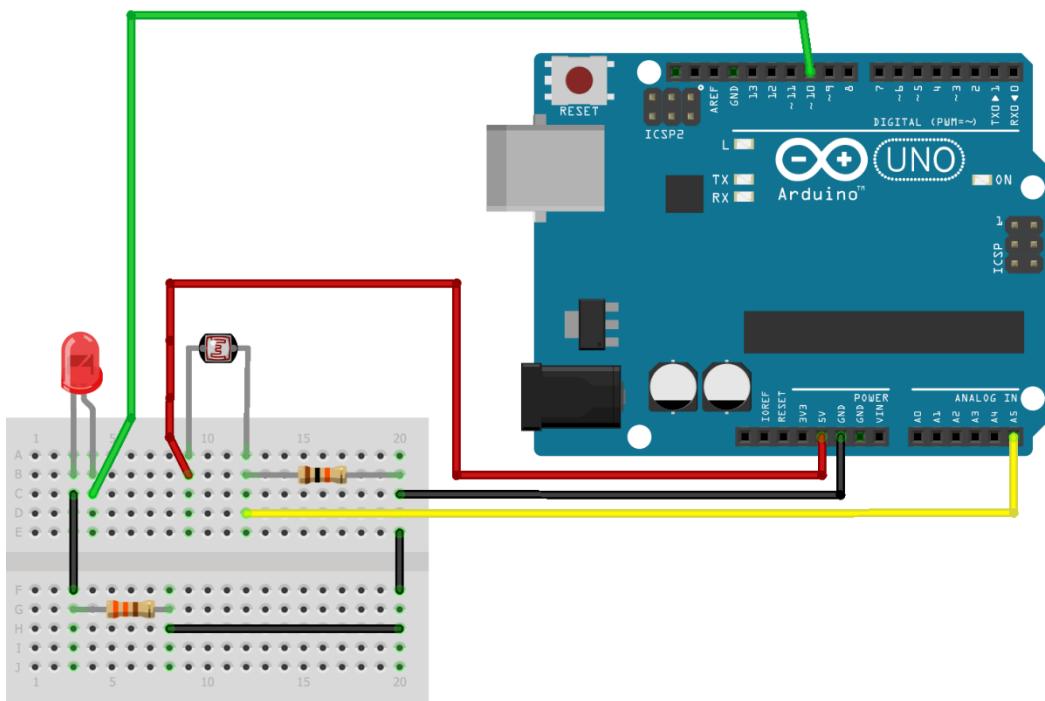


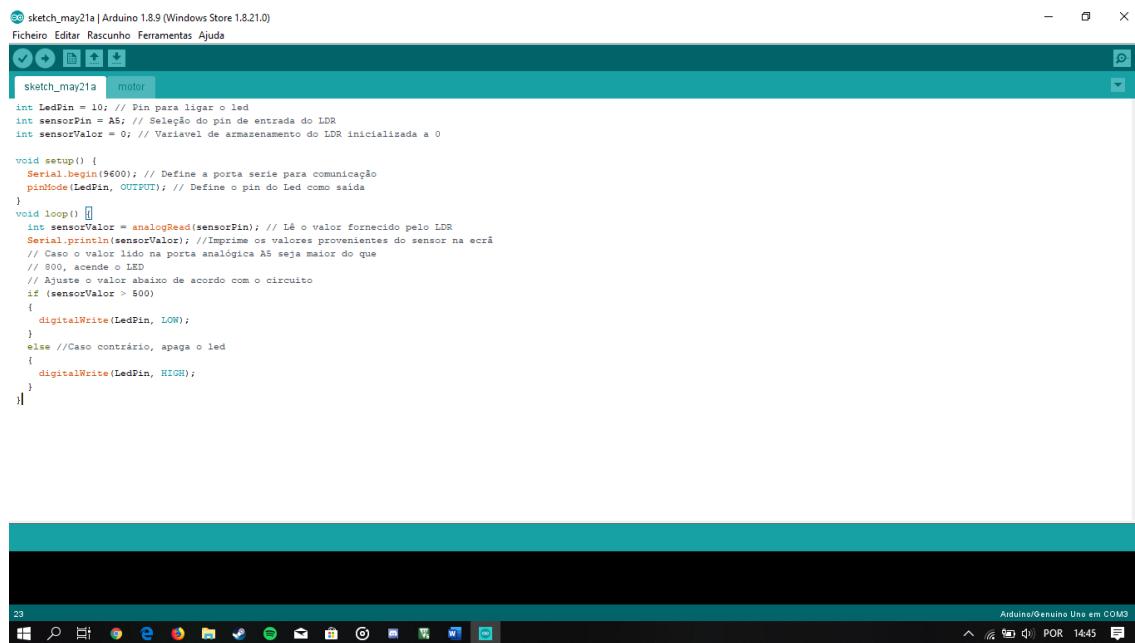
Figura 6 – Esquema de montagem para a alínea 5.1

