

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR ATRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA PARA ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES

ROSICLEIDE ASSUNÇÃO DE SOUSA

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO**

VERDE

ENGENHARIA AMBIENTAL

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE UM SISTEMA DE
POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA
SOLAR ATRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA PARA ILUMINAÇÃO DE
AMBIENTES**

ROSICLEIDE ASSUNÇÃO DE SOUSA

Trabalho de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio
Verde, como requisito parcial para a
obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcio da Silva Vilela

Co-orientador(a): Rafael Carvalho de Mendonça

Rio Verde, GO
Março, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SS0725 Sousa, Rosicleide Assunção de Sousa
d Desenvolvimento e Estudo de um Sistema de
Posicionamento Automático para Captação da Energia
Solar Através de Fibra Óptica para Iluminação de
Ambientes / Rosicleide Assunção de Sousa Sousa;
orientador Márcio da Silva Vilela Vilela; co-
orientador Rafael Carvalho de Mendonça Mendonça. --
Rio Verde, 2022.
61 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Seguidor Solar. 2. Iluminação. 3. Coletor
Solar. 4. Rastreamento Solar. 5. Fibra Óptica. I.
Vilela, Márcio da Silva Vilela, orient. II. Mendonça,
Rafael Carvalho de Mendonça, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Rosicleide Assunção de Sousa

Matrícula:

2019202200740022

Título do trabalho:

Desenvolvimento e Estudo de um Sistema de Posicionamento Automático para Captação da Energia Solar Através de Fibra Óptica para Iluminação de Ambientes

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Os dados utilizados não são de domínio público.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 22 /04 /2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, Goiás

Local

22 /04 /2022

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 23/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 9 dias do mês de abril, às 17 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Márcio da Silva Vilela (orientador), Fábio Montanha Ramos (membro), Caroline Loureiro do Nascimento Silva(membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR ATRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA PARA ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES" da estudante Rosicleide Assunção de Sousa, Matrícula nº 2019202200740022 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Márcio da Silva Vilela

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Fábio Montanha Ramos

Membro

Caroline Loureiro do N. Silva.

Caroline Loureiro do Nascimento Silva

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Fabio Montanha Ramos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/04/2022 17:56:36.
- Marcio da Silva Vilela, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/04/2022 17:54:50.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 376358

Código de Autenticação: 1eb6898b24



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

ROSICLEIDE ASSUNÇÃO DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE UM SISTEMA DE
POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA
SOLAR ATRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA PARA ILUMINAÇÃO DE
AMBIENTES**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 9 de abril de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Caroline Loureiro do N. Silva

Mestranda Caroline Loureiro do Nascimento
Silva

Fabio Montanha Ramos

Prof. Me. Fabio Montanha Ramos

Márcio da Silva Vilela

Prof. Dr. Márcio da Silva
Vilela

Rio Verde, GO
Março, 2022

RESUMO

Sousa, Rosicleide Assunção. **Desenvolvimento E Estudo De Um Sistema De Posicionamento Automático Para Captação Da Energia Solar Através De Fibra Óptica Para Iluminação De Ambientes**. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

A iluminação artificial produzida pelas lâmpadas em geral, principalmente as fluorescentes e de LED, que são as mais usadas nos ambientes residenciais, são responsáveis por um certo desconforto visual devido aos efeitos de cintilação e espectro de frequência distinto da luz solar, com índice de reprodução de cores abaixo de 80%. A iluminação circadiana proporcionada pela luz solar, além de trazer bem estar e ser responsável por efeitos biológicos benéficos, relacionados à regulação hormonal, também é indispensável na produção de vitamina D. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo para iluminação de ambientes a partir da utilização de fibras ópticas, para captação da luz solar. O protótipo consiste de um sistema formado por uma lente de Fresnel e uma plataforma móvel usada para o rastreamento da luz solar. Os resultados são apresentados, através da avaliação da eficiência do sistema, considerando a radiação solar incidente e a quantidade de lúmens efetivamente transferidos para o ambiente iluminado pela fibra óptica. A partir dos resultados é possível redimensionar o sistema, de forma a atender a quantidade de lúmens desejados em um ambiente.

Palavras-chave: seguidor solar; iluminação; coletor solar; rastreamento solar.

