



INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – *CAMPUS AVANÇADO ITABIRITO*
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Guilherme Rodrigues Souza

Luiz Machado

Vinícius Marques Vaz

Iluminação inteligente

ITABIRITO
OUTUBRO DE 2019

Guilherme Rodrigues Souza

Luiz Machado

Vinícius Marques Vaz

Iluminação Inteligente

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico Integrado em Automação Industrial do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus* Avançado Itabirito, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Automação Industrial.

Orientador: Eduardo José de Araújo

Orientador: Aderlan Gomes da Silva

ITABIRITO
OUTUBRO DE 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S729i Souza, Guilherme Rodrigues
2019

Iluminação inteligente / Guilherme Rodrigues Souza, Luiz Machado,
Vinícius Marques Vaz. – 2019.

20 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico Integrado em Automação
Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais – Campus Avançado Itabirito, 2019.

Orientadores:

Dr. Eduardo José de Araújo.

Dr. Aderlan Gomes da Silva.

1. Iluminação. 2. Automação. 3. Dimmer. 4. Consumo. I. Souza,
Guilherme Rodrigues. II. Machado, Luiz. III. Vaz, Vinícius Marques. IV.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Avançado Itabirito. V. Título.

CDD 681.5

Elaborada pela Biblioteca Jarbas Nazareth de Souza – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Avançado Itabirito

Bibliotecário Responsável: Veríssimo Amaral Matias – CRB-6/3266

Guilherme Rodrigues Souza

Luiz Machado

Vinícius Marques Vaz

Iluminação inteligente

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico Integrado em Automação Industrial do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus* Avançado Itabirito, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Automação Industrial.

Orientador: Eduardo José de Araújo

Orientador: Aderlan Gomes da Silva

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo José de Araújo (IFMG) – Orientador 1

Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva (IFMG) – Orientador 2

Prof. Dr. Marlon Gomes (IFMG)

Prof. Dr. Jaqueline de Oliveira Santana (IFMG)

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em Itabirito, 22 de Outubro de 2019.

ITABIRITO
OUTUBRO DE 2019

AGRADECIMENTOS

Chegado o momento de refletir e agradecer quem fez parte de cada momento de nossas vidas e de nossa passagem pelo IFMG Campus Avançado Itabirito.

Agradecemos primeiramente aos nossos pais, nos ajudando ao longo do caminho árduo, embora bastante divertido às vezes, que foram estes 3 anos de curso técnico.

A Matheus Gurgel, pela ajuda com a parte da programação que foi de suma importância para realização deste trabalho.

A Renata Cristina, pela ajuda a construção da maquete do nosso primeiro protótipo que foi apresentado na feira.

Aos nossos amigos e a cada um dos professores que nos acompanharam nesses 3 anos, compartilhando ensinamentos não somente de sala de aula como também de vida, sendo essenciais para que chegássemos até aqui.

E por último, mas não menos importante, agradecemos ao IFMG, pela oportunidade de fazer o Curso Técnico de Automação Industrial, nos proporcionando experiências que jamais seriam possíveis se em outras instituições.

ILUMINAÇÃO INTELIGENTE

Guilherme Rodrigues Souza, Luiz A. Machado, Vinícius Marques Vaz

Orientadores: Aderlan Gomes da Silva e Eduardo José de Araújo

Resumo. Recentemente, o consumo de energia vem sendo um problema que vem aumentando gradativamente com o passar dos anos, elevando-se também o preço das tarifas de energia elétrica residencial. Com o objetivo de proporcionar ao usuário um menor consumo energético, aplicando conhecimentos adquiridos durante o curso Técnico Integrado de Automação Industrial, foi desenvolvido um protótipo de controle de iluminação. O funcionamento do circuito é baseado em dois fotoresistor (modo automático) e pelo módulo *dimmer* (modo manual), sendo controlado pelo Arduino UNO. Para a representação do sistema, foi construída a primeira versão da maquete (primeiro circuito), para a apresentação na Feira de Ciências do Instituto Federal de Minas Gerais, no *campus* avançado de Itabirito. O protótipo foi montado em uma maquete com medidas adequadas para que atendessem as necessidades do projeto na realização do controle de duas lâmpadas halógenas em dois lugares distintos da casa. Após o desenvolvimento do circuito e integração com algoritmo desenvolvido, foram realizados testes funcionais do sistema com resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Iluminação. Automação. Dimmer. Consumo.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia vem aumentando gradativamente com o avanço da tecnologia, porém, ao contrário do que se esperava, o preço da tarifa de energia elétrica também aumentou, apresentando uma variação de 53,8% de 2010 a 2018 (FELIX; ROSANA, 2018).

