

**E.E. SANTO DIAS DA SILVA**

**Seguidor Solar Utilizando a Plataforma Arduino**

Calil Vieira de Souza

Kelwin Fernandes

Mateus da Silva Evangelista

**São Paulo**

**2016**

**E.E. SANTO DIAS DA SILVA**

**Seguidor Solar Utilizando a Plataforma Arduino**

Trabalho elaborado por alunos da E.E. Santo Dias da Silva, visando à acessibilidade da energia proveniente de painéis solares, sob orientação do prof. Clayton Santos e co-orientação do prof. Luiz Tadeu Juvenal.

**São Paulo**

**2016**

## **Resumo do projeto**

Diante dos recentes problemas envolvendo a crise hídrica de São Paulo e a possibilidade de escassez de energia, propôs-se o desafio de utilizar uma energia sustentável em benefício da sociedade recorrendo a plataforma Arduino como base de projeto. Para este intento, a energia escolhida a ser utilizada foi a solar, porém essa energia sofre de pouca utilização em território nacional devido ao seu alto custo. Deste modo, foi decidido minimizar os custos dessa fonte e ampliar sua eficiência.

No decorrer do desenvolvimento do projeto, foram realizadas inúmeras pesquisas a fim de elucidar algumas questões que assolam o tema, energia solar ainda formas de resolução desse problema, como métodos de resolução. Para tanto, usou –se como base a plataforma Arduino que possibilita a prototipação de modelos robóticos.

A hipótese sugerida foi a de que era possível otimizar a captação de energia solar numa placa solar capaz de seguir o percurso do sol ao longo do dia. Para tanto, utilizamos sensores de luminosidade e uma placa solar que tem a capacidade de converter os raios solares em energia elétrica com uma plataforma de prototipagem eletrônica aberta baseada na criação de códigos utilizando a linguagem C. Isso nos possibilitou utilizar todos os nossos conhecimentos sobre programação e lógica desenvolvidas nesta pesquisa.

Desta forma, teve início a montagem de um protótipo com peças feitas exclusivamente para o Arduino, com esse intento posicionamos os sensores de luminosidade para que a luz pudesse ser percebida e a placa pudesse absorver o máximo de energia possível.

Ao final do projeto, criou-se um protótipo com base nos métodos escolhidos, de forma que obtivemos bons resultados e, assim, foi possível verificar que é possível otimizar significativamente a captação de energia em uma placa solar. O protótipo obteve os resultados esperados, contudo ainda acreditamos que são possíveis alguns melhoramentos e, portanto, a pesquisa apresenta potencial para que se dê continuidade a novos estudos.

## **Agradecimentos**

Agradecemos ao nosso orientador prof. Clayton Ferreira dos Santos e co-orientador prof. Luiz Tadeu Juvenal pelo incentivo, dedicação e preocupação em nos disponibilizar o melhor aparato para a elaboração do projeto.

Agradecemos também, a Escola Estadual Santo Dias da Silva pelo espaço e fundos financeiros cedidos para a aquisição dos materiais necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

## **Sumário**

1. Introdução .....	6
1.1 Objetivo .....	7
2. Revisão Bibliográfica .....	8
2.1 Robótica .....	8
2.2 Arduino .....	8
2.3 Linguagem C e C++ .....	9
2.3.1 Códigos e Linguagem de Programação.....	10
2.4 Estrutura do robô.....	10
2.4.1 Sensores .....	11
2.4.2 Atuadores .....	11
2.5 Energias Renováveis.....	12
2.5.1 Energia Solar.....	13
3. Materiais e Métodos .....	15
3.1 Materiais.....	15
3.1.1 Servo Motor .....	15
3.1.2 Painel Solar .....	16
3.1.2.1 Células Fotovoltaicas.....	16
3.1.3 Sensor de Luminosidade .....	17
3.1.4 Módulo Relé .....	18
3.1.5 Power Bank .....	19
3.2 Métodos.....	19
3.2.1 Hipótese de Pesquisa.....	19
3.2.2 Metodologia Científica .....	19
3.2.2.1 Tipos de Conhecimentos .....	21
3.2.2.2 Tipos de Ciência .....	21
4. Implementação do Projeto.....	22
4.1. Princípio do Seguidor Solar .....	22
4.2. Geometria Solar .....	22
4.3. Tipos de Seguidores solares .....	23

4.3.1. Seguidor solar de eixo único horizontal .....	23
4.3.2. Seguidor solar de eixo único vertical .....	23
4.3.3. Seguidor de eixo único .....	23
4.3.4. Seguidor de eixo único inclinado .....	24
4.4. Montagem dos servos .....	24
4.5. Montagem da Placa e dos Sensores de Luminosidade .....	24
4.6. Montagem Relé e Instalação de Lâmpadas.....	25
4.7. Criação do código.....	25
4.8. Controle de Carga .....	27
4.9. Construção do protótipo .....	27
4.10. Estimativa de Custo.....	28
4.11. Campo de Aplicação.....	29
4.11.1. Escassez no cenário Brasileiro .....	29
5. Testes .....	32
5.1. Teste da função seguidor .....	32
5.2. Teste com ambientação e luz artificial .....	32
5.3. Teste com ambientação e luz natural .....	33
5.4. Comparação com placa solar fixa.....	34
6. Resultados .....	36
7. Conclusão .....	36
8. Referências bibliográficas.....	38

## 1. Introdução

O trabalho desenvolvido tem como objetivos principais compreender o grande campo das energias sustentáveis, abordando mais especificamente o uso da energia solar. Para isso foi utilizada a placa Arduino que, segundo MORAES (2012, p. 25) é “uma ferramenta utilizada para a construção de protótipos eletrônicos, de forma simplificada possibilitando a utilização por quaisquer estudantes ou qualquer outra pessoa com pouco conhecimento em eletrônica”. Por meio desta foi possível aperfeiçoar a captação de energia solar em uma placa solar, de forma a torna-la mais acessível financeiramente para diversas classes sociais.

Para atender esses objetivos foi utilizado um viés que está cada vez mais presente em nosso cotidiano, o método científico. Este método tem como base um esquema pré-definido, colocando seu foco na sociedade e usando o em prol da mesma, procurando trazer melhorias para que se possa ter mais estabilidade. Assim destacamos o seu uso para solucionar questões. Para tanto, é necessário um problema, estabelecer uma hipótese para resolvê-lo, elencar matérias e métodos que serão usados e, por fim, seus testes e resoluções para que seja possível verificar se o problema foi resolvido e que futuramente esse não o será mais, nas mesmas condições propostas de estudo.

Será possível enxergar os diversos campos da ciência, tipos de conhecimentos, estruturas e afins que contribuem para esse método. E será notável que as variedades de ferramentas usadas tiveram uma enorme influência, desde ao pensamento do projeto, até sua finalização, contribuindo para que as pesquisas fossem elaboradas de uma maneira organizada e objetiva, desde a definição do problema inicial até sua conclusão. Estes métodos serão muito eficazes para que tudo seja documentado, analisado e comprovado a partir de testes, procurando a melhor resolução possível.

## **1.1 Objetivo**

Aperfeiçoar e tornar mais acessível à produção de eletricidade a partir da energia solar. Dessa forma, contribuir para promover o aumento e melhorar o desempenho da mesma, trazendo assim, benefícios à vida cotidiana, por meio de alternativas menos agressivas ao meio ambiente e, dessa maneira contribuir para uma melhor preservação ambiental. Para tanto, utilizamos a plataforma Arduino para a resolução do problema encontrado.



## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Robótica**

É um ramo da tecnologia voltada para a utilização de robôs, computadores fazendo com que partes mecânicas sejam automatizadas. Ela também está relacionada a outras disciplinas como engenharia mecânica, elétrica e, ainda, à inteligência artificial dando assim autonomia em seus projetos. Robôs são muito utilizados em fabricas em que há linhas de produções podendo fazer serviços que precise de maior força física ou melhor precisão.

### **2.2 Arduino**

É um micro controlador que foi desenvolvido na Itália por volta do ano de 2005 com o propósito de desenvolver projetos robóticos, e até mesmo autônomos. Teve como objetivo a fácil acessibilidade para quem desejasse criar projetos de baixo custo e simples compreensão e utilização, podendo ser estudado até mesmo por amadores. “O Arduino é uma plataforma de computação física de fonte aberta, com base em uma placa simples de entrada/saída (input/output, ou I/O)” (MAIA, 2012). Consiste numa montagem similar à de um computador, sendo que se este apresenta uma parte física, o Hardware, e uma parte lógica, o Software.

O Hardware é a parte externa, ou seja, a parte física, onde se toca, manuseia se. Essa parte física é composta por duas entradas de alimentação, sendo uma com ligação ao computador e outra com derivações de pilhas, baterias e afins. Sua tensão mínima é de cinco Volts e tem seu estopim aos 35 Volts. Para controlar e entrar em contato com o mundo externo através dos atuadores, tem se os pinos digitais e analógicos, onde os analógicos são ondas que variam em função do tempo, ou seja, passa por diversos valores intermediários possíveis, por exemplos: 00,18,05, entre outros. Sua representação é dada a partir de um símbolo em linha curva, que se entende como variações.