Para a realização da montagem deste circuito utilizou-se:

- Duas resistências, uma de  $220\ \Omega$  e outra de  $100\ \Omega$ ;
- LED;
- LDR;
- Uma placa de *Arduino*;
- Cabos;
- *Breadboard*;

De acordo com a figura anterior, ligou-se o LED ao pino 10 do *Arduino*, estando o LED em série com a resistência de 220  $\Omega$ , e consequentemente em série à de 100  $\Omega$ , e de seguida à LDR. Por sua vez, a saída da resistência de 100 é ligada ao GND (*ground*), a sua entrada à entrada A5 do *Arduino* e, por fim, a entrada da LDR aos 5V de alimentação fornecidos pelo *Arduino*.

A imagem a seguir ilustra o código compilado de modo a realizar o trabalho proposto (Figura 7):



```

sketch_may21a | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Ficheiro Editar Rascunho Ferramentas Ajuda
sketch_may21a motor
int LedPin = 10; // Pin para ligar o led
int sensorPin = A5; // Seleção do pin de entrada do LDR
int sensorValor = 0; // Variável de armazenamento do LDR inicializada a 0

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Define a porta serie para comunicação
  pinMode(LedPin, OUTPUT); // Define o pin do Led como saída
}
void loop() {
  int sensorValor = analogRead(sensorPin); // Lê o valor fornecido pelo LDR
  Serial.println(sensorValor); // Imprime os valores provenientes do sensor na ecrã
  // Caso o valor lido na porta analógica A5 seja maior do que
  // 800, acende o LED
  // Ajuste o valor abaixo de acordo com o circuito
  if (sensorValor > 800) {
    digitalWrite(LedPin, LOW);
  }
  else //Caso contrário, apaga o led
  {
    digitalWrite(LedPin, HIGH);
  }
}

```

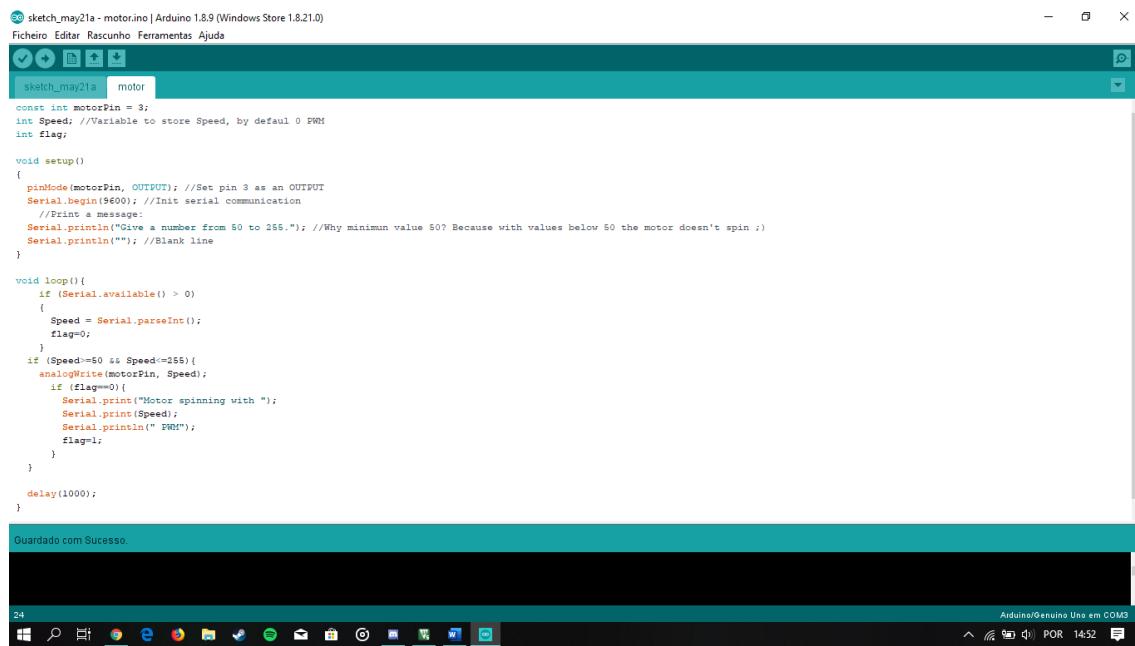
Figura 7 – Código do *Arduino* para a alínea 5.1