Uma das causas da inflação do preço da energia no Brasil é o aumento de consumo energético, que resulta num aumento na tarifa da energia elétrica (RENATO; JOSÉ, 2017). Uma reação natural à crescente taxa aplicada é cada vez mais procurar formas de economizar energia: desligando aparelhos eletrônicos da tomada quando não estão sendo utilizados; reduzindo o tempo do banho; não deixando lâmpadas ligadas sem necessidade; trocando lâmpadas incandescentes por fluorescentes ou de diodo emissor de luz (*LED*), que utilizam uma menor quantidade de energia para iluminar e são mais eficazes e eficientes do que as incandescentes.

A Associação Brasileira de Fabricantes e Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI, 2019) divulgou em maio uma tabela de equivalência entre a lâmpada incandescente e as outras duas mais populares no mercado para sanar dúvidas dos compradores sobre o rendimento e viabilidade dos produtos. As lâmpadas eletrônicas ou fluorescentes, propiciam uma maior economia de energia, tendo um rendimento cerca de

75% melhor em comparação com as incandescentes, enquanto as luminárias de *LED* (7 Watts) apresentam maior economia e rendimento, economizando até de 90% em relação às incandescentes e sendo mais eficientes que às lâmpadas fluorescentes. Outras lâmpadas existentes no mercado são as de vapor de mercúrio/sódio de alta pressão, majoritariamente utilizada em indústrias, e de halogênio, tendo eficácia luminosa até 60% melhor em comparação com as lâmpadas incandescentes (F. LIMA; RENATO, 2018).

Visando um maior controle da luminosidade, foi criado um dispositivo chamado *dimmer*, que regula linearmente, de forma manual ou digital, a luminosidade de lâmpadas alimentadas pelo mesmo tiristor de corrente alternada (TRIAC), o qual é um componente que controla o valor eficaz de tensão na carga, controlando assim, a energia consumida.

No presente projeto, o qual é um trabalho de conclusão de curso de nível médio técnico, foi desenvolvido uma *Smart Light* (Iluminação inteligente), buscando economizar energia e tempo de forma prática e parcialmente autônoma, por meio de um *SetPoint* (valor referencial) enviado pelo usuário diretamente do seu *Smartphone*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema que seja capaz de controlar, linearmente, a luminosidade de um ambiente.

2.2 Objetivos Específicos

- Controlar a potência em uma lâmpada através do módulo *dimmer*;
- Atualizar, através dos valores mensurados pelos sensores de luminosidade, o valor da potência na lâmpada;
- Aplicar conhecimentos adquiridos no curso Técnico de Automação Industrial para o desenvolvimento de um protótipo.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para o desenvolvimento do presente projeto, aplicou-se alguns conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Análise de Circuitos (conceitos básicos e principais da elétrica); Programação (Arduino, por sua programação ser bastante semelhante a C, e seus vários módulos); Acionamentos Elétricos (conhecimento sobre dispositivos elétricos industriais); e Controle de Processos (conhecimento sobre controle de sistemas).

3.1 Descrição dos principais componentes utilizados na montagem

3.1.1 Arduino Uno

O Arduino (Figura 1) é uma plataforma de código aberto que contém um microcontrolador, a parte mais importante do protótipo. Nele são processadas todas as variáveis, analógicas ou digitais, de modo a controlar um determinado sistema, a partir de um código criado para a aplicação. Quanto à escolha do grupo pelo Arduino Uno, se deve ao número de canais de entrada e saída.