Visto que os pinos digitais são aqueles que variam entre zero e um, ou seja, ou está “ligado” (um) ou “desligado” (zero), sendo declarados por vários usuários como uma forma mais fácil de trabalhar, porém é restrito em relação a

alguns projetos que apresentam variações de valores diferentes de zero e um e, portanto, é necessário fazer uso de pinos analógicos, estes também encontrados no Arduino.

Por fim, existem os pinos de energia, nomeados de 5volts e GND, que tem como o objetivo transferir a energia do computador ou pilhas para o Arduino. O Pino 5volts (polo positivo) é a voltagem máxima estabelecida e fornecida pelo Arduino para os atuadores e componentes, gerando, então, uma capacidade máxima de cinco volts. O GND (polo negativo) é dado como o fio terra, que junto com o 5volts, tem a capacidade de fazer os componentes funcionarem.

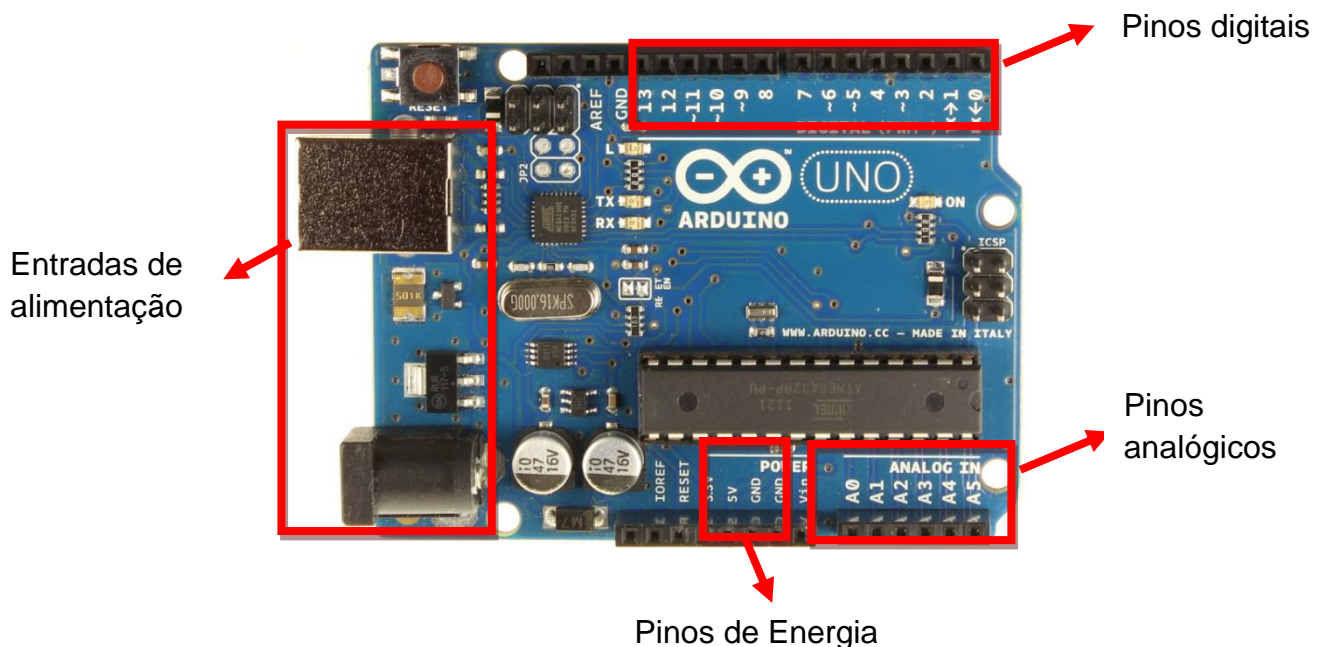


Figura 1: Arduino, FONTE:  
[https://www.google.com.br/search?q=arduino&espv=2&biw=1400&bih=920&site=webhp&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjKuKTH\\_ZbQAhUFHJAKHVGMCSIQ\\_AUIBygC#imgrc=dMmv2AFBQqOZ8M%3A](https://www.google.com.br/search?q=arduino&espv=2&biw=1400&bih=920&site=webhp&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjKuKTH_ZbQAhUFHJAKHVGMCSIQ_AUIBygC#imgrc=dMmv2AFBQqOZ8M%3A)

## 2.3 Linguagem C e C++

A parte de Software é a programação do mesmo, que é feita em C/C++ que é uma linguagem de programação compilada multiparadigma, tendo suporte incluindo a linguagem imperativa, orientada a objetivos e, genérica. É

considerada de médio nível, pois há a combinação de linguagens de alto e baixo nível, sendo uma linguagem bastante usada nas academias, tendo a junção da linguagem C.

### 2.3.1 Códigos e Linguagem de Programação

A estrutura de programação é simples, sendo dividida em três passos. O primeiro é a declaração de variáveis (reserva uma parte da memória e a nomeia, para que ao decorrer do código possa-se usar). Existem diversos tipos de variáveis com armazenamento diferentes, por exemplo: *Byte* capacidade de 8 bits e, *Int* de 16 Bits e assim por diante. O segundo é o *void setup ()*, cuja função é determinar se uma dada variável é uma entrada ou saída de energia através da escrita OUTPUT (saída) ou INPUT (entrada). Esta tem como papel a comunicação com a porta serial, ou seja, onde se fornece dados para exibição num monitor. E, por fim, *void loop ()* que é a “vida” do código, ou seja, é onde se determina a ação, declarando se o dado a ser trabalhado é analógico ou digital, determinando o que vai ser realizado, por quanto tempo e afins, através de funções, como *if*, *else*, *for*, *while* etc.

Segue, um código como exemplos para que um led ascenda:

```
int ledPin = 13; //led no pino 13

void setup(){

pinMode(ledPin, OUTPUT); //Pino do led será saída

}

void loop(){
digitalWrite (ledPin, HIGH); // manda o led acender
delay (1000); // durante 1000 milissegundos
digitalWrite (ledPin, LOW); // manda o led apagar
delay (1000); // durante 1000 milissegundos
}
```

## 2.4 Estrutura do robô

Um robô é composto por três partes fundamentais, que são: Sensores, Controle e Atuadores. Essas são as partes mínimas para a construção de um robô, desde um simples protótipo, até mesmo um dos mais avançados.

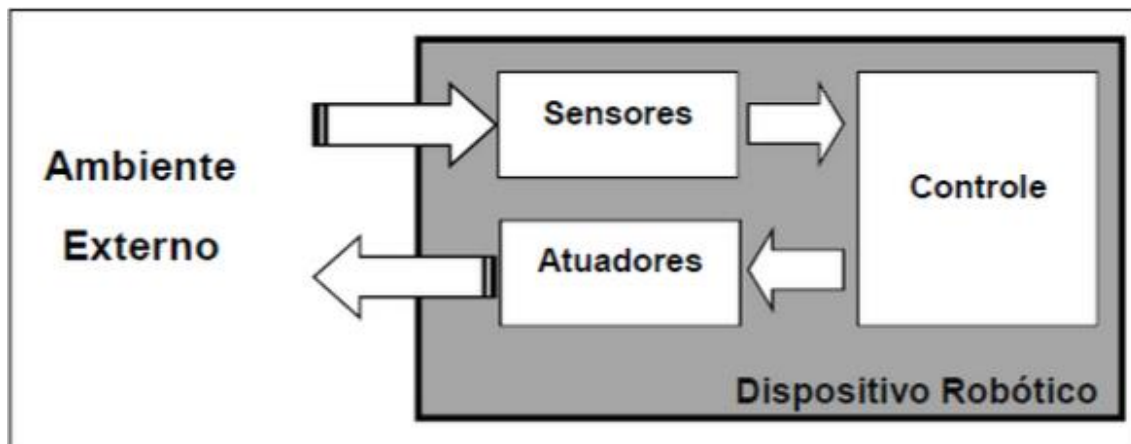


Figura 2: Estrutura básica de um robô. Fonte: (PISSARDINI, 2014, pg.37 ).

### 2.4.1 Sensores

Os sensores são objetos que captam informações do mundo real e “traduzem” para impulsos elétricos, são “dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada” (WENDLING, 2010). Dessa forma, o controlador entende a informação. Com o Arduino, o processo é o mesmo, obtendo também diversos sensores, como por exemplos: sensor de temperatura, sensor de luminosidade, sensor ultrassom, sensor de som, sensor de toque etc.

### 2.4.2 Atuadores

São aqueles que têm como papel agir no mundo real através ações na estrutura física criada, como por exemplo, movimentação de uma parte física de uma estrutura robótica. A ação que será realizada pelos atuadores passa por diversos processos, sendo que dados obtidos pelos sensores são convertidos em corrente elétrica para que o controlador possa entender uma determinada informação, de forma a determinar a ação escrita pelo programador, sendo esta ação realizada no atuador.

### **2.4.3 Controle**

Em uma estrutura robótica o controle é a parte na qual são assimiladas as funções a serem feitas utilizando as entradas e saídas. O controle definirá o que cada componente dentro de seu dispositivo deve fazer, é a parte de processamento do código e comando das peças. Nele é que definimos como os sensores interferem na posição dos atuadores ou vice-versa.