FIGURAS

Figura 1 - Esquema de projeto com rastreamento solar.....	10
Figura 2 - Esquema de eixos do rastreador solar.....	11
Figura 3 - Modelo de sistema de iluminação por fibra óptica da empresa Parans Solar Lighting.....	14
Figura 4 - Iluminação natural himawari.....	17
Figura 5 - Luz visível.....	18
Figura 6 - Mapa de Radiação Solar no Brasil.....	21
Figura 7 - Protótipo do seguidor solar.....	23
Figura 8 - Arduíno Uno.....	25
Figura 9 - Base seguidor solar MDF.....	26
Figura 10 - Pasta para soldar.....	27
Figura 11 - Estanho.....	28
Figura 12 - Ferro de Solda.....	30
Figura 13 - Alicates de corte.....	31
Figura 14 - Protoboard.....	32
Figura 15 - Servo motor.....	33
Figura 16 - Resistência de 22 k ohms.....	34
Figura 17 - Jumpers macho e fêmea.....	35
Figura 18 - LDR's.....	36
Figura 19 - Placa de MDF.....	37
Figura 20 - Caixa de MDF.....	38
Figura 21 - Montagem da caixa de MDF.....	38
Figura 22 - Luxímetro.....	39
Figura 23 - Multímetro.....	41
Figura 24 - Lente de Fresnel Cartão.....	42
Figura 25 - Fibra óptica.....	43
Figura 26 - Teste fibra óptica.....	44
Figura 27 - Lente difusora.....	45
Figura 28 - Esquema lâmpada de lente difusora.....	46
Figura 29 - Lâmpada acoplada à tampa da caixa de MDF.....	46
Figura 30 - Tela do programa Arduino IDE.....	48
Figura 31 - Base seguidor solar de MDF.....	52
Figura 32 - Esquema de ligação do sistema seguidor solar de dois eixos.....	53
Figura 33 - Seguidor solar de dois eixos.....	54
Figura 34 - Protótipo seguidor solar de dois eixos.....	54
Figura 35 - Medição com luxímetro.....	55
Figura 36 - Lente focalizando a luz solar no sistema.....	56
Figura 37 - Suporte para a lente de Fresnel.....	56
Figura 38 - Luxímetro medindo a quantidade de lux.....	57
Figura 39 - Solar Power Meter.....	58

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Eficiência do sistema rastreador solar em relação ao sistema fixo.	13
--	----

TABELAS

Tabela 1 - Resultados das aferições com luxímetro.	59
Tabela 2 - Custos do projeto.....	60

EQUAÇÕES

(Equação 1)	18
(Equação 2)	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos Gerais.....	8
1.2 Objetivos Específicos.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Rastreador Solar	9
2.2 - Tipos de Rastreadores Solares	11
2.2.1 - Rastreadores Solares de Um Eixo.....	11
2.2.2 – Rastreadores Solares de Dois Eixos	11
2.2.3 - Vantagens e Desvantagens do Seguidor Solar	12
2.3 Fibra Óptica Como Condutora Da Luz Solar	13
2.3.1 – Tipos de Sistemas de Captação e transmissão da luz solar no mercado.....	14
2.4 - Luz natural	17
2.5 - Energia Solar.....	19
2.6 - Automação.....	21
2.7 - Produção de Vitamina D.....	22
2.8 POEIRA	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 - Definições	24
3.1.1 - Arduíno Uno	24
3.1.2 - Painel Seguidor Solar 2 Eixos MDF Solar Smart Tracker.....	26
3.1.3 - Pasta para Soldar Emavi 110g	27
3.1.4 - Estanho Tambasa 22g	28
3.1.5 - Ferro de Solda Hihari Plus 60W	29
3.1.6 - Alicates de Corte Diagonal.....	31
3.1.7 - Protoboard 830 Pontos MB-102	31
3.1.8 - Servo Motores - E-Sky EK2-0508 - Micro Servo.....	33
3.1.9 - Resistências de 22 k ohms	34
3.2.0 - Jumpers macho x fêmea 20 cm	35
3.2.1 - LDR – Light Dependent Resistor.....	36
3.2.2 - Placas de MDF 90cm x 90 cm x 0,3 cm	37
3.2.3 - Luxímetro LD-400.....	39
3.2.4 - Multímetro IT-BLUE LE-971.....	41
3.2.5 - Lente de Fresnel.....	42

3.2.6 - Fibra Óptica	43
3.2.7 - Lente Difusora	45
3.3 - Código Utilizado.....	47
3.4 - Montagem do Sistema.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 Custos.....	60
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, ao passo em que a população humana vem crescendo, aumenta-se, também, a necessidade por novas ideias que facilitem a vida na Terra. Com o avanço da tecnologia, os ambientes que antes eram fechados e escuros, agora podem receber iluminação.

Uma dessas tecnologias é a lâmpada elétrica incandescente, a primeira que pôde ser comercializada, inventada por Thomas Edison em 1834. Entretanto, esse tipo de lâmpada consome uma quantia significativa de energia, além de possuir uma vida útil reduzida, em relação às lâmpadas da geração mais recente.

Atualmente a tecnologia LED, é a uma das mais bem propagadas pelo mundo, onde vários aparelhos eletrônicos como smartphones e televisores a usam em suas telas. A maioria dos lares e empreendimentos que existem atualmente, utilizam as lâmpadas LED, em larga escala.

Segundo Chuang et al (2010), o uso da tecnologia LED apresenta uma grande economia tanto quando se fala em custos com a energia tanto quando se fala na aquisição da lâmpada, que possui uma vida útil longa.

Os seres humanos possuem a necessidade de enxergar as cores desde o início dos tempos. As cores estão relacionadas ao bem estar, à fome e também à moda, que pode abranger desde roupas até o tipo de iluminação que se usa em ambientes.

Para que seja possível enxergar essas cores e para que elas se pareçam cada vez mais com o seu tom natural, é preciso que as novas tecnologias de iluminação sejam atestadas em relação à fidelidade delas quando se fala na reprodução das cores dos elementos quando estão submetidos à luz natural.

