

## SISTEMA DE RASTREAMENTO PARA PAINÉIS SOLARES NA CAPTAÇÃO DE ENERGIA

Bruno Foureaux Fabbis – [bruno.fabbis@alunos.unis.edu.br](mailto:bruno.fabbis@alunos.unis.edu.br)  
Estevão de Oliveira Conegundes – [estevão.oc@gmail.com.br](mailto:estevão.oc@gmail.com.br)  
Murilo Almeida Costa- Murilo - [almeida30@hotmail.com](mailto:almeida30@hotmail.com)  
Vitor Martins Vale Menezes - [vitorvmenezes@outlook.com](mailto:vitorvmenezes@outlook.com)  
Zarur Silvano - [zarurs@yahoo.com.br](mailto:zarurs@yahoo.com.br)

**RESUMO:** *Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Sistema de Rastreamento Solar aplicado a um painel com uso de sensores (LDR). Foi proposto um mecanismo de rastreamento junto ao painel solar, visando o acompanhamento do feixe de luz. Para avaliação desse sistema foi envolvido equipamentos de pequenas dimensões (escala reduzida) e equipamentos eletrônicos de baixa potência, facilitando assim o trabalho em bancada, para montagem e calibração. Com os resultados, verificou-se que o desenvolvimento com placa controladora Arduino possui várias aplicações reais e de ampla utilização. O funcionamento foi convincente, a planta se comportou bem aos comandos do Arduino. Ao final do trabalho foi realizada uma análise de proporção, evidenciando a utilização dos sensores (LDR), foram realizados testes com lanterna e luz ambiente, alcançando respectivamente aos feixes de luz.*

**Palavras-chave:** LDR Automação. Arduino. Microcontrolador.

### 1. INTRODUÇÃO

O sol é a estrela central do universo e através de sua energia, na forma de radiação, é possível a vida na Terra. Vivemos em um mundo onde existe uma grande demanda por energia elétrica e como consequência energias renováveis. As fontes de energia renovável ganham espaço, pois, a energia proveniente dos combustíveis fósseis vai acabar em algum momento, além de ser uma fonte energética poluente.

Uma das formas mais utilizadas para conversão de energia solar em energia elétrica é através de células fotovoltaicas. Contudo, um painel estático possui limites na captação de energia solar pelo fato de sua imobilidade. Visando isso, pensou-se em um painel que se movesse em direção à fonte com maior intensidade de luz, gerando assim mais energia

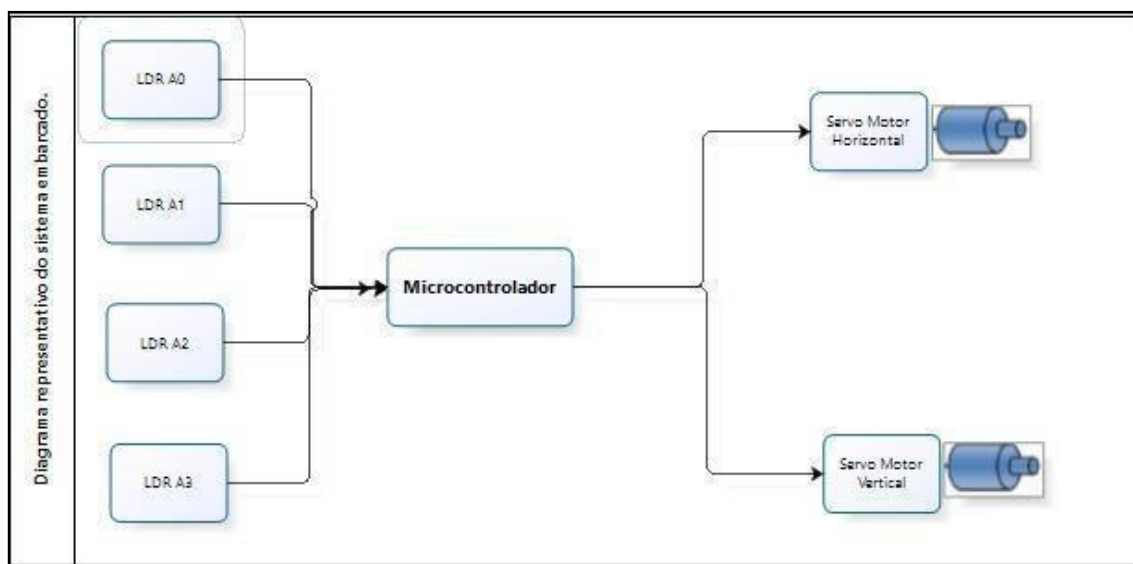
O objetivo deste trabalho é mostrar que é possível que a placa fotovoltaica mova-se, direcionando-se à fonte de maior intensidade de luz permanecendo com toda placa iluminada.