## **2.5 Energias Renováveis**

As energias renováveis têm suas bases em recursos que não se esgotam, ou seja, recursos naturais que se renovam constantemente, mesmo depois de serem convertidos em energia elétrica, dentre eles estão, a radiação solar, os ventos, o calor geotérmico e afins.

Fontes renováveis são formas de produção de energia capazes de se manterem em uso por um longo período, contando com recursos provenientes da natureza que se auto mantém, se regeneram, ou que são ativos permanentemente, como o sol, em outras palavras, energias sustentáveis são energias que aproveitam recursos não esgotáveis. Esse tipo de energia permitiria a exclusão ou diminuição da utilização de combustíveis fósseis, como gás natural para gerar eletricidade. Além de diminuir os danos causados por estes ao planeta, ainda permitem uma evolução econômica.

Atualmente há diferentes tipos de fontes de energia renovável, dentre elas estão a energia solar, que é basicamente o aproveitamento da energia proveniente do sol, seja o calor ou radiação; energia eólica, que utiliza a força dos ventos para a produção de energia elétrica; energia geotérmica, que utiliza o calor proveniente do centro da terra. Além dessas três ainda existem as energias, hídricas, de biomassa e de ondas e marés.

Um dos fatores para a utilização dessas energias é que ao contrário de combustíveis não renováveis, como os de origem fóssil, as energias sustentáveis são alternativas excelentes para um sistema energético, pois causam baixo impacto ambiental, um dos maiores problemas da atualidade, amenizando assim a degradação do meio ambiente. Soma-se a isso, o fato dessas energias serem boas alternativas para a economia familiar, pois cada família que possuir seus próprios painéis fotovoltaicos poderiam gerar a sua energia elétrica, o que já seria uma economia e em caso de fatura desta

energia, seria viável a comercialização do excedente, como já acontece na Alemanha, conforme noticiado no jornal Estadão, em matéria veiculada em 29/09/2013.

### **2.5.1 Energia Solar**

A energia solar é uma energia que polui menos o meio ambiente é uma das principais energias renováveis. Quase todas as fontes de energia são provenientes indiretamente da mesma, mas, além disso, a radiação solar pode ser usada diretamente como fonte de energia, aquecendo fluidos e ambientes com fim de gerar eletricidade ou energia mecânica. “A energia solar é uma energia abundante e de fácil acesso, pode ser aproveitada por toda a gente, tem a enorme vantagem de ser uma energia limpa e renovável”. (CORTEZ, 2013).

Este tipo de energia é muito útil, pois se manterá por bilhões de anos devido a existência do sol. Isso quer dizer que ela não tem fim, pelo menos durante nosso tempo de existência neste planeta. O sol existe todos os dias, e converter sua energia em energia elétrica é uma forma muito inteligente de sustentabilidade. A forma mais difundida de geração de energia solar é a energia elétrica por meio das placas fotovoltaicas. Porém, a obtenção de energia solar pode ser feita de muitas formas. A mais comum é pelo aproveitamento do calor proveniente do sol para aquecimento de fluidos, com o uso de coletores ou concentradores, geralmente usados em prédios residenciais e comerciais para o aquecimento da água com fins de uso para higiene, mas também são utilizados em temperaturas mais elevadas para a secagem de grãos e produção de vapor.

A conversão direta de energia solar em elétrica é feita por meio dos efeitos da radiação, sobre alguns materiais, especificamente semicondutores, sendo que entre esses se destacam os efeitos termoelétricos e fotovoltaicos. O primeiro funciona a partir da DDP (diferença de potencial elétrico), já o segundo, os fótons são convertidos em energia elétrica.

Algumas desvantagens da utilização de energia solar são sem dúvidas seu custo elevado e o armazenamento pouco eficiente. Um ponto de grande importância e de aspecto negativo é que as placas solares demandam uma grande extração de minérios, que em grande escala podem contribuir para políticas não sustentáveis, então é preciso uma política de controle para isso.

Além disso, há o fator da dependência climática, que implica que onde a energia solar for pouca, é preciso aproveitá-la ao máximo. Contudo, o Brasil é um país tropical e aproveitar essa condição privilegiada torna-se uma enorme vantagem.

Em suma, a energia solar possui muito mais vantagens do que desvantagens, dentre essas vantagens destacamos: o fato de ser renovável, não requerer nenhum tipo de adaptação em áreas de insolação, disponibilidade a qualquer momento do dia, pois é gerada a partir da luminosidade solar, emite poucos poluentes e não necessita de grandes áreas para obtenção dessa energia.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1 Materiais

#### 3.1.1 Servo Motor

Os servos são máquinas eletromecânicas de malha fechada, ou seja, recebem o sinal de um controle, que define a posição ao qual o servo deve se mover.

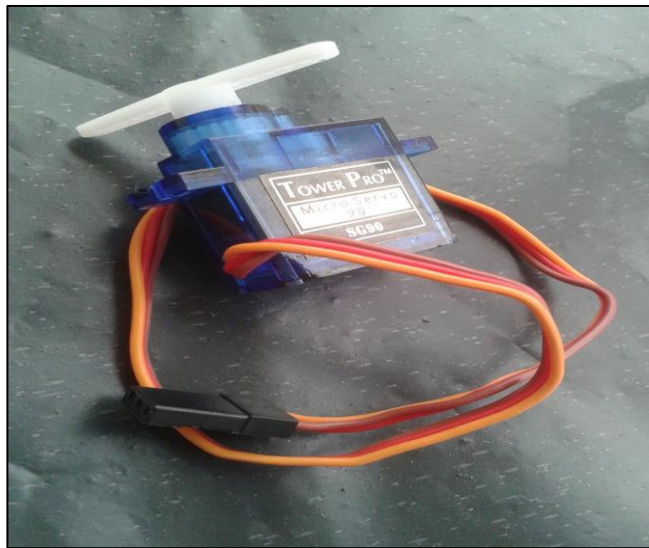


Figura 3: Servo Motor.

Os eixos do servo motor possuem liberdade de 180 graus ou 360 graus em alguns modelos, ao contrário dos motores contínuos, os servos são determinados em graus, ou seja, é possível escolher uma posição específica em sua rotação.

Esse mecanismo é constituído de três partes básicas: o **atuador**, sendo este constituído por um motor elétrico composto por um circuito de engrenagens que ajuda a amplificar o torque, e define a especificação de um servo motor e o **sensor**, sendo ele um potenciômetro solidário ao eixo do servo, de forma que o valor de sua resistência indica a angulação do motor. E por fim, o **circuito de controle**, formado por componentes eletrônicos discretos que acionam o motor.



### 3.1.2 Paine Solar

É uma placa composta por células solares feitas de materiais semicondutores como o silício. Essa é a famosa célula fotovoltaica, cujo funcionamento dá-se quando os fótons provenientes do sol incidem sobre ela, colidem com os seus átomos provocando deslocamento dos elétrons e, portanto, gerando uma corrente elétrica.

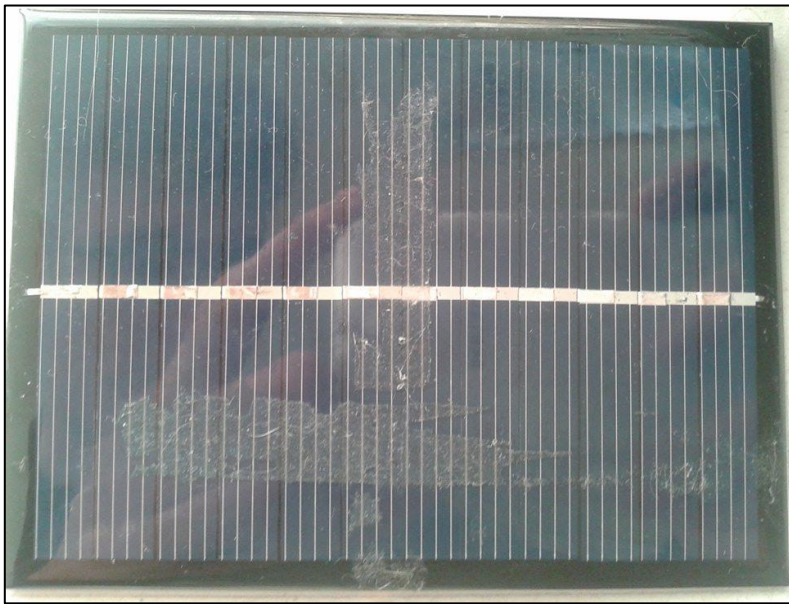


Figura 4: Paine Solar.

#### 3.1.2.1 Células Fotovoltaicas

Célula fotovoltaica é um aparelho que transforma a luz luminosa em energia através do efeito fotovoltaico. Esse efeito fotovoltaico é causado em um material quando se é colocado na luz solar, produzindo assim energia.

As células fotovoltaicas são materiais semicondutores, esses materiais quando expostos a luz são capazes de reagir a ela pelo efeito fotovoltaico. Um dos semicondutores utilizados em sua composição é o silício e, para apresentar uma maior eficiência são combinadas com o fósforo, devido suas características químicas.