Para que seja possível comparar essa fidelidade, existem índices como o Índice de Reprodução de Cores (IRC) que mede a capacidade de reprodução de cores de uma fonte luminosa em relação à luz natural. O IRC pode variar de 0 a 100 e o valor IRC 100 indica o máximo de reprodução de cor, condizente com a cor natural do objeto iluminado. Quando se tem um IRC abaixo de 80, entende-se que a fonte luminosa consegue iluminar o objeto com baixa qualidade e se esse valor se iguala a 80, indica uma fonte luminosa de boa reprodução de cores.

As lâmpadas LED comercializáveis possuem um IRC próximo de 80, Segundo Oliveira (2019). Entretanto, apesar de possuir uma boa capacidade de reprodução de cores, esse valor está muito longe de chegar à capacidade da luz natural.

Uma maneira inovadora e limpa, de se levar a luz solar para ambientes fechados é através da fibra óptica que possui a tecnologia de transmitir luz, quase sem perdas. Com esse projeto de transmissão luminosa para ambientes, de forma limpa, sem o uso da eletricidade e sem necessidade de grandes mudanças estruturais, obtém-se ganhos em qualidade de vida.

A energia luminosa é um tipo de energia solar que traz vários benefícios ao ser humano e um deles é a estimulação da produção de vitamina D no organismo.

Segundo Hu J et al (2013), a carência de vitamina D pode ser correlacionada com a quantidade de horas de internação em uma UTI, bem como a possibilidade de aquisição de infecções em ambiente hospitalar.

Com o uso do sistema de rastreamento e transmissão da luz natural por fibra ótica, que é o objetivo de criação desse trabalho, consegue-se, sem utilização da energia elétrica, levar a luz natural para dentro de ambientes, promovendo assim, uma vida mais saudável para as pessoas que estiverem nos locais que necessitam de iluminação como é o caso dos hospitais, residências e até mesmo escritórios de empresas.

1.1 Objetivos Gerais

Considerando os fatos citados na Introdução, esse trabalho tem o objetivo de montar um protótipo de um seguidor solar de dois eixos que tem a capacidade de transmitir a luz solar para dentro de ambientes fechados com o auxílio de uma lente de Fresnel levantando a hipótese de que é possível iluminar ambientes com a luz natural através da fibra óptica. Acoplado ao sistema de captação solar será inserido um dispositivo que irá seguir o sol, de forma a auxiliar na melhor captação da luminosidade. Um arduino basicamente recebe os sinais analógicos dos sensores LDRs, e sequencialmente envia comandos para dois servos motores que irão se movimentar de acordo com a posição do sol, como um girassol, para a melhor captação da luz do sol incidente.

1.2 Objetivos Específicos

- a) Construir um protótipo do sistema de iluminação com rastreador solar.
- b) Avaliar a viabilidade do protótipo construído.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A presente seção tem o objetivo de fazer uma análise do funcionamento do rastreamento solar.

2.1 Rastreador Solar

Rastrear o sol, é uma técnica utilizada por muitas civilizações antigas e que demanda conhecimentos geográficos, pois o Sol está sempre mudando de posição e essa mudança ocorre devido a dois principais movimentos: O movimento de rotação, onde a Terra gira em torno de seu próprio eixo e o movimento de translação, com o qual a Terra gira em torno do Sol.

Atualmente, com o avanço da tecnologia foram desenvolvidos recursos que auxiliam o ser humano no rastreamento do Sol, como é o caso dos sensores LDR.

Os sensores Light Dependent Resistor (LDR) funcionam basicamente do seguinte modo: A partir do momento que a luz solar entra em contato com a superfície do sensor, há uma liberação de elétrons do material presente no mesmo, assim sendo, aumenta-se a condutividade do LRD.

Alguns complexos de rastreamento, utilizam o LDR para auxílio na captação da luz solar, como é o caso da energia fotovoltaica. Esses sistemas utilizam, em conjunto com o sensor, motores para o auxílio da movimentação do mesmo. Projetos com esse tipo de rastreador solar, obtém um aumento de eficiência de 20% em relação a projetos fixos, dependendo se a rotação do sistema é em um ou dois eixos, sendo a segunda opção ainda mais eficiente (Blaszczak, 2017).

Na figura a seguir, tem-se um exemplo de sistema que utiliza os sensores LDR para rastreamento solar para geração de energia solar, por meio de módulos fotovoltaicos.

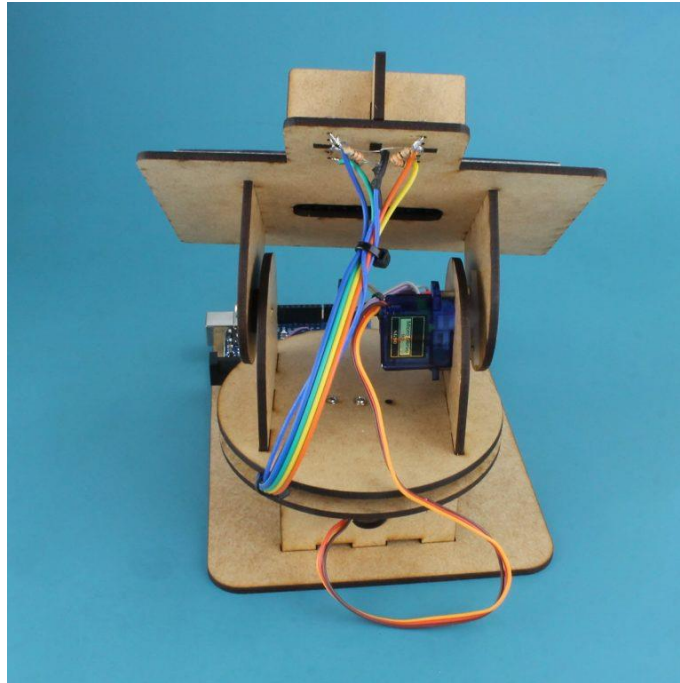


Figura 1 - Esquema de projeto com rastreamento solar.