## 2. METODOLOGIA

De acordo Tardin et al (2013) apud Gil (1999), a metodologia é uma série de raciocínio. Foram realizadas pesquisas bibliográficas por meio de livros e internet, também foram consultados artigos científicos. Toda a elaboração do relatório técnico e construção do Protótipo foram realizadas entre o período de Setembro a Novembro de 2018. Toda coleta de dados para a estruturação do presente artigo ocorreramno período, entre 03 de Março a 31 de Maio de 2019. Para a execução do trabalho, foi feita inicialmente uma pesquisa bibliográfica, com o intuito de buscar referências de otimização na captação de luz.

O protótipo foi separado em duas etapas: sendo que a primeira o desenvolvimento da montagem eletrônica e a segunda do algoritmo. Segue Diagrama 1 que apresenta a ilustração do protótipo.

Figura 1: Diagrama de distribuição

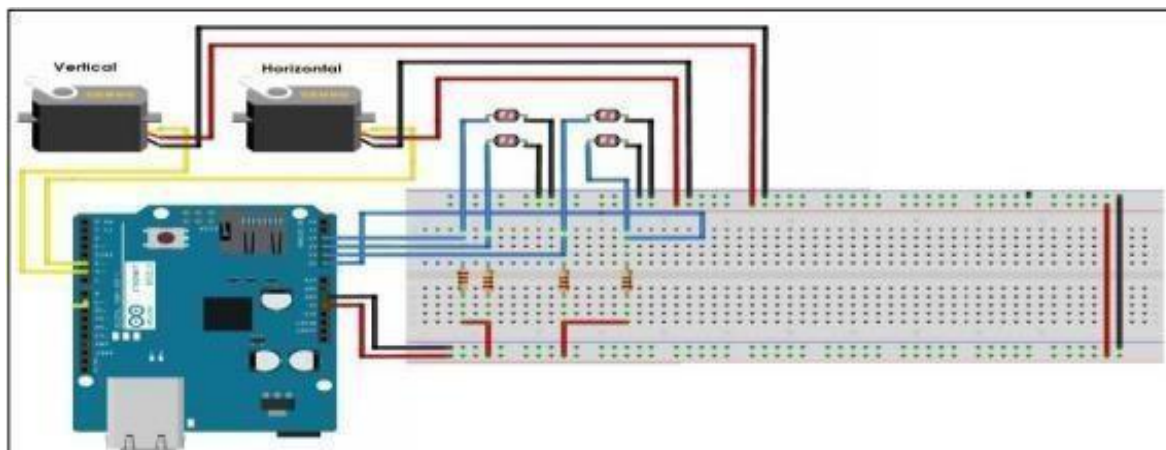


Fonte: Os Autores (2019)

Posteriormente, foi feita a elaboração do protótipo prático, sua construção física e integração entre suas diversas partes móveis, e o desenvolvimento de seu *software* embarcado apoiado na Lógica C++. Toda a programação do *Software* Arduino segue em ApêndiceI, a este artigo. Para elaboração do circuito, visando um melhor entendimento e

apoio na montagem, foi utilizado o *software* fritzing. Segue abaixo Figura 2, que representam circuito elaborado.

Figura 2: Circuito



Fonte: Os Autores (2019)

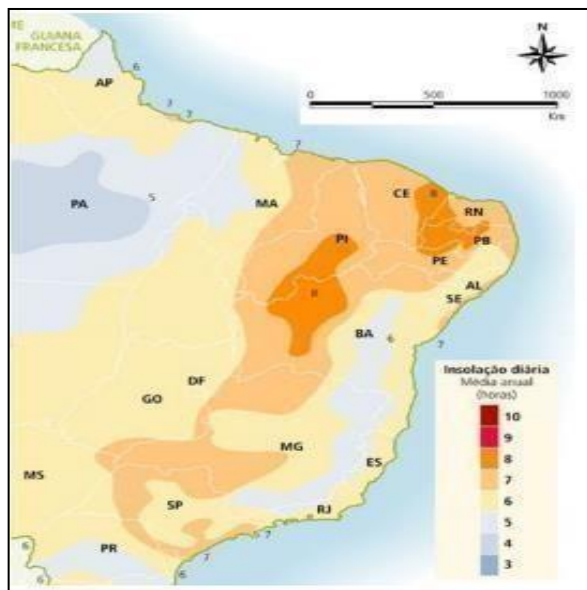
Para a validação do modelo experimental, foram executados diversos testes práticos com lanterna e também ao ar livre, para fins de visualização do acompanhamento do painel em todo ciclo de rotação da maior intensidade de luz.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Radiação Solar