O cristal de silício puro é um mal condutor por não possuir em sua composição elétrons livres. Para tornar o silício um material capaz de reagir aos efeitos de luz, um processo conhecido como dopagem é realizado, geralmente, com utilização fósforo, obtendo

assim um material com elétrons livres. A partir deste processo tem-se então um silício negativamente carregado, que será chamado de Silício do tipo N. (MORAES, 2012).

Neste mesmo processo onde se dopa o silício, é adicionado o elemento Boro, tendo assim um material inverso ao silício tipo N, que se chama silício tipo P.

Em sua construção é colocada uma camada fina do silício tipo N sobre uma espessa do silício do tipo P, como esses dois materiais são opostos ocorrerá uma neutralização formando um campo elétrico na junção de P-N.

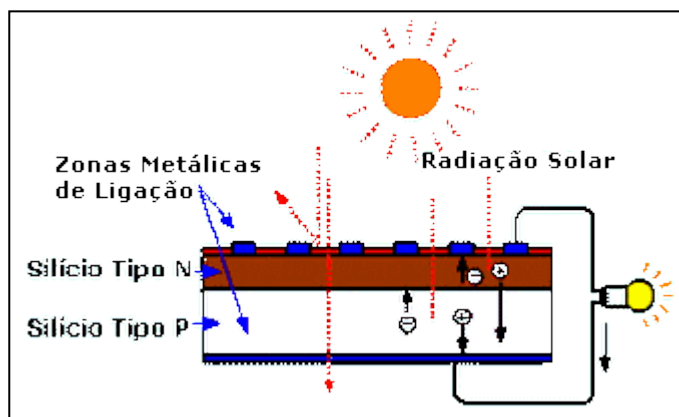


Figura 5: P-N, Fonte: <http://www.survivalcenter.com/solarequipment.html>

Os fótons produzidos por uma fonte de energia reagem sobre a célula fotovoltaica onde se colidem com os elétrons da estrutura do silício, onde irá transformar o material em um material condutor e produzindo energia.

Além das células fotovoltaicas feitas com cristais de silício há outros modelos feitos com outros materiais semicondutores.

### 3.1.3 Sensor de Luminosidade

Neste caso foi utilizado o sensor LDR, que é um tipo de resistor cuja resistência é inversamente proporcional à quantidade de luz que ele recebe. Este sensor recebe a energia luminosa que faz com que os elétrons se desloquem de camada de valência para mais longe do núcleo, diminuindo a resistência, e aumentando a energia.



Figura 6: Sensor de Luminosidade

### 3.1.4 Módulo Relé

O relé é um simples switch eletromecânico formado por um eletroímã e conjunto de contatos. Basicamente ele recebe um sinal de energia que faz com que uma chave ligue e desligue podendo assim fazer o controle de cargas de alta tensão mesmo com o Arduino.



Figura 7: Relé.

### **3.1.5 Power Bank**

Power Bank's são tipos de baterias móveis recarregáveis e atualmente muito utilizadas para recarga de aparelhos celulares. Existem muitos tipos e tamanhos destes power bank's e esses diferenciam -se pela quantidade de mAh que possuem.

A particularidade deste tipo de bateria está no armazenamento e repasse de carga simultânea, sendo assim, esse dispositivo é capaz de armazenar parte da energia que o mesmo capta e distribuir o restante.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Hipótese de Pesquisa**

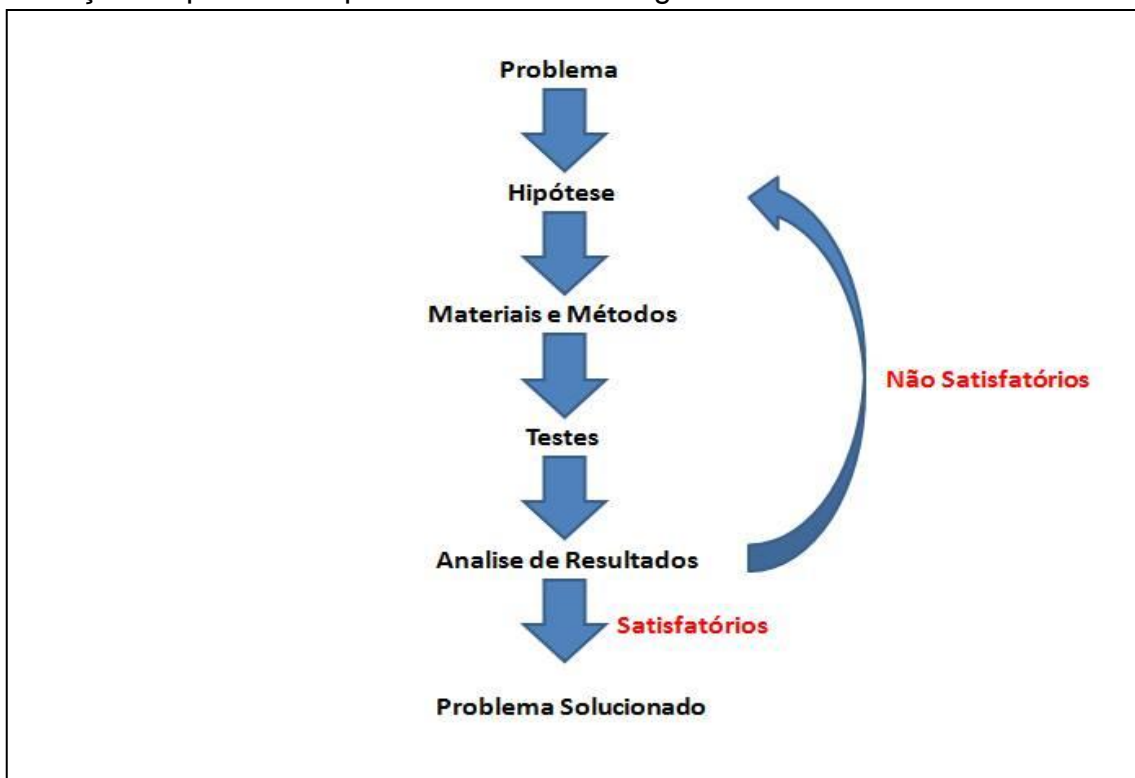
Reduzir os custos da forma de obtenção de captação de energia solar, aperfeiçoando a captação da mesma utilizando a plataforma Arduino.

### **3.2.2 Metodologia Científica**

O método científico consiste num procedimento com regras determinadas com o intuito de produzir um novo ou inovar um conhecimento científico. Geralmente esse método consiste na junção de todas as evidências empíricas, adotando o sistema de observação, resultante através de pesquisa e experiências realizadas, analisando e usando uma lógica para resolvê-la. Essa metodologia se refere aos estudos dos métodos da ciência e sua forma geral, mesmo que os objetos de estudos sejam diferentes.

Há uma hipótese de que essa ideia surgiu com base nos pensamentos de René Descartes, que propôs chegar à verdade através de um sistema de dúvidas e, assim, dividindo os problemas em partes, para que cada um pudesse ser estudado detalhadamente e após isso ser reunido em um único plano para que, desse modo, houvesse uma compreensão total. Dessa forma, buscando as principais características que constituem a base da pesquisa, na busca entender os sistemas mais simples para gradualmente ir incorporando mais conclusões que obteve nesse processo.

Todo esse processo consiste num sistema básico de passos, para este trabalho adotamos a seguinte designação: a) definição do problema, onde será definido o problema exato do projeto; b) formulação de hipótese, onde serão formuladas hipóteses a fim de constatar a que melhor responderá o problema em questão; c) materiais e métodos, onde serão escolhidos os materiais para a execução do projeto; d) testes, passo onde serão realizados uma série de procedimentos para constatar a solução eleita para o problema por meio da hipótese levantada; e) análise de resultados, sendo este o processo de análise dos resultados obtidos, e verificação se foram ou não satisfatórios. Se satisfatórios, o problema será resolvido, caso contrário, deverão ser reformuladas as hipóteses em questão e prosseguir novamente com os passos do problema. O digrama da figura 8 ilustra a sequência empregada para a resolução de problemas por meio da metodologia científica.



**Figura 8:** Esquema com passos lógicos para resolução de problemas utilizando a metodologia científica.

### **3.2.2.1 Tipos de Conhecimentos**

Os diversos tipos de conhecimento sempre estarão presentes na vida das pessoas, pois a todo instante se adquire algum conhecimento, mesmo que não se tenha alguma percepção direta sobre essa aquisição de conhecimento. É possível obter conhecimento em qualquer meio social, desde uma escola, faculdade até mesmo ao caminhar na rua, andar de ônibus, trem etc. Tendo total influencia no dia-a-dia há diversas formas de interpretá-lo, sendo como: Conhecimento Empírico, Conhecimento Científico, Conhecimento Filosófico, Conhecimento Aplicado, e por fim Conhecimento Artístico.