Fonte: Usinainfo, Matheus Gebert. Disponível em < <https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/> > Acesso em: 08 de agosto 2021.

Atualmente cada vez mais empreendedores desejam investir no dimensionamento de protótipos com base na transferência da luz natural para locais fechados. Dessa maneira, há um aumento no uso de materiais óticos com eficiência de alto nível, fazendo com que o método de levar a luz solar para ambientes seja facilitada, onde os raios solares são direcionados ao ponto de objetivo, alcançando um rendimento de 90% (O. H. Ando Junior et Al, 2014).

Na figura a seguir, tem-se o esquema de um sistema que utiliza a ideia do rastreamento solar. Na primeira descrição há o movimento único do sistema, de acordo com o ângulo azimutal e na segunda descrição, há do duplo movimento, em que o complexo se movimenta em dois ângulos diferentes.

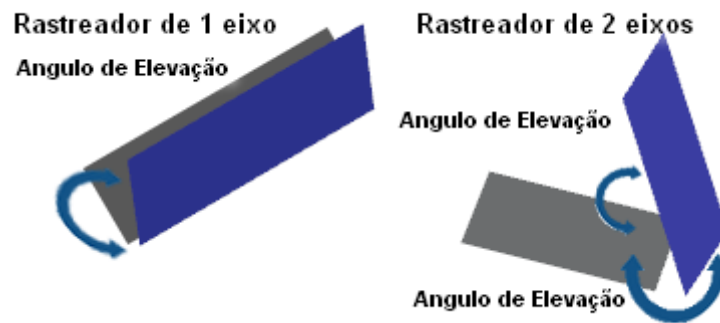


Figura 2 - Esquema de eixos do rastreador solar.

Fonte: Elaboração Própria.

O ângulo azimutal é o ângulo de orientação dos raios solares de acordo com o norte geográfico. Ao longo do dia, o Sol varia esses ângulos azimutais.

Com o aumento da eficiência do sistema, tem-se uma maior durabilidade do mesmo e consequentemente, um menor número de descartes de estruturas no meio ambiente.

2.2 - Tipos de Rastreadores Solares

2.2.1 - Rastreadores Solares de Um Eixo

Geralmente os seguidores horizontais que são de apenas um movimento funcionam bem em latitudes menos elevadas, um processo muito comum de acontecer em locais de latitude zero. Por outro lado, tem-se os seguidores cujo eixo é polar é mais familiarizado com as latitudes que variam em torno de 90° . Segundo Anusha et al (2013) o sistema fixo, em comparação com o sistema de um único eixo, tem um déficit de eficiência de 40% na captação da luz solar, entre as 9:00 e as 18:00.

2.2.2 – Rastreadores Solares de Dois Eixos

Segundo Chowdhury et al (2017) independentemente da posição em que esteja o Sol, os rastreadores solares de eixo duplo, apesar de serem mais caros, conseguem acompanhar o astro. Os seguidores de Sol que possuem um segundo eixo apresentam dois graus de liberdade, um a mais que os rastreadores de eixo simples, além disso eles possuem suas placas fotovoltaicas voltadas de modo paralelo ao eixo secundário.

2.2.3 - Vantagens e Desvantagens do Seguidor Solar

Segundo S. Bushong (2016), o seguidor solar apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens

- O seguidor solar tem uma capacidade de adaptação em conformidade com o lugar em que será empregado;
- Como tem-se uma eficiência na produção de energia, esses seguidores solares necessitam de um espaço menor.

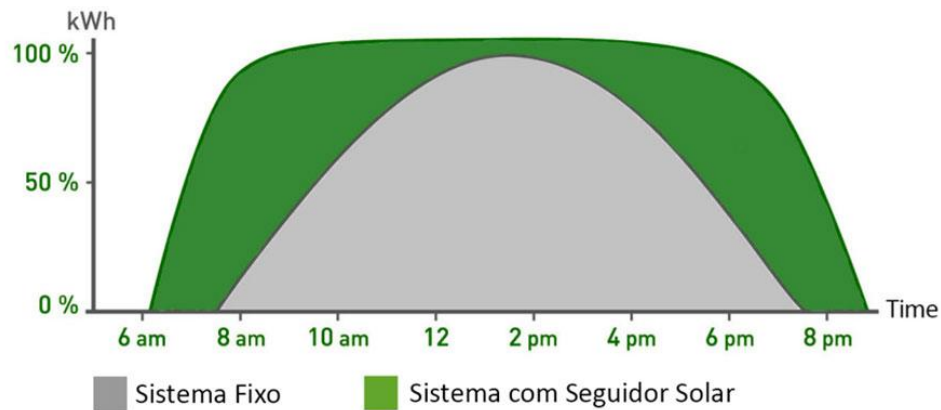
Desvantagens

- Alto custo em comparação com o seguidor solar de eixo fixo;
- Demanda de ajustes maior em comparação com o sistema de eixo fixo.