Segundo Fontes et al (2014) apud CRESESB (1999) o aproveitamento mais utilizado para conversão da energia solar em elétrica é a partir das células fotovoltaicas. Isso por ser uma energia infinita, limpa e silenciosa. Uma problemática quanto a seu uso é a baixa eficiência na conversão da energia, no máximo 30% dos raios solares são transformados em energia elétrica. Uma forma de melhorar o aproveitamento da radiação solar deve ser ajustando à posição do painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local. Já na Região Nordeste que apresenta uma cor laranja (Figura 3) tem uma insolação média anual alta, sendo assim, viável a geração de energia solar.

Figura 3: Mapa Solarimétrico do Brasil, parte Região Nordeste



Fonte: Cresesb (2014)

Segundo Medeiros et al(2014 apud CRESESB, (1999), na Região Nordeste, que aponta uma cor laranja existe insolação média anual elevada, desta forma, acessível a geração de energia solar. A radiação solar atinge a superfície terrestre, necessário à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético Mundial.

Segundo Lima et al (2014) apud CRESESB, (1999) a Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) mostra uma aferição da radiação solar incidente no país, consequente da interpolação e extrapolação de dados alcançados em estações solarimétricas separadas em vários pontos do território nacional. Adequado, porém, ao número moderadamente reduzido de estações práticas e às variações climáticas locais e regionais, a Atlas de Irradiação Solar no Brasil faz estimativas de feixe solar a partir de expressões de satélites. Como pode ser validado, os supremos índices de radiação são observados na região Nordeste, com maior foco para o Vale do São Francisco. Uma forma de conseguir eficiência na captação de energia solar é através do movimento das placas, acompanhando o feixe de luz em todo seu ciclo.

### 3.2 Movimento de Rastreamento Solar

Segundo Alcântara (2008), o dispositivo empregado para rastreamento do sentido do painel, concentra a energia de forma que o painel esteja sempre voltado para o raio solar, para que haja uma maior incidência de raios perpendiculares a superfície do mesmo. A eficiência do sistema aumenta com a maior incidência dos raios solares são considerados parâmetros para o deslocamento: declividade terrestre, latitude, ângulo horário e dia do ano. Na maioria dos aplicativos de sistema ativos de seguimento, os sensores da placa de sombreamento são suficientes para determinar a posição solar através do sistema eletrônico. Com o emprego do LDR foi possível captar qualquer feixe de luz e tratar as informações obtidas com lógicas de comparações entre eles.

### 3.3 Fotoresistor (LDR)

De acordo com Wendling (2010) os LDR contêm uma face de sulfeto de cádmio (CdS) que tem sua resistência elétrica submetido da quantidade de luz incidente. O mesmo autor também relata da vantagem do uso do LDR como sensor fotoelétricos, destacando o fato de que eles podem trabalhar com correntes relativamente altas, sendo assim muito sensíveis, o que simplifica o projeto de seus circuitos. Segue abaixo figura 4, ilustrando o LDR utilizado:

Figura 4: LDR Resistor dependente de luz



Fonte: Wendling (2010)

No presente trabalho os LDR assumiram a função de captar luz e realizar uma comparação entre os 4, de forma que os mesmos busquem a maior intensidades de luz, toda a

lógica do programa foi realizada no microcontrolador Arduino.

### 3.4 Microcontrolador

Lana (2018) afirma que Arduino é uma plataforma de Hardware livre que possui um microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, sendo possível programa-lo em C/C++. O Arduino é amplamente utilizado para fazer protótipos, robótica, automação e aprendizado de eletrônica devido a facilidade de uso e custo.