Figura 1 - Arduino UNO



Fonte: Arduino Store, 2019

3.1.2 Módulo LDR

LDR (Light Dependent Resistor) ou fotoresistor é um sensor que varia sua resistência em função da luz incidida nele. O módulo *LDR* (Figura 2) é uma fotoresistência propriamente feita para ser utilizada junto ao Arduino.

Figura 2 - Módulo LDR



Fonte: Amazon, 2019

3.1.3 Módulo Dimmer

Dimmer (Figura 3) é um dispositivo, no caso do módulo para Arduino um periférico, que varia gradativa e linearmente o valor de tensão aplicado em uma lâmpada em série com o circuito, diminuindo ou aumentando o potencial da lâmpada e a energia consumida. Especificamente, o módulo utilizado possui um pino de controle ZC (*Zero Cross*), que envia um sinal de nível lógico alto (5V) para o microcontrolador sempre que a corrente alterna seu sentido. Com base nesta função ZC, é utilizado a função DIM, que trabalha interrompendo o fornecimento de corrente alternada ao circuito em um determinado espaço de tempo de meio período da onda senoidal. Esse tempo tem relação direta com a onda de corrente residencial, já que, em geral, operam na frequência de 60Hz.

A entrada AC In, conforme é possível ver na figura 3, é o pino onde se liga a sua fonte de energia, nesse caso sendo uma tensão residencial.

A conexão AC Load é onde se conecta as cargas, nesse caso sendo lâmpadas halógenas.

No outro lado do módulo, se encontram os pinos de alimentação GND e VCC, assim como os pinos para a função *Zero Cross* (ZC) e a função DIM.

Figura 3 - Módulo dimmer



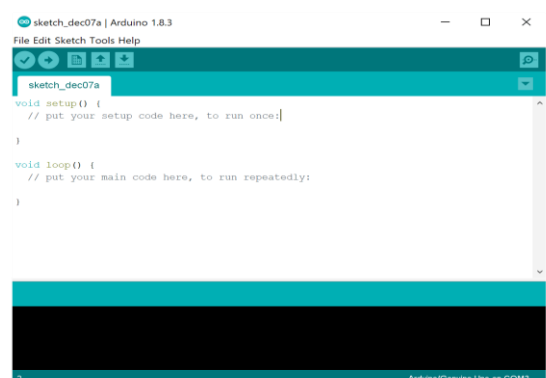
Fonte: Usinainfo, 2019

3.2 Softwares

3.2.1 Arduino IDE

Arduino IDE (Figura 4) é a plataforma principal para se desenvolver códigos de controle capazes de serem lidos pela placa Arduino. Foi feita com a intenção de facilitar a construção de um código e o *upload* do mesmo à placa. A linguagem utilizada pelo programa é baseada em C/C++, conforme informação do FAQ disponível no próprio site dos criadores do Arduino.

Figura 4 - Arduino IDE.

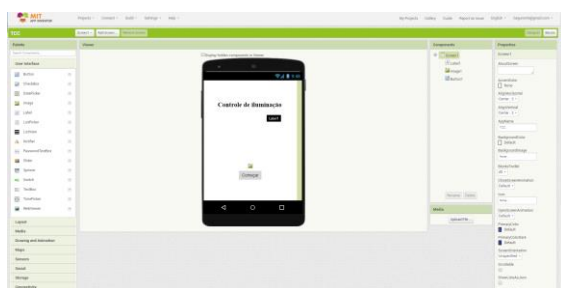


Fonte: support.office.com, 2019

3.2.2 MIT App Inventor

Massachusetts Institute of Technology App Inventor (MIT APP Inventor), visto na figura 5, é uma plataforma intuitiva e visual, utilizando a linguagem de programação em blocos, usada para desenvolvimento de aplicativos capazes de serem controlados pelo sistema operacional de celulares Android.

Figura 5 - MIT App Inventor



Fonte: Do autor

4 METODOLOGIA

4.1 Ideia inicial

A ideia inicial deste trabalho era a construção de uma simples maquete e circuito capazes de controlar a luminosidade de duas lâmpadas halógenas.