Atualmente, muitas empresas utilizam os rastreadores solares para otimização da produção de energia elétrica, pois com o rastreador a seguir o astro Sol, tem-se uma perda menor por sombreamento no caso dos painéis solares.

A seguir tem-se um gráfico comparativo que demonstra a eficiência na captura da potência máxima, em verde, quando se utiliza o rastreador solar em sistemas fotovoltaicos. Em comparação com a curva cinza, sistema fixo, consegue-se ter produção de energia com a máxima potência, otimizando o sistema.

Gráfico 1 - Eficiência do sistema rastreador solar em relação ao sistema fixo.



Fonte: Portal Solar. Seguidor Solar – Tracker: Vantagens e Desvantagens. Disponível em:<
<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar-tracker-vantagens-e-desvantagens.html>>.
 Acesso em: 29/01/2022.

2.3 Fibra Óptica Como Condutora Da Luz Solar

A fibra óptica é uma haste flexível, que pode funcionar como um condutor de luz ou dados. No processo de conduzir a luz, a fibra óptica funciona da seguinte maneira: A fonte de luz é apontada para o ponto receptor, a luz é conduzida até o ponto de saída e esse ponto se ilumina, funcionando como uma luminária.

Também é possível trabalhar com a fibra óptica, de forma que as superfícies laterais também se iluminem. Quando a fibra conduz a luz somente até o ponto final, denomina-se Endlight e quando emite luz pelas laterais também, denomina-se Sidelight.

Existem diferentes tipos de fibra óptica e as melhores para iluminação são as com alta taxa de transmissão. Nessas fibras há uma taxa de perda de até 3% de luz a cada metro percorrido.

Atualmente, tem-se várias aplicações para a fibra óptica e uma delas é a iluminação de ambientes. Nesse caso, uma lente converge os raios solares para o ponto da fibra óptica que transmite essa luz para ambientes internos, por meio de uma lente divergente.

2.3.1 – Tipos de Sistemas de Captação e transmissão da luz solar no mercado

2.3.1.1 – Sistema Parans



Figura 3 - Modelo de sistema de iluminação por fibra óptica da empresa Parans Solar Lighting.

Fonte: Parans Solar Lighting. Disponível em <<https://www.parans.com/products/parans-system-sp4-sunlight-collector/>>. Acesso em: 08 de agosto 2021.

Alguns projetos de iluminação por fibra óptica como o utilizado pela empresa sueca Parans, demonstrado na figura acima, utilizam lentes e filtros, conduzindo apenas as características da luz, sem irradiar calor ou raios ultravioletas que danificam as superfícies. Essas lentes podem ser especificadas de acordo com a angulação da abertura de faixa desejada.

Esses sistemas são úteis, por exemplo, em grandes empresas que precisam que suas lâmpadas fiquem acesas durante 24 horas por dia, reduzindo assim, o consumo de eletricidade por meio de lâmpadas que além de serem descartadas, em sua maioria, em locais incorretos ao

final de sua vida útil, consomem eletricidade, sendo que a matriz elétrica brasileira é em sua maioria, dependente dos recursos hídricos, que dependendo da quantidade de chuvas podem causar desde o aumento dos preços das tarifas de energia elétrica, até colapsos do suprimento de energia elétrica, sendo este um risco eminente à população brasileira na atualidade.

O sistema Parans foi desenvolvido na Suécia segue a luz do sol durante o dia e cabos de fibra óptica e transportam a luz do sol através da propriedade de espalhar luz em ambientes, dessa forma a luz solar pode ser utilizada em edifícios e ambientes longe de janelas. A nova e quarta geração do sistema Parans é um sistema modular que pode ser facilmente adaptado e ampliado para fornecer luz desejada ao ambiente e tem a opção de quatro a vinte pontos de luz, além de poder ter o cabo com comprimento personalizado.

É um sistema que contempla cabos de até 100 metros, sendo que, a qualidade dos cabos garante a qualidade da luz, sendo que com essa nova geração os cabos são finos e flexíveis, o que significa pode percorrer caminhos verticais e horizontais e transportando apenas a parte visível da luz eliminando raios ultravioleta e infravermelho.

2.3.1. 2 – Sistema Himawari

O sistema de iluminação solar aproveita a luz solar natural através da unidade de lente coletora de luz e viaja através de cabos de fibra óptica emitindo luz do outro lado para os quartos de casas, escritórios, fábricas, armazéns e outras áreas onde a luz natural é difícil de passar.

O sistema exhibe quase todos os raios ultravioleta permitindo uma atmosfera relaxada que é suave sobre a pele e os olhos.