De acordo com Hagan e Culkin (2018) Arduino é um computador simples, de pequena escala e com preço acessível que se concentra na interação como mundo externo, ou seja, permite obter informações do mundo externo com sensores que medem temperatura, níveis de luz e de som, ou mesmo as vibrações sobre os pés, convertendo essa medida em movimento, som, luz e muito mais. Abaixo segue figura 5, referente a placa utilizada no protótipo

Figura 5: Placa de Microcontrolador – Arduino



Fonte: Os Autores (2019)

O microcontrolador Arduino parte do conceito de *hardware* e *software* livre e está aberto para uso e contribuição de toda sociedade. A versão do hardware utilizado no Projeto é o Arduino Uno. Esta conta com 14 Pinos E/S digitais podem ser usados como saídas; 6 pinos entrada analógica e memória flash 32kb utilizadas no projeto

O Arduino também é responsável pelo controle do servo motor nas direções horizontais e verticais, que é uma máquina de sistema eletromecânico para controle de rastreamento que executa um movimento de acordo com o comando específico, verificando

sua atual posição pelo sol e chegando até o local desejado, diferentemente dos servomotores de rotação contínua.

### 3.5 Servomotor

Na concepção do autor, o servo motor é um pequeno motor DC acoplado através de um sistema de engrenagens a uma carga, sobre a qual fizemos o controle da posição. MAITELLI (1999). O servo utilizado apresenta um comprimento de 32,2mm, largura de 11,6mm e altura de 31mm. A figura 6 ilustra o servo motor vertical e horizontal para proporcionar a redução da velocidade: 0,12 seg/60Graus, a fim de fornecer um torque suficiente para a aplicação. É similar ao motor vertical e sua rotação de torque 4,8V.

Figura 6: Micro Servo 9g SG90



Fonte: Os Autores (2019)

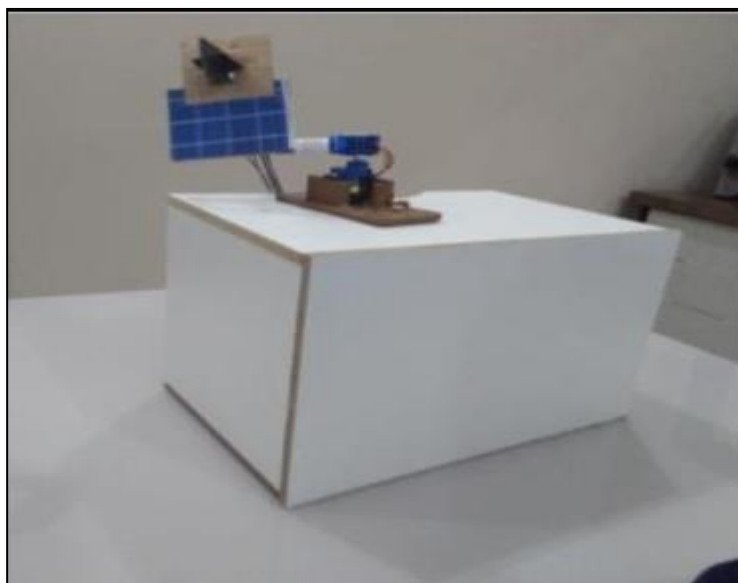
Após os componentes adquiridos e posicionados em seus devidos lugares, tivemos um resultado satisfatório, resultando a uma sustentável e com todos os componentes bem destruídos em suas devidas funções.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 7 ilustra o dispositivo de bancada desenvolvido, os principais componentes utilizados (LDRs, Arduino e servomotor). Para proporcionar sustentação ao sistema usa-se: uma caixa de MDF (Madeira de Fundo) e cavilha para a confecção dos eixos. Este material foi escolhido devido sua grande facilidade de manipulação para furos e montagens, necessitando apenas de furos e parafusos. O dispositivo apresentou alto nível de estabilidade

suportando o peso do painel fotovoltaico. Contudo as dimensões finais são: comprimento de 250mm e altura de 150mm.

Figura 7: Protótipo Montado



Fonte: Os Autores (2019)

A distribuição dos LDRs obedece uma certa lógica; estão da seguinte maneira: 2 LDRs identificados como superiores (direito e esquerdo), e dois inferiores (também direitoeesquerdo). Quando o bastão é endireitado para o sol ou o ponto mais brilhante os dados gerados pelos quatro LDR são enviados para o Arduino onde serão tratados numa lógica que fará o protótipo se posicionar onde todos os LDR recebem a mesma quantidade de luz. Para ficar claro, foi considerado duas situações:

**Situação 1: Luz na parte superior.**

A planta proporciona sombra na parte inferior, e os servos atuarão de forma a elevar à base onde estão dispostos os LDR que simula o funcionamento da futura placa Solar.