### **3.2.2.2 Tipos de Ciência**

A ciência tem como foco a obtenção de conhecimentos através de sua própria metodologia, ou seja, baseada na metodologia científica. É concebida através de um esforço que é feito em prol dos conhecimentos humanos, como por exemplo, as leis que regem o universo. “A ciência é um conjunto de conhecimentos racionais, certos ou prováveis, obtidos metodicamente, sistematizados e verificáveis, que fazem referência a objetos de uma mesma natureza.” (ANDER-EGG, 1978, p. 15)

Portanto, Ciência é um sistema que engloba diversas aplicações que, estão relacionadas com as leis científicas. Abrangendo diversas aplicações, consiste em diversos aspectos em relação a metodologia, obtendo então, três tópicos, sendo: Ciência Pura, Ciência Aplicada e Engenharia.

## **4. Implementação do Projeto**

### **4.1. Princípio do Seguidor Solar**

Um dos maiores problemas atualmente com relação à captação de energia solar é a forma como está feita. São utilizadas placas de captação de energia que ficam estáticas, porém devido ao movimento de rotação da terra, o sol pode ser visto em diferentes posições dentro de um ângulo de 180°.

Os seguidores solares são dispositivos que buscam movimentar um painel ou conjunto de células fotovoltaicas para que sempre estejam apontados para o sol, conseguindo assim maior incidência de luz perpendicular, aumentando o rendimento do sistema que necessita de tal energia.

### **4.2. Geometria Solar**

A incidência dos raios solares sobre a superfície terrestre varia conforme os períodos do ano, isso devido aos movimentos de translação e rotação da terra além da inclinação de seu próprio eixo. O movimento de translação, onde a terra realiza uma volta em torno do sol, provoca uma variação de declinação da incidência solar que é o movimento que define as estações do ano. O movimento de rotação, onde a terra gira em torno de seu próprio eixo define o momento em que o sol nasce e se põe sendo esse movimento com orientação de Leste à Oeste.

Além desses dois movimentos ainda existem os solstícios e o equinócios, movimentos de inclinação do próprio eixo da terra que interfere na incidência solar que é recebida na superfície terrestre. Esse movimento faz com que em alguns momentos do ano vejamos o sol mais ao sul e outros mais ao norte. Esses movimentos, tanto os solstícios de verão e os de inverno quanto o equinócio, possibilitam um fenômeno muito interessante que é o aumento ou diminuição da luz solar em alguns dias do ano em determinadas áreas do globo terrestre.

Portanto, acreditamos que o seguidor solar mais apropriado seria aquele que conseguisse receber a energia solar em todos esses períodos de deslocamento da incidência dos raios.

### **4.3. Tipos de Seguidores solares**

Atualmente existem tipos diferentes de seguidores solares, e eles são classificados de acordo com o número de eixos, modelo de estrutura tipo de controle e estratégia de rastreamento, um trabalho publicado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto aborda esses tipos de classificação. (CORTEZ, 2013, pg.16). A seguir abordaremos essas classificações.

#### **4.3.1. Seguidor solar de eixo único horizontal**

Esse seguidor busca a movimentação da placa baseando-se no eixo horizontal imposto pelas coordenadas polares de norte e sul. O painel solar ou células fotovoltaicas são colocados nesse eixo e se movimentam conforme o aparecimento do sol ao longo do dia, de leste a oeste.

Uma das vantagens desse sistema é sua implantação, pois com um só seguidor seria possível movimentar um número relativamente grande de placas coletoras sobre um mesmo eixo.

#### **4.3.2. Seguidor solar de eixo único vertical**

Esse seguidor possui um eixo de rotação na vertical sobreposto sob a superfície terrestre paralelo ao ponto interceptado por um eixo vertical traçado a partir do observador e segue até esfera celeste, o Zênite. Neste tipo de seguidor a placa coletora possui uma inclinação fixa e é determinada de acordo com a latitude e precisa ser ajustada a superfície terrestre.

A vantagem deste seguidor está na forma como ele se comporta em regiões de altitude (alto ou baixo), pois onde a incidência luminosa é menor e seguidores com orientação horizontal possuem baixo rendimento.

#### **4.3.3. Seguidor de eixo único**

Seguidor solar de um único eixo é um seguidor onde se apresenta um custo de instalação bem menor, e por sua tecnologia ser um pouco mais simples.

De acordo com Bill Gross (2011) gerente financeiro e co-fundador Gestão de Investimento do Pacífico (PIMCO), ao usar um seguidor de eixo único seria mais eficiente e barato na hora da instalação solar, pois este é mais



utilizado para o comércio como forma de produção de energia elétrica. Esse é um dos principais motivos para esse tipo de seguidor ser mais usado.

#### **4.3.4. Seguidor de eixo único inclinado**

O seguidor de eixo único inclinado tem o seu eixo de rotação paralelo a superfície do painel solar, assim como o seguidor de orientação horizontal.

A diferença é que este eixo possui uma inclinação, e deve ser determinada de acordo com a declinação do sol, parecida com os seguidores de único eixo com orientação vertical.

#### **4.4. Montagem dos servos**

Dentre as opções avaliadas não encontramos um seguidor que fosse capaz de posicionar a placa solar na amplitude em que desejávamos e que fosse necessária. Dessa forma iniciou-se o processo de construção da base de movimentação do projeto de um seguidor solar, cujo objetivo é aproveitar a maior intensidade solar ao longo do dia para convertê-la em energia elétrica e não apenas utilizá-la, mas também armazená-la.

O projeto é constituído por dois servos, sendo um o responsável pela movimentação do eixo horizontal e o outro pela movimentação vertical, isto faz com que o painel fotovoltaico tenha uma liberdade maior na sua rotação, mais precisamente 180° nos dois eixos, obtendo assim um aproveitamento maior da luz solar independentemente das relações geográficas de onde o seguidor é posicionado.

#### **4.5. Montagem da Placa e dos Sensores de Luminosidade**

Após a definição de como seria a base de movimento foi dada a continuidade no projeto, buscando a união das placas, posicionamento dos sensores e ligação com os motores.

Dois painéis fotovoltaicos foram instalados para absorver a luz solar e transformá-la em energia. Os sensores de luminosidade que captam a maior concentração de luz foram posicionados nos extremos das coordenadas Norte-Sul e Leste-Oeste do painel. Além disso, foi feito uso de mais um sensor de

luminosidade que servirá para o acionamento e desligamento das saídas de energia elétrica.

Os sensores fazem com que os dois servos motores direcionam a placa fotovoltaica para onde haja maior incidência de luminosidade.

#### 4.6. Montagem Relé e Instalação de Lâmpadas

Os módulos relés serão utilizados dentro do circuito com a função de controlar a energia obtida através da placa para o acionamento de lâmpadas dentro de um determinado ambiente.

Por sua vez, o acionamento dessas lâmpadas dependerá da iluminação do sensor de luminosidade acoplado na parte superior da placa, sendo este sensor exclusivo para determinar o momento de acionar as lâmpadas e regular sua intensidade.

#### 4.7. Criação do código

O código foi pensado usando como base os seguintes fluxogramas.