4.2 Primeiro teste com o módulo LDR

Primeiramente, foi necessário entender como o módulo LDR funciona. Para esta finalidade, foi feito o primeiro código, anexado ao Apêndice A, para entender como é controlada a luminosidade quando recebida pelo módulo *LDR* e lida pelo Arduino. Usando a porta analógica do Arduino (0 a 1023), foi compreendido como é o método operacional deste módulo, constatando que quanto mais

alto o valor lido pelo arduino, menor a luminosidade do ambiente.

4.3 Construção da estrutura Física

Para a construção da parte física do projeto, foi usado isopor com vinte milímetros de espessura como o principal material da maquete da casa (Figura 6), a qual possui (base e paredes), dimensionado com um comprimento de 1,60m de largura. A casa foi projetada com dois andares, sendo o segundo andar dividido em dois blocos. Além do isopor, foram utilizados também papelão, que foi moldado para adequação do telhado. Outros materiais que serviram para decoração da casa foram: grama artificial, papel colorset (cobertura das paredes e confecções das janelas), pedras e flores artificiais.

A Figura 6 mostra a primeira casa construída.

Figura 6 - Primeira Casa



Fonte: Do Autor

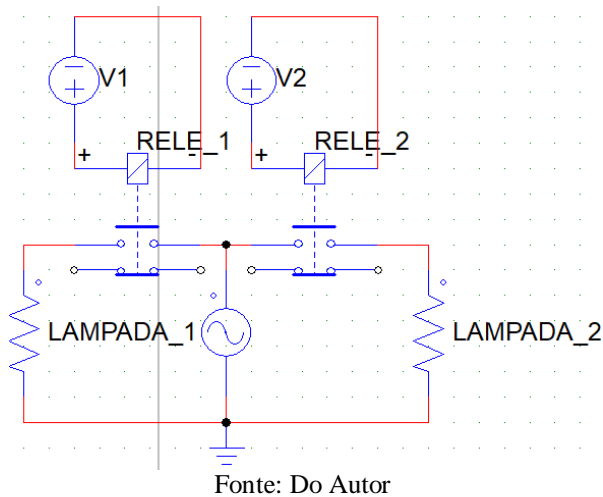
4.4 Construção do primeiro circuito

Após a confecção da maquete, iniciou-se a construção do primeiro circuito (Figura

7), sendo utilizado o módulo relé, o módulo *LDR*, o Arduino e tensão residencial para alimentação das lâmpadas.

A figura 7 mostra a representação do circuito no software *PSIM*, onde as resistências representam as lâmpadas, a fonte alternada a rede elétrica e as fontes contínuas V1 e V2 o sinal de controle enviado pelos pinos digitais 2 e 3 do Arduino.

Figura 7 - 1º circuito no PSIM



4.5 Reconstrução da estrutura física

Durante o desenvolvimento do protótipo (Figura 8), observou-se que o tamanho da maquete deveria ser reduzido para facilitar o deslocamento, a realização dos testes e para atender os requisitos mínimos para o projeto. Alguns materiais que haviam sido utilizados na primeira maquete foram reaproveitados. Sendo assim, o material do telhado foi alterado (tendo sido utilizado isopor coberto por palitos de picolé em substituição ao papelão). A estrutura final da casa ficou com apenas um andar, tendo dois

blocos divididos ao meio por uma parede, contendo uma lâmpada em cada bloco. A dimensão da casa foi de 0,4m de largura, 0,37m de comprimento, 0,32m de altura e um andar.

Figura 8 - Segunda Casa



Fonte: Do Autor

4.6 Reconstrução do primeiro circuito

Seguindo a reconstrução da casa, foi feito também a reconstrução do primeiro circuito, utilizando o mesmo módulo *LDR*, substituindo o módulo relé pelo módulo *dimmer* conforme o circuito apresentado na Figura 9 e seguindo a lógica apresentada no fluxograma da Figura 10.