## 5.2) Controlo de velocidade de motor DC

A seguinte imagem simula a montagem concretizada para o objetivo de poder controlar a velocidade de o motor DC, sendo possível usar sinais PWM. Segue-se o material necessário para esta parte:

- Díodo 1N4148;
- Transístor 2N2222A;
- Motor DC;
- Cabos;
- Resistência de 220 Ω;
- *Arduino*;
- *Breadboard*;

O código para o controlo da velocidade motor de acordo com um valor regulador inserido no IDE, encontra-se na seguinte figura (Figura 9):



```

sketch_may21a - motor.ino | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Ficheiro Editar Rascunho Ferramentas Ajuda
sketch_may21a [motor]
const int motorPin = 3;
int Speed; //Variable to store Speed, by default 0 PWM
int flag;

void setup()
{
  pinMode(motorPin, OUTPUT); //Set pin 3 as an OUTPUT
  Serial.begin(9600); //Init serial communication
  //Print a message:
  Serial.println("Give a number from 50 to 255."); //Why minimum value 50? Because with values below 50 the motor doesn't spin :)
  Serial.print("");
}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0)
  {
    Speed = Serial.parseInt();
    flag=0;
  }
  if (Speed>=50 && Speed<=255){
    analogWrite(motorPin, Speed);
    if (flag==0){
      Serial.print("Motor spinning with ");
      Serial.print(Speed);
      Serial.println(" PWM");
      flag=1;
    }
  }
  delay(1000);
}

```

Guardado com Sucesso.