**Situação 2: Luz na parte inferior.**

A planta proporciona sombra na parte superior, e os servos atuarão de forma a abaixar a base onde estão dispostos os LDRs que simula o funcionamento da futura placa solar.

A Lógica é mesma para qualquer possível situação.

Como resultado atingiu-se o controle de posição em torno dos dois eixos, mas, pela



limitação do próprio equipamento atuador (servo) em girar apenas 180°, e também pelo fato de não ser os melhores LDR disponíveis no mercado, alguns movimentos da planta ficaram limitados, apesar de saber em qual posição se captura a maior incidência de luz, contudo, foram poucas as limitações. Fora isso, o funcionamento foi convincente e a planta se comportou bem aos comandos do Arduino.

## 5. CONCLUSÃO

Com base no estudo e na montagem realizada foi possível montar os componentes na devida placa, e o suporte que irá movimentar os LDR e desenvolver o algoritmo que permita que os LDR se movimente de acordo com o ponto de captação de maior incidência de luz. Verificou-se que o desenvolvimento com placa controladora Arduino possui várias aplicações reais e de ampla utilização. Foi possível revisar conhecimentos interdisciplinares, agregando a ementa tradicional com as disciplinas técnicas do curso, aumentando assim a assimilação dos conceitos e desenvolvimento prático.

Todo o sistema apresenta similaridades ao processo real e, por isso, é algo promissor no âmbito da automação. Portanto, de um modo geral, vão existir muitos gargalos na aplicação do protótipo em um projeto real, passando a abrir um leque de possibilidades para a automação, gerando um grande desafio em uma aplicação de grande escala. O funcionamento foi convincente, a planta se comportou bem aos comandos do Arduino e, por isso, pretendemos dar continuidade, visando um estudo relacionado à aplicação com equipamentos de grande escala do ramo de energia solar.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCÂNTARA, S. M. F (2008). Análise do Desempenho de um Painel Fotovoltaico de Baixa Tensão Acoplado a um Conversor DC-DC: Topologia Booster. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/pt/wp-content/anais/conem/2010/PDF/CON10-1655.pdf>. Acesso em: 08 de Maio de 2019.

FONTES ET AL (2014) APUD CRESESB (1999) Use of Automated Systems to Optimize Energy capture in solar panels. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/mathematicalproceedings/cnmai2014/0006.pdf>. Acesso em: 24 de Maio de 2019.

HAGAN e CULKIN (2018). Aprenda Eletrônica com Arduino. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=fxZSDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=arduino&hl=pt-BR&sa#v=onepage&q=arduino&f=false>. Acesso em 05 de Maio de 2019.

KALOGIROU (2017). Engenharia de Energia Solar. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=\\_q44DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=energia+so](https://books.google.com.br/books?id=_q44DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=energia+so)

- lar&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwinvM  
QnsHiAhWUhrkGHTeID18Q6AEILTAB#v=onepage&q&f=false. Acesso em 01 de Maio de 2019.
- LANA (2018). Projetos Maker. Disponível em:  
<https://books.google.com.br/books?id=xh50DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=arduino&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwjL6eju8cDiAhWPCrkGHWOcCHU4ChDoAQheMAk#v=onepage&q=arduino&f=false>. Acesso em: 04 de Maio de 2019.
- LANA (2018). Projetos Maker. Disponível em:  
<https://books.google.com.br/books?id=xh50DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=arduino&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwjL6eju8cDiAhWPCrkGHWOcCHU4ChDoAQheMAk#v=onepage&q=arduino&f=false>. Acesso em: 04 de Maio de 2019.
- LIMA ET AL (2014) APUD CRESESB, (1999) Use of Automated Systems to Optimize Energy capture in solar panels. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/mathematicalproceedings/cnmai2014/0006.pdf>. Acesso em: 24 de Maio de 2019.
- LÓCIO F (2010). Fluxograma 10/04/2010 Disponível em <<http://www.scribd.com/doc/36162383/osm1-fluxograma>> Acesso em 24 de Maio de 2019.
- MAITELLI (1999). Um Esquema de Neurocontrole com Treinamento em Tempo Real Aplicado ao Posicionamento de um Servomotor. Disponível em:  
[https://fei.edu.br/sbai/SBAI1999/ARTIGOS/IV\\_SBAI\\_12.pdf](https://fei.edu.br/sbai/SBAI1999/ARTIGOS/IV_SBAI_12.pdf). Acesso em: 24 de Maio de 2019.
- MEDEIROS et al DANTAS (2014), apud CRESESB (1999). Use of Automated Systems to Optimize Energy capture in solar panels. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/mathematicalproceedings/cnmai2014/0006.pdf>. Acesso em: 24 de Maio de 2019.
- OLIVEIRA, J. W. (2009) Sistema de Informação. Disponível em:  
<<https://xa.yimg.com/kq/groups/22755187/1481008806/name/Proc.Neg.Atividade.pdf>. > Acesso em 24 de Maio de 2019.
- REN21,(2011).renewables 2011 globalstatusreport.Disponível em:  
[http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2011\\_FINAL.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2011_FINAL.pdf). Acesso em: 01 de Maio de 2019.
- TARDIN et al (2013) apud GIL (1999), XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Enegep. 2013 > Acesso em 24 de Maio de 2019.
- WENDLING (2010), Sensores, Disponível em: <https://paulocrgomes.com.br/wp-content/uploads/2018/11/sensores.pdf>. Acesso em 22 de Maio de 2019