Figura 9 - Simulação do circuito no PSIM

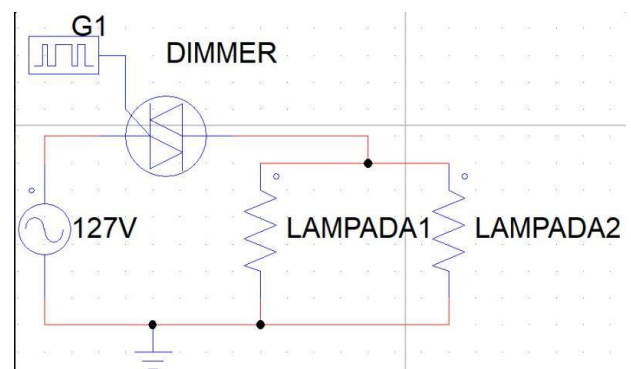
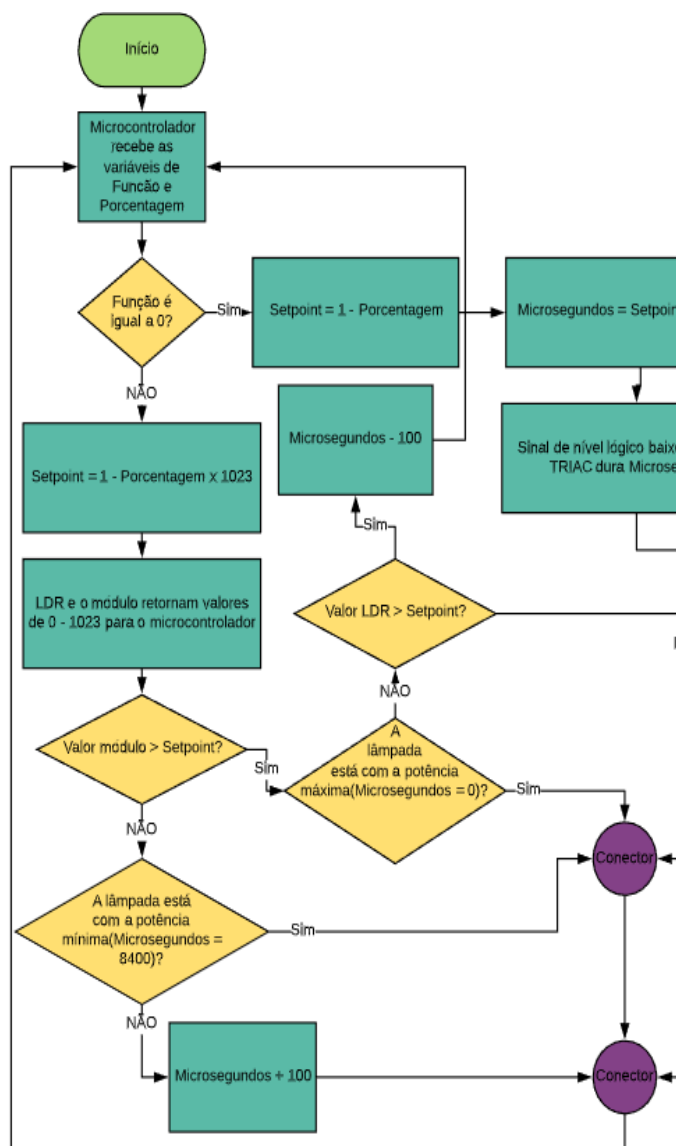


Figura 10 - Fluxograma do segundo circuito



Fonte: Do Autor

4.7 Aplicativo

Após elaboração do circuito final e a maquete final, foi necessário criar uma forma do usuário interagir com a programação. No presente trabalho, optou-se pelo desenvolvimento de um aplicativo, onde o usuário tem a opção de escolher como o circuito irá funcionar. O funcionamento do aplicativo será abordado no tópico 5.4.

5 RESULTADOS

5.1 Discussão dos resultados

O projeto funcionou da forma esperada, sendo possível o controle linear da luminosidade das lâmpadas halógenas.