Figura 9 – Código do Arduino para alínea 5.2

**Pergunta 1:** *Porque é que não pode alimentar o motor DC a partir do pino de saída digital do Arduino?*

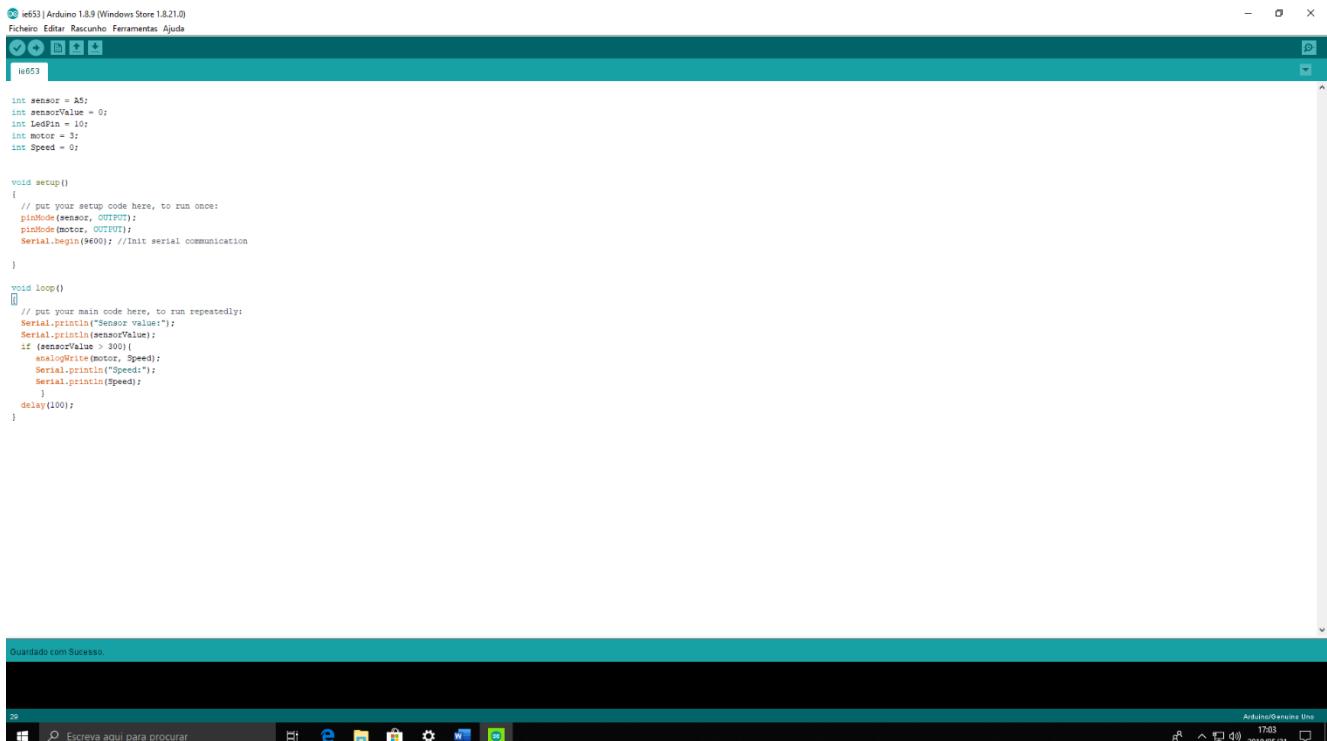
Resposta: Não se pode utilizar os pinos digitais do *Arduino* dado que cada um destes apenas fornece 40 mA de corrente (e 5V de tensão). Como geralmente, os motores DC consumem mais, os pinos podem não ser suficientes para o funcionamento do motor utilizado. Na nossa montagem, utilizou-se a resistência de 220 Ω para controlar a corrente recebida na base do transístor com recurso a uma saída analógica de sinal, neste caso correspondente ao pino 3, sendo o motor ligado ao coletor do transístor, ou seja, o transístor controla a corrente e a tensão fornecidas ao motor, de modo a que garantam o seu normal funcionamento.

**Pergunta 2:** *Explique como é que o transístor permite que o Arduino possa controlar o motor.*

Resposta: O transístor atua como um comutador digital que permite que o *Arduino* controle cargas de tensão e/ou corrente mais elevadas do que as fornecidas pelos seus pinos. Dependendo do valor do sinal de PWM o motor girará mais rapidamente ou mais devagar, se o valor do sinal for maior ou menor, respetivamente, através do transístor.

### 5.3) Controlo de velocidade de motor DC a partir dum sensor LDR

Como última alínea deste trabalho prático combina-se os dois pontos anteriores deste, ou seja, pretende-se que seja controlado a velocidade do motor DC em função da luz captada pela LDR. Abaixo encontra-se o código (Figura 10) que foi compilado para execução do pretendido com auxílio do *Arduino*.



```

ide53 | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Ficheiro Editar Rascunho Ferramentas Ajuda
ie653
int sensor = A5;
int sensorValue = 0;
int LedPin = 10;
int motor = 3;
int Speed = 0;

void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(sensor, INPUT);
  pinMode(motor, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); //Init serial communication
}

void loop()
{
  // put your main code here, to run repeatedly:
  Serial.println("Sensor value:");
  Serial.println(sensorValue);
  if (sensorValue > 300){
    analogWrite(motor, Speed);
    Serial.println("Speed:");
    Serial.println(Speed);
  }
  delay(100);
}

```

Quando com Sucesso

29 Escriva aqui para procurar 17:03 2019/05/31

Figura 10 – Código do *Arduino* para alínea 5.3

De seguida, procedeu-se à seguinte montagem (Figura 11):