O sistema Himawari consiste de lentes de unidade que se concentram a luz solar nos terminais de cabos de fibra óptica. A fibra óptica transporta a luz, da maneira mais eficaz, para o ponto onde é necessário (até 150 m). Ele está equipado com um sistema de seguimento automático para detectar com precisão a posição do sol e desempenho máximo ao longo do dia. O sistema Himawari fornece luz solar de alta qualidade: o tom de luz é quente, natural. Filtra os raios ultravioletas, para que a luz é muito suave para os olhos e pele, qualidades que não são obtidos com qualquer iluminação artificial. Portanto, a luz de saída é o espectro de luz visível, principalmente, o melhor para a fotossíntese das plantas. Como o sistema elimina Himawari U.V. raios, móveis e tapetes não perder a cor.

A luz coletada pelo conjunto da lente através de fibras ópticas (F.O.) de vidro de quartzo de alta pureza, que transmitem principalmente a parte visível da luz solar. O F.O. Eles são tão finos e flexíveis que pode transmitir luz sem perda de qualquer espaço em edifícios, seja novo ou velho. Uma vez que o sistema funciona Himawari instalado automaticamente sem controle manual. Para uso em habitação, existem modelos de lentes de 12 e 36 com ou sem painel solar fotovoltaica, equipado com 2 e 6 cabos ópticos, respectivamente fibra. Para estádios grande, com 90 equipes e 198 lentes só de energia, que nos dão os 15 e os 33 cabos de fibra óptica pode ser usado. Cada cabo é composto por 6 fibras ópticas com um diâmetro de 1 mm. Economizar energia e também de manutenção. Despesas Himawari sistema de lentes 12 Operando é inferior 3 centavos de euros por dia. Se um sistema é instalado com painéis solares, os custos operacionais de aço são reduzidos. A cúpula de acrílico, que cobre o sensor assegura uma iluminação natural estável durante um longo período de tempo, evitando os efeitos da chuva e a poeira.

Dois modelos diferentes servem para o ambiente doméstico ou de pequenas empresas, o 12AS alimentado por 240v convencional ou o 12AS-SB unidade alimentada por energia solar. Ambas as unidades estão equipadas com dois, seis cabos de fibra óptica de núcleo.

Cada núcleo de fibra é conectado a uma lente no coletor da luz solar. A luz viaja através de cada um dos núcleos de fibra de 1 mm para o terminal de saída de luz na área designada para que a luz natural brilhe.

Ambas as unidades 12AS ou 12AS-SB têm um total de 12 terminais de saída de luz que podem ser conectados. Cada terminal pode ser colocado próximo uns dos outros para a saída de luz máxima ou para várias áreas.



Figura 4 - Iluminação natural himawari.

Fonte: Polirigido Eco. Disponível em: < <http://www.polirigidoeco.com/pt/produtos/iluminacao-natural/himawari>>. Acesso em: 22/03/2022.

Por esse motivo se faz necessária a utilização da fibra óptica como meio de iluminação, de forma a suprir as necessidades diárias do ser humano, utilizando a luz solar que é uma forma de energia renovável, sem depender dos recursos hídricos, que são uma fonte inesgotável de energia que, em contrapartida, é um recurso escasso para grande parte da população mundial.

2.4 - Luz natural

Existem variados tipos de radiação que são diferenciados pelo seu comprimento de onda. No espectro de radiação muito curta, temos o raio x que tem comprimento de onda de até 10 nm. A partir desse ponto, temos um comprimento de onda maior que é a radiação ultravioleta, que tem seu valor na casa dos 300 nm. Logo após a ultravioleta, tem-se o espectro de luz visível, que varia de 400 nm a 700 nm, aproximadamente. A partir desse espectro de onda, temos comprimentos muito maiores que são as ondas infravermelhas, que é o que o ser humano percebe como calor e as de rádio. Na figura a seguir tem-se uma demonstração dos variados espectros de ondas eletromagnéticas.

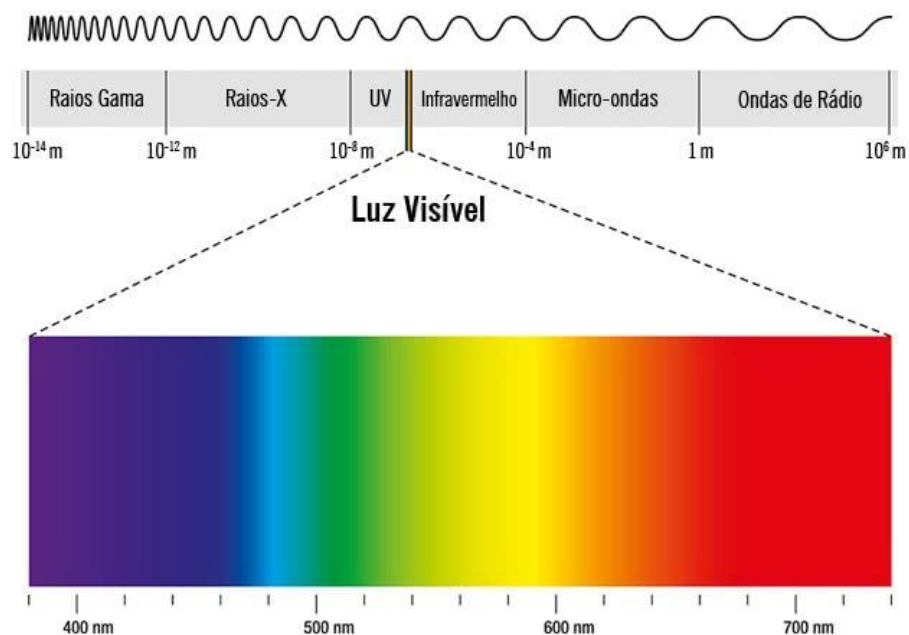


Figura 5 - Luz visível.