5.2 Funcionamento do primeiro circuito

Depois da elaboração do primeiro circuito e a primeira maquete, foi testado o funcionamento durante a Feira de Ciências do IFMG. Foi constatado na oportunidade que seria necessária a implementação de um segundo *LDR* ou, utilizando somente um *LDR*, trocar a sua posição para que não fosse afetada pela luz da lâmpada, já que, com a luz do sol e a luz da lâmpada sendo lidas pelo *LDR*, o dispositivo ligava e desligava continuamente.

5.3 Teste do dimmer

Feito a construção do circuito final, era necessário entender como funciona o dimmer. Foi feito um código com o intuito de entender como a função *Zero Cross* (ZC) opera e também como opera a função DIM. As funções se comportaram como esperado, a função ZC detectando corretamente a alteração de sentido da onda e a função DIM interrompendo corretamente o fornecimento de corrente ao circuito.

5.4 Funcionamento do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido utilizando programação de blocos, funcionando da seguinte forma: o usuário enviaria uma variável para o Arduino e essa

variável seria a escolha de modo de operação do circuito. Feito isso, o usuário, dependendo de sua escolha de modo, poderia configurar outras variáveis para controlar a luminosidade das lâmpadas.

Sendo escolhido o modo de operação automático, as variações de luminosidade das lâmpadas são as que foram criadas pelo grupo, com 4 opções: escuro; meio-escuro; meio-claro e claro.

Sendo escolhido o modo manual de operação, as variações de luminosidade da lâmpada seriam controladas pela porcentagem que o usuário escolheria pelo aplicativo através de um *slider*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusão

O projeto se mostrou uma alternativa muito interessante para o controle da iluminação residencial em prol da redução de consumo com a energia elétrica. Além disso, proporcionou um enriquecimento de conhecimentos sobre a área de automação industrial a partir de estudos feitos durante a realização do trabalho.

6.2 Propostas de continuidade

Algumas possibilidades para trabalhos futuros são:

- Implementar o sistema manual por meio de uma página web ao invés de um aplicativo;

- Implementar o sistema em outras partes da residência e centralizar o controle;
- Utilizar uma lâmpada de *LED* dimerizável para aumentar a economia;
- Implementar uma comunicação entre o sistema para informar o usuário se a lâmpada está queimada, comparando os dois valores de luminosidade dos dois sensores;
- Visualização da energia consumida e o percentual de energia economizada para o usuário do sistema.

REFERÊNCIAS

AUTOMACAOIFSRG, **Controle de luminosidade com LDR + RGB**. Disponível em:

<<https://automacaoifrsrg.wordpress.com/pag-e/7/>> Acesso em: 20 abr 2019

CONSUMIDORMODERNO, **Apague a luz, a energia elétrica (também) corre risco**. Disponível em:<<https://www.consumidormoderno.com.br/2015/02/24/apague-a-luz-a-energia-eletrica-tambem-corre-risco/>> Acesso em: 19 mar 2019

CAMPOS AUGUSTO, **Arduino e dimmer com Triac:criando um amanhecer artificial.** Disponível em: <<https://br-arduino.org/2016/03/arduino-triac-dimmer.html>> Acesso em: 23 jul 2019

BRAGA NEWTON, **Lâmpadas eletrônicas e Dimmer.** Disponível em:<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/duvidas-dos-internautas/960-lampadas-eletronicas-e-dimmer-duv019.html>> Acesso em: 25 jul 2019

BAÚ DA ELETRÔNICA, **Tabela de equivalência de lâmpadas de LED.** Disponível em:<<http://baudaeletronica.blogspot.com/2015/03/tabela-de-equivalencia-de-lampadas-led.html?m=1>> Acesso em: 21 abr 2019

CEPA, **Lâmpadas.** Disponível:<<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo6A/tipolamp.htm>> Acesso em: 25 mar 2019

FIRJAN, **Energia Elétrica.** Disponível em:<<https://www.firjan.com.br/firjan/empresas/competitividade-empresarial/temas-em-destaque/energiaeletrica/custo/default-7.htm>>

CULTURAMIX, **Iluminação Inteligente:O que é e como funciona.** Disponível em:<<https://meioambiente.culturamix.com/noticias/iluminacao-inteligente-o-que-e-e-como-funcion>>

APÊNDICES

APÊNDICE A - TESTE DA LEITURA DE LUMINOSIDADE LDR

// teste para ler a luminosidade

void setup() { //Setando os pinos do arduino

pinMode(A5, INPUT);

pinMode(A4, INPUT);

Serial.begin(9600); //inicia o serial

}

void loop() {

float LDR = analogRead(A4);

float MOD = analogRead(A5);

Serial.println(LDR); //Leitura do nosso próprio módulo LDR.