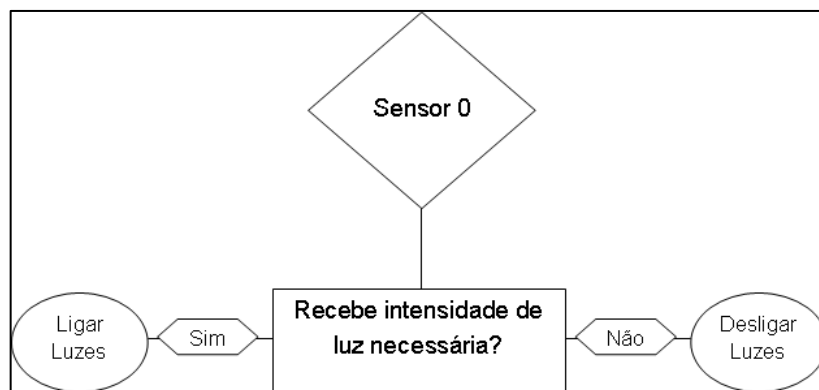
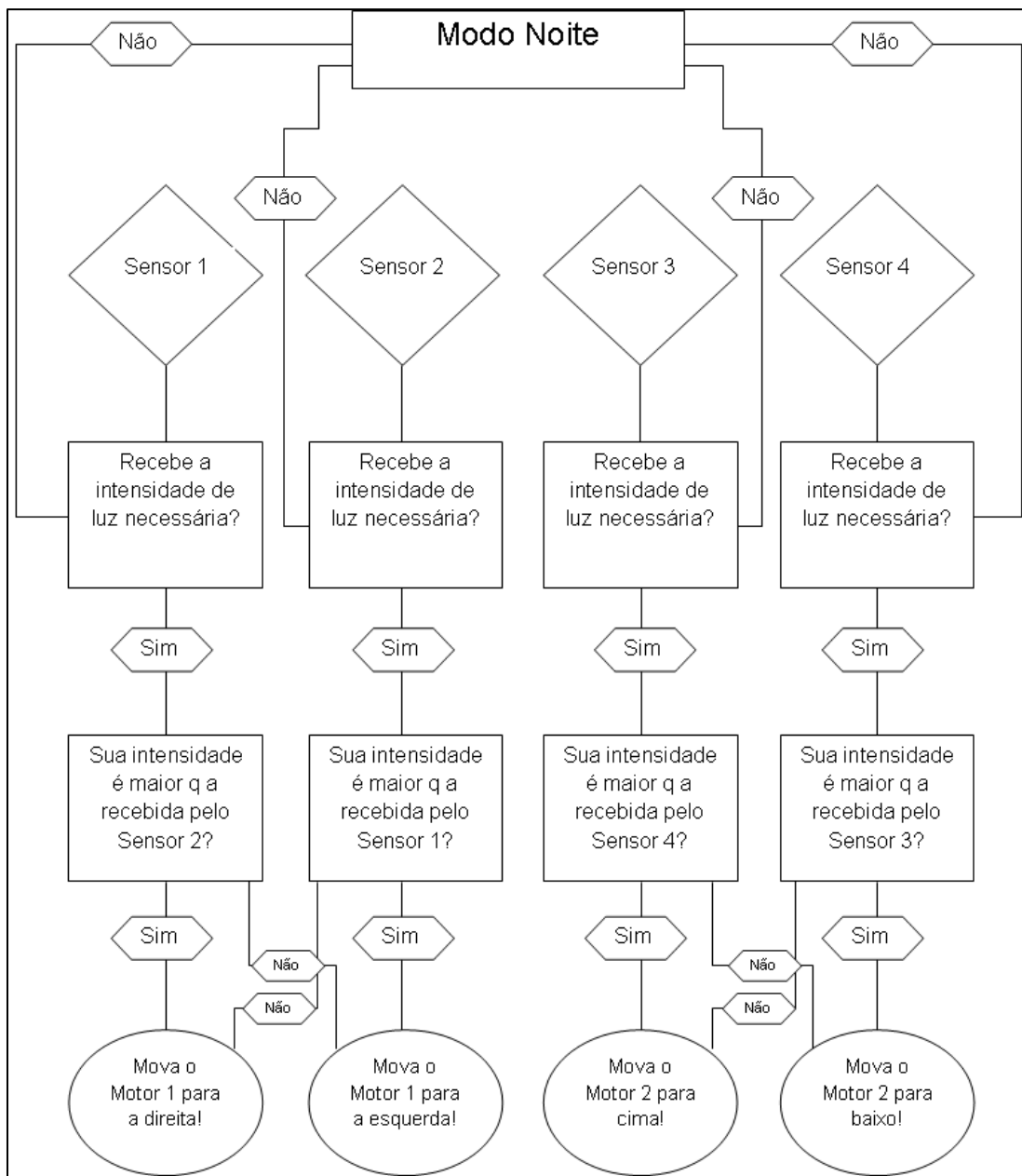


Figura 9: Fluxograma acionamento de luzes, Fonte: Autor.



**Figura 10: Fluxograma seguidor, Fonte: Autor.**

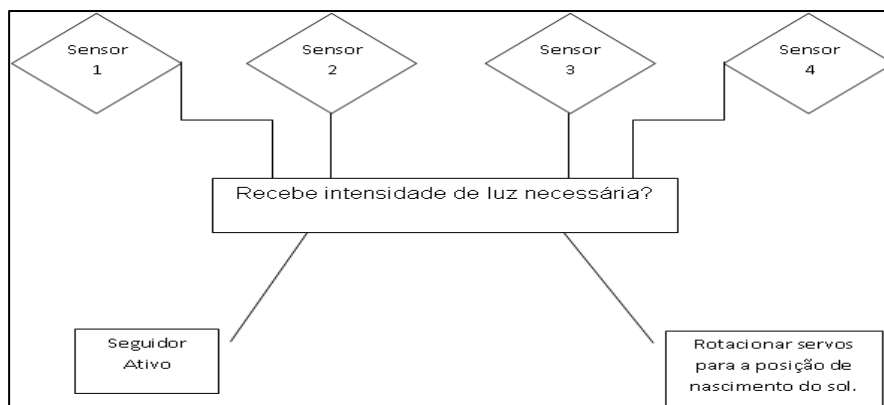


Figura 11: Funcionamento noturno, Fonte: Autor.

## 4.8. Controle de Carga

Para o armazenamento da energia elétrica obtida está sendo utilizado um *powerbank*. Este tem a capacidade de transferir e armazenar a energia elétrica ao mesmo tempo e, portanto, criando um circuito do seguidor que se auto alimenta.

Sendo assim, parte da energia armazenada seria guardada para o acionamento das lâmpadas no período noturno, enquanto o restante da energia é utilizado para a alimentação do sistema durante o dia.

## 4.9. Construção do protótipo

Em um primeiro momento, foi conectado um servo motor no outro, o que permitia ter dois eixos, um para ter a rotação vertical e outro horizontal. Logo após, juntou-se os dois servos em um tubo de papelão, e este, foi colado a uma base de uma *protoboard*.

A placa solar foi colocada sobre os servos, para que assim, pudesse se movimentar com as rotações estabelecidas. Ao lado da placa foram colocados os sensores de luminosidade, para que dessem os valores para a movimentação do servo com as placas, e por fim, tudo foi conectado ao Arduino, e o mesmo colado ao lado da base de papelão.



Figura 12: Protótipo do seguidor solar

#### 4.10. Estimativa de Custo

A tabela 1 ilustra a base de custo do protótipo:

Componentes	Preço
1- Arduino Uno R3	R\$82,90
3- Módulo relé	R\$44,70
Componentes eletrônicos (sensores, protoboard, etc...)	R\$24,99
1- Power Bank	R\$69,90
2- Servo Motor	R\$35,82
2- Placa Solar	R\$100,00
Peças de montagem (cano de papelão, etc...)	R\$15,00
<b>Total Bruto</b>	<b>R\$373,31</b>

**Tabela 1 - Fonte:** [www.usinainfo.com.br](http://www.usinainfo.com.br). Acesso em: 31 out. 2016.

Estima-se que um modelo em tamanho real em nível de comercialização deverá receber algumas proteções contra chuva isso aumentaria o custo final do projeto, além do custo de instalação. Este custo depende da quantidade de lâmpadas colocadas na casa, e isso pode aumentar

ou diminuir o custo com os cabos de energia, um custo relativamente baixo comparado a instalação das atuais placas solares.

Atualmente como veicula o site [www.portalsolar.com.br](http://www.portalsolar.com.br) o preço de instalação de um circuito de placas solares em uma residência varia de R\$15.000,00 à R\$85.000,00, sendo essa variação para residências que acomodem de 2 pessoas até casas com mais de 5 pessoas. Isso levando em conta o abastecimento de todos os aparelhos elétricos da casa.

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2010, a família média brasileira é composta por 3,3 pessoas por residência, o custo de instalação para uma rede deste porte é de R\$19.000 à R\$24.000,00, enquanto o preço médio de um seguidor solar voltado somente ao abastecimento de lâmpadas seria mais em conta, levando em consideração o custo do protótipo.

#### **4.11. Campo de Aplicação**

O projeto apresenta potencial para ser implantado em todos os locais habitáveis, de forma que sua estrutura pode ser alocada tanto em residências como em prédios comerciais, de forma a buscar a melhor relação custo-benefício com intuito de atender o maior número possível de pessoas.

A melhor localidade para se empregar esse tipo de energia são as regiões onde a radiação solar seria mais elevada, tendo assim, melhor aproveitamento. No Brasil, a região nordeste e norte apresentam maior potencial por receberem a maior parte do ano grandes quantidades de radiação solar. É importante frisar que a energia solar não depende exclusivamente da quantidade de radiação, mas quanto maior o número melhor o aproveitamento.

##### **4.11.1. Escassez no cenário Brasileiro**

Estima-se que atualmente mais de 3 milhões de residências brasileiras não possuem energia elétrica, tanto pelas condições financeiras quanto pelas condições de difícil acesso para as companhias de eletricidade. De acordo com a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), para sanar esta enorme demanda as distribuidoras pediram um prazo maior, para que assim pudessem

universalizar o acesso de energia elétrica em todo o país, sendo esta uma das metas estipulada pela ex-presidente Dilma Rousseff, em meados de 2014.

Tais metas estabelecidas através do “Programa Luz para Todos” teve resultados muitos satisfatórios. Por motivos deste, a ANEEL exigiu dados exatos em que mostrasse o número de lares sem acesso à energia elétrica. Com esse número apresentado foi constatado que as áreas rurais são mais afetadas com a falta de energia elétrica. Segundo as distribuidoras, no interior da Bahia e Pará, mais de 500 mil lares não tem eletricidade, representando 15% das residências que apresentam escassez de eletricidade.

O Estado do Piauí, no nordeste brasileiro, apresenta ainda grande demanda energética, mesmo com a ajuda do programa de “Luz Para Todos”. Com a área rural apresentando maior carência de energia elétrica, cerca de 400 famílias por cidade rural não é capaz de obter energia elétrica e ao cair da noite é obrigado a dormir a luz de lamparina.

Em Roraima a situação não é diferente, existe uma cidade situada em seu interior, de maioria de população indígena, que 70% da população não possui fornecimento de energia elétrica.