## APÊNDICE I - Código para programar a placa de Arduíno.

```
#include <Servo.h> // include Servo library
Servo horizontal; // horizontal servo
int servoh=0; // suporte horizontal

//

Servo vertical; // vertical servo
int servov=0; // suporte vertical
int ldr1 = A1; //LDR superior esquerdo
int ldr2 = A0; //LDR superior direito
int ldr3 = A3; //LDR inferior esquerdo
int ldr4 = A2; //LDR inferior direito
void setup()

{

Serial.begin(250000); //250000 horizontal.attach(5); vertical.attach(6);
}

void loop()
```

```
{  
  
intlumSE = analogRead(ldrLt); // luminosidade superior esquerda intlumSD = analogRead(ldrRt); // luminosidade  
superior direita intlumIE = analogRead(ldrId); // luminosidade inferior esquerda  
intlumID = analogRead(ldrRd); // luminosidade inferior direita inttolerancia = 40;  
int SSS = (lumSE + lumSD) / 2; // media das leituras superiores int III = (lumIE + lumID) / 2; // media das leituras  
inferiores  
int SIE = (lumSE + lumIE) / 2; // media das leituras superior e inferior esquerdo int SID = (lumSD + lumID) / 2; //  
media das leituras superior e inferior direito interroVertical = SSS - III; // base para atuação do servo da vertical  
interroHorizontal = SIE - SID; // base para a atuação do servo da horizontal if (abs(erroVertical) > tolerancia)  
{  
if (SSS > III) {  
  
servov =  
  
++servov; if (servov > 180) {  
servov = 180;  
  
}  
  
}  
  
else if (SSS < III)  
{ servov = --servov; if  
  
(servov < 0) {  
  
servov = 0;  
  
}  
  
}  
  
vertical.write(servov);  
  
}  
if (abs(erroHorizontal) > tolerancia) // Verifica se a diferença nao esta dentro da tolerancia  
{  
  
//if (SIE  
  
>SID) if (SIE  
  
<SID)  
  
{  
  
servoh = --servoh; if (servoh < 0) { servoh = 0;  
}  
  
}  
  
}
```

```
else if (SIE >SID){//(SIE < SID) {

servoh =

++servoh; if (servoh> 180) {
servoh = 180;

}

}

else if (SIE == SID) {

// nothing to do

}

horizontal.write(servoh); delay(20);
}

//Data enviada para o sistema supervisorio Serial.print("Estado dos sensores:");
Serial.print("
Serial.print(" LDR conectado na porta A0: "); Serial.print(analogRead(A0)); "
Serial.print(" ");
Serial.print(" LDR conectado na porta A1: ");
Serial.print(analogRead(A1));
Serial.print(" ");
Serial.print(" LDR conectado na porta A2: ");
Serial.print(analogRead(A2));
Serial.print(" ");
Serial.print(" LDR conectado na porta A3: ");
Serial.print(analogRead(A3));
Serial.print(" ");
Serial.print("Estado dos Atuadores:");
Serial.print(" ");
Serial.print(" Angulação do servo da Horizontal: ");
Serial.print(servoh);
Serial.print(" ");

Serial.print(" Angulação do servo da Vertical: ");
Serial.println(servov);
```