Fonte: Toda Matéria. Disponível em < <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>>.

Acesso em: 09 de agosto 2021.

O espectro solar é dividido em três grandes componentes: A radiação ultravioleta, a radiação de luz natural que é vista a olho nú e a radiação infravermelha. Nesse trabalho vamos focar no espectro de luz visível.

Entrando um pouco nas grandezas temos os lúmens que representam uma fatia de luz transmitida por uma fonte de luminosidade é que é medida em candelas/m², que representa em sua totalidade a luz que o ser humano enxerga a olho nú. Quando se fala, por exemplo, que determinada superfície é clara, o que se descreve é a luminância dessa superfície que está refletindo luz diretamente para os olhos humanos.

luz solar direta tem uma eficácia luminosa de cerca de 93 lumens por watt de fluxo radiante. A luz solar brilhante fornece a iluminação de aproximadamente 100.000 lux ou lumens por metro quadrado na superfície da Terra.

Segundo Barbosa (2007) o lux é uma grandeza que se trata daquilo que chega na superfície antes de ser refletido. O lux é o mesmo que lumens por metro quadrado. Logo, caso tenha-se uma fonte luminosa emitindo luz sobre uma superfície, quanto maior a proximidade entre a superfície e o ponto de luz, menor será a área que ele ocupa. Essa afirmação é representada pela equação 1 (Hall & Hentz, 2019).

$$Lm = lux * m^2 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

Lx: Lux (unidade de iluminância);

Lm: Lúmens;

m²: metro quadrado.

A luz solar direta é a que tem maior quantidade de candelas por metro quadrado (cd/m²) e é a fonte mais potente de iluminação e a luz solar difusa é a que tem um segundo nível de

brilho na escala de hierarquia das fontes de luz e ela vai ser diretamente proporcional à quantidade de céu que um determinado ponto iluminado consegue enxergar. Então, quanto maior o ângulo de abertura para o céu, maior vai ser a quantidade de luz difusa que esse ponto vai estar sujeito.

A luz solar difusa é muito mais consistente, pois pode passar uma nuvem em determinado momento no ponto de captação da luz, porém a mesma consegue fornecer uma uniformidade de iluminação muito mais consistente do que a luz natural direta e apesar de a mesma trazer uma parcela de calor, é uma parcela muito pequena e ainda tem o benefício de não trazer o ofuscamento provocado pela luz solar direta, que no caso da luz difusa pode ser controlado.

No caso da iluminação por fibra óptica tem o uso da luz difusa que além de poder ser controlada, tem o benefício de trazer a luz natural para o ambiente.

2.5 - Energia Solar

De acordo com Souza (2005), desde os primórdios dos tempos o ser humano tem estreita ligação com a energia solar, onde o homem fazia o uso da energia advinda do sol para queimar pedaços de madeira e secar alimentos. Tudo isso pode ser comprovado por meio de achados históricos.

A seguir tem-se um breve histórico da energia solar.

- **Século VII a.C.:** Estudos indicam que nessa época o ser humano fazia o uso do vidro, como lupa, para acender fogueiras segundo (Energês, 2020).
- **Século III a.C.:** Ainda segundo o mesmo escritor, no século III a.C. os gregos utilizavam o reflexo da luz para acender tochas;
- **Século II a.C.:** Segundo (Pesquisa Fapesp, 2005) devemos lembrar também o cerco de Siracusa e a heroica defesa graças ao gênio de Arquimedes com os espelhos flamejantes que queimaram as velas dos navios do comandante romano Marcello;
- **Século II a.C.:** Um dos maiores arquitetos de Roma, Vitruvius, escreveu sobre o uso do sol para aquecer edifícios e casas de banho depois de ver casas solares na Grécia. Seu conselho foi aparentemente seguido quando as casas de banho de

100 a 500 dC foram construídas com grandes janelas voltadas para o sul para deixar entrar o calor do sol. Estas janelas foram cobertas com uma pedra transparente, como a mica (uma substância natural como o vidro que se quebra facilmente em camadas finas e não é danificada pelo calor) ou vidro transparente (uma invenção romana do século I dC). Os romanos descobriram que o vidro transparente agia como uma armadilha de calor solar, mantendo as temperaturas dentro de uma sala bastante quentes.

Em 1767 o suíço Horace de Saussure, deu início aos experimentos do que hoje chamamos de aquecedor solar, onde se aquece a água para o consumo de ambientes. Em 1839, Alexandre Edmond Becquerel desenvolveu um dispositivo fotovoltaico. Embora não reconhecido pela ciência, este dispositivo provavelmente foi o primeiro “componente eletrônico”.

Com os avanços da industrialização e com o aumento do efeito estufa, o homem vê cada vez mais a necessidade de utilizar fontes alternativas de energia, como a energia solar, para suprir os seus processos.