Como dito, essa escassez está assolando a região norte e nordeste do Brasil, seja por questões financeiras, seja pela dificuldade de acesso das companhias de eletricidade ao local residido. Com isso, é preciso tomar medidas que atuem em prol dessa população, de forma a considerar um baixo custo de investimento, no que diz respeito ao custo-benefício a médio e longo prazo. Dessa forma, nossa pesquisa visa contribuir com esse cenário que prejudica milhões de pessoas.

O mapa a seguir mostra as regiões que sofrem maior incidência de raios solares durante o ano, norte e centro brasileiro, por consequência maior número de radiação, que por sua vez é fonte de energia.

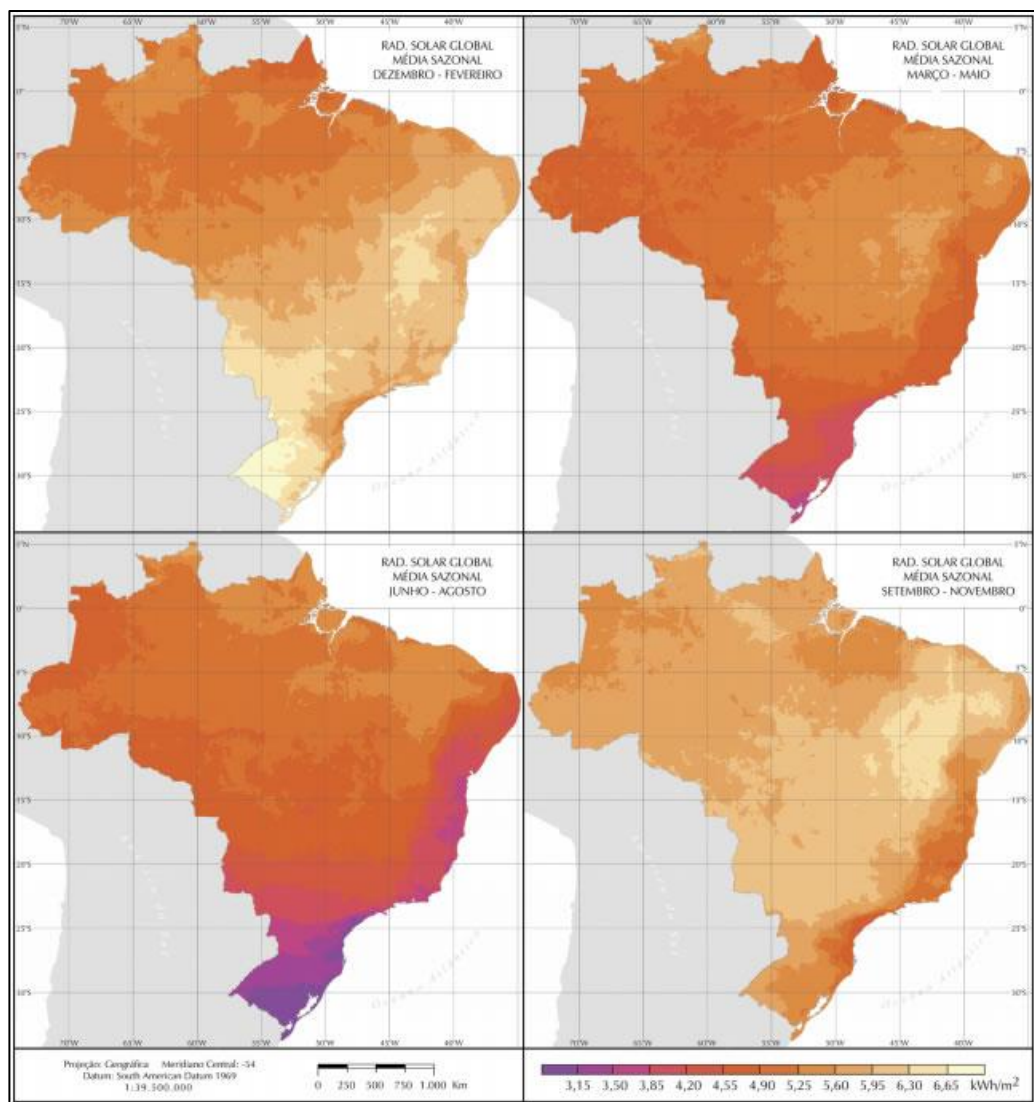


Figura 13: Irradiação solar mensal ao longo do ano. Fonte: <http://solarlight.com.br/estudos-tecnicos/>



## **5. Testes**

### **5.1. Teste da função seguidor**

Foram realizados alguns testes, de forma a contemplar os seguintes passos:

- compilação do código
- teste com foco de luz
- verificação de funcionamento

Sendo assim, após alterações do código, que foram feitas para garantir maior eficácia e a realização de 30 testes com cada código, estes testes eram realizados com o flash de um celular, onde a função do seguidor era acompanhar a luz, chegamos a um resultado em que o seguidor realizou corretamente a ação 27 vezes, com chance de erro de 10%, reduzindo muito o erro que antes ocorria em 18 dos 30 testes realizados, gerando uma chance de erro de 60%.

Os testes eram realizados em um ambiente com pouca interferência de luz e outro com muita interferência para a verificação do êxito do seguidor.

### **5.2. Teste com ambientação e luz artificial**

Este teste foi realizado em um ambiente sem nenhuma luminosidade, e com o auxílio da lanterna de um aparelho celular, foi simulado o movimento que o sol faz durante o dia.

Neste processo a montagem física do projeto estava em 70% realizado, faltando apenas a bateria e o relé. Sua alimentação era feita a partir de um cabo USB conectado a um computador, e os valores adquiridos eram lidos pela porta serial (opção fornecida através dessa conexão com o computador).

Com esse processo realizado, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Os valores fornecidos através da lanterna do aparelho celular são mais precisos que a luminosidade do sol, mas nada que prejudique o funcionamento do sistema.
- Apresentou um bom desempenho, com rotações perfeitas assim como o planejado.

- A função noturna foi essencial, pois o sistema entra em *stand by* até o nascer do sol.

### 5.3. Teste com ambientação e luz natural

O seguidor foi instalado em um ambiente externo (capacidade de absorver luz natural), longe de objetos que pudesse fazer sombra, ou que interferisse na medição do painel.

O teste foi realizado em um dia bem ensolarado, com pouca interferência das nuvens e suas medições foram tomadas de uma em uma hora. Assim, foi possível verificar seu funcionamento e em qual horário o sol tinha maior influência sobre o seguidor.

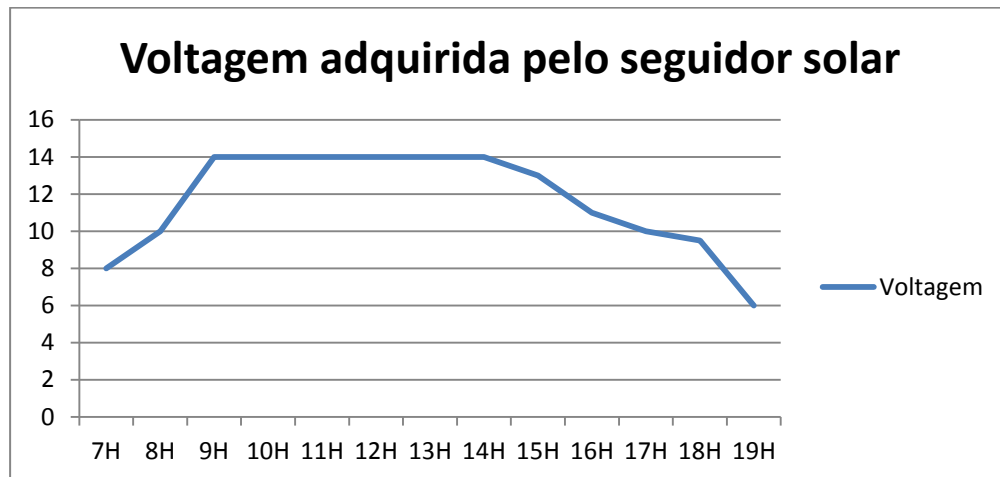
Neste teste, houve a necessidade de medir a tensão do mesmo, com o intuito de saber a quantidade mínima e máxima de energia absorvida, tendo como valores de tensão gerados entre 8V e 14V. Vale ressaltar que a capacidade máxima que o painel solar podia gerar em nosso protótipo é 14V.

No fim do dia, após todas as medições, foi obtido o total funcionamento do projeto, tendo resultados satisfatórios, e atendendo as expectativas (Figura 3).