*Serial.println(MOD); // escrever no serial para ser possível ver o que o módulo LDR
está lendo.*

delay(3000);

}

APÊNDICE B - CÓDIGO DO PRIMEIRO CIRCUITO

// Programação do primeiro circuito

void setup() //Setando os pinos do arduino

{

pinMode(A5, INPUT);

pinMode(10, OUTPUT);

```

    pinMode(11, OUTPUT);

    Serial.begin(9600);

}

void loop()
{
    int val = analogRead(A5);

    Serial.println(val);

    if(val<1023 && val>310)// Faixa de luminosidade
    {
        digitalWrite(10, HIGH);
        digitalWrite(11, HIGH);
        delay(1000);
    }

    else if(val<310 && val>210)// Faixa de luminosidade
    {
        digitalWrite(10, LOW);
        digitalWrite(11, HIGH);
        delay(1000);
    }

    else if(val<210)// Faixa de luminosidade
    {
        digitalWrite(10, LOW);
        digitalWrite(11, LOW);
        delay(1000);
    }
}

```



```
}  
}
```

APÊNDICE C - CÓDIGO DO CIRCUITO FINAL

```
// Programação do circuito refeito.
```

```
#define zc 2
```

```
#define dimmer 5
```

```
int funcao = 0;
```

```
volatile float p = 0;
```

```
float p2 = 0;
```

```
float LDR = A4;
```

```
float MOD = A5;
```

```
float setpoint = 0;
```

```
volatile float valmod = 0;
```

```
volatile float valldr = 0;
```

```
void zeroCross(){
```

```
    if(p < 0) p = 0;
```

```
    if(p > 0.96) p = 0.96;
```

```
    long t1 = 8200L * (1L - p);
```

```
    delayMicroseconds(t1);
```

```
    digitalWrite(dimmer, HIGH);
```

```
    delayMicroseconds(6);
```

```
    digitalWrite(dimmer, LOW);
```

```
}
```

```

void setup() {

  pinMode(zc,INPUT);

  pinMode(dimmer,OUTPUT);

  attachInterrupt(0, zeroCross, RISING);

  pinMode(LDR,INPUT);

  pinMode(MOD,INPUT);

  Serial.begin(9600);

}

void loop() {

  if(funcao == 0)p = 0;

  if(funcao != 0){

    while(setpoint != valldr && p != 0 or p != 0.96)

    {

      valmod = analogRead(A5);

      valldr = analogRead(A4);

      setpoint = 10;/(1023 - (p2 * 1023)) / 1023;

      if(valmod < (setpoint * 0.9))p = p - 0.02;

      if(valmod > (setpoint * 1.1) && valldr > (setpoint * 1.1))p = p + 0.02;

      delay(1000);

      Serial.println(valmod);

      Serial.println(valldr);

      Serial.println(p);

    }
  }
}

```

```

}

delay(100);

}

pinMode(zc,INPUT);

pinMode(dimmer,OUTPUT);

attachInterrupt(0, zeroCross, RISING);

pinMode(LDR,INPUT);

pinMode(MOD,INPUT);

}

void loop() {

funcao = 0;

if(funcao == 0){

setpoint = 1 - porcentagem;

ms = (setpoint * 8.4);

}

else{

setpoint = ((1 - porcentagem) * 1023);

if(analogRead(MOD) < (setpoint - 1023 * 0.05) && ms != 8.4) ms = ms + 1;

else if(analogRead(MOD) > (setpoint + 1023 * 0.05) && ms != 0) ms = ms - 1;

}

```

```
delay(1000);
```

```
}
```