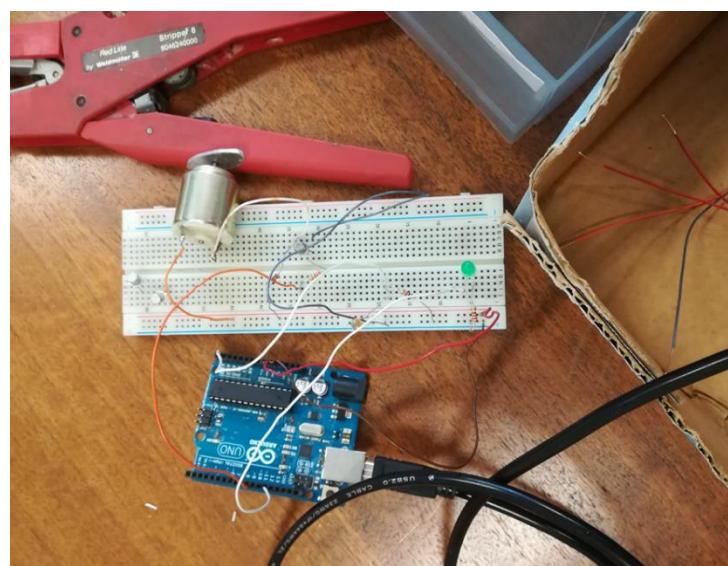


Figura 11 – Montagem realizada para a alínea 5.3

## Conclusão

Sendo este o último trabalho prático da unidade curricular, aplicou-se os variados conhecimentos adquiridos tanto nas aulas teóricas e teórico-práticas, como também como os obtidos nas experiências anteriores. Utilizou-se, nomeadamente, os conhecimentos técnicos no que se relaciona ao *Arduino* num nível mais aprofundado, assim como aqueles transmitidos nas últimas aulas teóricas e teórico-práticas, como com o manuseamento do transístor e do diodo, e também com a introdução de novos elementos que eram o sensor LDR e um motor DC de 5V.

Como requisito final, elaborou-se um circuito que combinava todos conceitos introduzidos, em que se controlou um motor de acordo com luminosidade e com um programa compilado no IDE do *Arduino*.

# Bibliografia

- “**LDR & LED Light**” -  
[https://create.arduino.cc/projecthub/Kenpoca\\_Dias/ldr-led-light-1147c3](https://create.arduino.cc/projecthub/Kenpoca_Dias/ldr-led-light-1147c3)  
(Acedido a 27/05/2019)
- “**How to Drive a DC Motor With Transistor - Arduino Tutorial**” -  
<https://www.instructables.com/id/How-to-drive-a-DC-Motor-with-Transistor-Arduino-Tu/> (Acedido a 27/05/2019)
- “**DC motor**” - [https://en.wikipedia.org/wiki/DC\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor) (Acedido a 26/05/2019)
- “**Photoresistor**” - <https://en.wikipedia.org/wiki/Photoresistor> (Acedido a 26/05/2019)
- “**Trabalho Pratico N.º 6 - Controlo de velocidade de motor através de Arduino e sensor de luminosidade**” -  
[https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/43258/mod\\_resource/content/2/E-Trabalho%206%20-%20202019.pdf](https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/43258/mod_resource/content/2/E-Trabalho%206%20-%20202019.pdf) (Acedido a 25/05/2019)
- “**Introdução à Eletrónica - Transístores bipolares de junção**” -  
[https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/43116/mod\\_resource/content/20/IE%20-%20Capítulo%2010.pdf](https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/43116/mod_resource/content/20/IE%20-%20Capítulo%2010.pdf) (Acedido a 26/05/2019)
- “**Introdução à Eletrónica - Díodos**” -  
[https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/42965/mod\\_resource/content/16/IE%20-%20Capítulo%208.pdf](https://moodle.cee.uma.pt/pluginfile.php/42965/mod_resource/content/16/IE%20-%20Capítulo%208.pdf) (Acedido a 26/05/2019)
- “**PWM Control using Arduino – Learn to Control DC Motor Speed and LED Brightness**” - <http://www.circuitstoday.com/pwm-generation-and-control-using-arduino> (Acedido a 28/05/2019)
- “**Transistor Motor Control**” -  
<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/TransistorMotorControl> (Acedido a 28/05/2019)