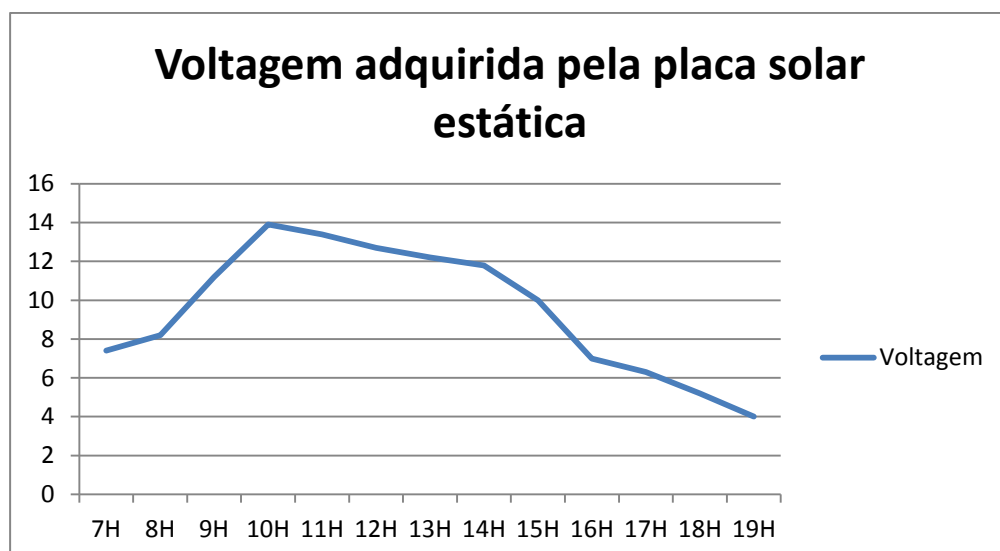
Os testes apontaram os seguintes resultados:

- Sensores funcionando corretamente.
- Servos funcionando corretamente.
- Painel funcionando corretamente.
- Tensão obtida satisfatória.

## 5.4. Comparação com placa solar fixa



**Gráfico 1:** Gráfico de tensão adquirida através do seguidor sola móvel. É perceptível o potencial de geração de tensão elétrica máxima em determinado período do dia.



**Gráfico 2:** Gráfico de tensão adquirida através de placa solar fixa. É perceptível o potencial de geração de tensão elétrica variável ao longo do dia.

Os dados do gráfico 2 mostram a variação de captação de energia solar ao longo do dia num seguidor solar estático. É, portanto, perceptível o potencial de uso de energia solar que não seria utilizado ao longo do dia quando comparamos os gráficos 1 e 2. Isso se deve ao fato de que o sol se move constantemente e, portanto, o painel estático não tem a mesma capacidade de absorver a energia solar de um seguidor solar, pois em determinada hora do dia, os raios solares passam a ficar atrás do painel,

perdendo assim, boa parte da luminosidade que o sol proporciona que poderia ser aproveitada, sendo a mesma, aproveitada pelo seguidor.

## 6. Resultados

Os resultados em sua maioria foram satisfatórios, as chances de erro que ocorreram durante os testes da função seguidor foram reduzidas em 50%, gerando uma chance de erro total de 10% após uma série de testes de movimentação e reprogramação do código, portanto, o robô cumpriu o primeiro objetivo proposto e solucionou o problema de eficiência, ampliou-se a questão do aproveitamento com a movimentação desses painéis para que pudessem receber a maior quantidade de energia possível.

A sua maior vantagem se dá no fato de conseguir uma maior produção e, conseqüentemente, maior armazenamento de energia elétrica no final do dia. Isso porque o seguidor sempre se movimentará acompanhando o movimento na direção do sol, sendo assim, possibilitando maior aproveitamento da energia solar se comparado a um painel solar estático.

Sobre a longevidade do projeto, o tempo de vida dos painéis é bem longo e podem durar, em média de 20 a 30 anos. Após 25 anos de uso começam a perder uma pequena parte de sua eficiência a cada ano devido a depreciação do painel.

Outro item importante a ser considerado na implementação desse projeto são os motores que farão a movimentação desses painéis solares. Assim, de acordo com os fabricantes, a vida útil de um motor seria aproximadamente de 20.000 mil horas, aproximadamente 2 anos e 3 meses. Sendo assim, a cada 2 anos seria necessária a troca dos motores que gera um custo de R\$40,00 por período. É importante considerar que estes valores estão sendo mostrados com base nos componentes do protótipo.

O método científico de resolução de problemas foi importante do começo ao fim da elaboração do projeto, facilitando seu entendimento e problematização, permitindo obter ao resultado esperado.

## 7. Conclusão

O conhecimento obtido sobre a metodologia científica e os tipos de ciência foram de grande ajuda para a realização do projeto, pois conseguimos

cumprir os seus objetivos encontrando a resolução de um problema. Além de, estimular a criatividade, fazer uso dessa metodologia nos ajudou a compreender a elaboração de um projeto científico, tornando possível resolver uma série de outros problemas que eventualmente surjam.

O problema inicial do projeto era tornar acessível à energia solar as diferentes classes sociais, por se tratar de uma energia renovável. Porém identificamos ao longo da pesquisa o alto custo da implementação desta tecnologia, o que dificultaria a sua popularização. Dessa forma, o objetivo foi alcançado em partes, pois foi possível reduzir o custo do material, visto que o nosso protótipo de seguidor não custa um quarto da instalação de placas solar feitas atualmente. Já o problema de eficiência na captação de energia foi resolvido.

Começou-se com o problema supracitado e então foram pensadas formas de resolvê-lo. Para tanto, escolhemos trabalhar com a plataforma Arduino para a realização do projeto, pois esta é para o grupo de fácil acesso e utilização, uma vez que já vinha sendo utilizada no ambiente escolar. Após esta etapa, foram analisados equipamentos, materiais necessários e compatíveis com a placa Arduino. Dessa forma, a construção do seguidor solar começou a ser construída, desde sua idealização, a montagem com base na metodologia científica.

Por fim, o projeto ocorreu de acordo com os objetivos propostos no início de sua elaboração, e contribuiu para a evolução dos autores como pesquisadores, proporcionando um conhecimento mais abrangente sobre as áreas estudadas. Assim conclui-se o projeto com resolução satisfatória.

## 8. Referências bibliográficas

TOLMASQUIM, Mauricio T. **Energia Renovável**; Sua Pesquisa. Disponível em:  
<[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/energia\\_renovavel.html](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/energia_renovavel.html)>

Acesso em: 15 jul. 2016

EQUIPE ARDUINO. **What is Arduino?**; Arduino Disponível em:

< <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>

Acesso em: 20 jul. 2016

ASSOCIAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Energias renováveis, o que são?**; APREN. Disponível em:

<<http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao/>>

Acesso em: 15 jul. 2016

PENA, Rodolfo F. Alves. **Fontes renováveis de energia**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>>.

Acesso em: 16 jul. 2016

PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Energia Solar**; Disponível em:

<[http://energiarenovavel.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=48&Itemid=144](http://energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=144)>

Acesso em: 16 jul. 2016

FARIA, Caroline. **Energia Solar**; Info Escola. Disponível em:

<<http://www.infoescola.com/tecnologia/energia-solar/>>

Acesso em: 15 jul. 2016

SOUZA, Líria Alves de. **Energia solar: energia limpa**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/energia-solar-energia-limpa.htm>>

Acesso em: 15 ago. 2016

FRANCISCO, Wagner de Cerqueria e. **Energia Solar**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>>

Acesso em: 15 ago. 2016

PENA, Rodolfo F. Alves. **Vantagens e desvantagens da energia solar**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>>

Acesso em: 15 ago. 2016

BEZERRA, Arnaldo M. **Energia Solar**; Sua Pesquisa. Disponível em:  
<[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/energia\\_solar.htm](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/energia_solar.htm)>

Acesso em: 15 ago. 2016

FACULDADES INTEGRADAS DE OURINHOS, **Normatização de Trabalhos Acadêmicos**, Disponível em:  
<[http://fio.edu.br/manualtcc/co/7\\_Material\\_ou\\_Metodos.html](http://fio.edu.br/manualtcc/co/7_Material_ou_Metodos.html)>

Acesso em: 19 jul. 2016

UNIVERSIDADE SANTA CRUZ DO SUL, **Metodologia Científica**, Disponível em: <[http://unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/metodologia\\_cientifica.pdf](http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf)>

Acesso em: 19 jul. 2016

WIKIPÉDIA, **Servomotor**, Disponível em:  
<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Servomotor>>

Acesso em: 17 ago. 2016

MORAES, Euler P. Seguidor Solar de um Único Eixo Inclinado, 2012

PORTAL BRASIL, **IBGE diz que número de pessoas que moram no mesmo domicílio caiu**, Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/governo/2010/09/ibge-diz-que-numero-de-pessoas-que-moram-no-mesmo-domicilio-caiu>>

Acesso em: 19 ago. 2016

COOKE, David. Single vs. Dual Axis Solar Tracking. Ontário: Alternate Energy eMagazine, 2011.

CORTEZ, Ramiro J. M. Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica, 2013.

PISSARDINI, Rodrigo S. Veículos Autônomos de Transporte Terrestre: Proposta de Arquitetura de Tomada de Decisão para Navegação Autônoma, 2014.

MAIA, Gustavo M. F. Acionamento Remoto de Portões Elétricos Via Celular Através de Microcontrolador, 2012.

ANDER-EGG, Ezequiel. Introducción a las técnicas de investigación social, 1978

WENDLING, Marcelo. Sensores, 2010



BEOCK, Leandro R. P. **Conceito de Sensores e Atuadores**; Robótica Educacional, Disponível em: <<http://leandro-robotica.blogspot.com.br/2011/05/conceito-e-sensores-e-atuadores.html?m=1>> Acesso em: 21 jan. 2017