Todas as fontes de energia que tem a probabilidade de ser substituída por combustíveis fósseis pode ser chamada, assim, de energia renovável que o tipo de energia que independente do uso, não se esgotará e impactam o meio ambiente de forma a não o destruir por completo, diferentemente da energia advinda das fontes de energia não renováveis.

Um das principais fontes de energias alternativas que se tem no Brasil é a energia solar, pois ela é abundante em todo o território. Quando se analisa o Mapa de Radiação Solar Brasileiro, como na figura a seguir, entende-se que o país possui um cinturão solar que vai da região centro oeste para a região nordeste.

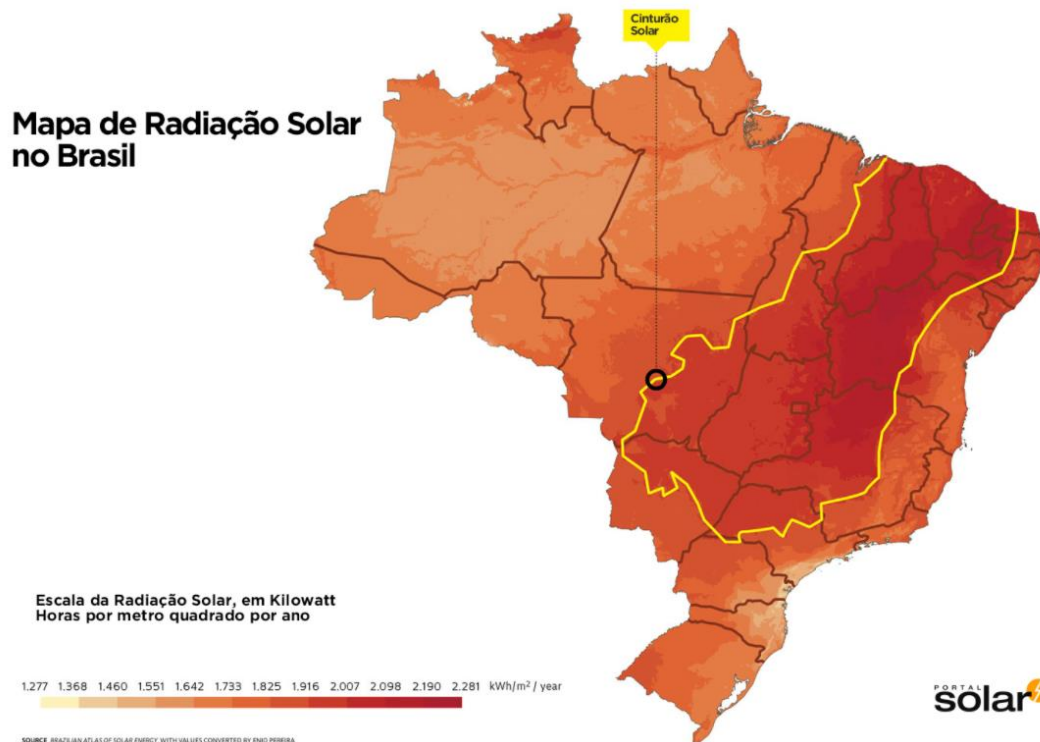


Figura 6 - Mapa de Radiação Solar no Brasil.

Fonte: Adeel – Mapa de Radiação Solar no Brasil. Disponível em: < <https://www.adeel.com.br/mapa-de-radiacao-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 23/01/2022.

Quando se fala em energia solar é importante falar sobre radiação, que pode ser direta ou indireta. A radiação solar direta é o tipo de radiação que é recebida diretamente pelo objeto, onde neste caso em específico do projeto, estamos falando da fibra óptica.

Um outro tipo de radiação, que é recebida em objetos próximo ao solo, como é o caso da radiação solar direta, porém agora, refletida pelas nuvens, é a radiação difusa. Além disso, há também a radiação de albedo que é refletida por objetos próximo ao solo ou pelo próprio solo.

2.6 - Automação

A automação é um reflexo da vontade do ser humano em evoluir e fazer com que os seus processos fiquem cada vez mais satisfatórios. Com a revolução industrial o homem teve a oportunidade de desenvolver desde controladores automáticos até mísseis que alcançam grandes distancias, com erros quase que inexistentes.

Com o passar dos anos as máquinas automáticas foram se estabelecendo e ficando cada vez mais robustas, mais baratas e mais eficientes. Com isso, surgiram os robôs que são dispositivos eletromecânicos que realizam atividades por meio de controle lógico programável.

Segundo Vilela & Vidal (2003) a automação é a operação de máquina ou de sistema automaticamente ou por controle remoto, com a mínima interferência do operador humano. Automação é o controle de processos automáticos. Automático significa ter um mecanismo de atuação própria, que faça uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições.

A automação pode fazer com que o ambiente fique mais sustentável controlando as funcionalidades do dia-a-dia, também pode fazer com que o imóvel fique mais seguro e inclusive auxilia na adaptação do local ao usuário, como idosos, deficientes, crianças e adultos.

Tudo o que tiver conectividade elétrica é possível de automação. Existem soluções sem fio que são mais simples e outras que são mais complexas, onde se tem um cabeamento, caixas específicas, centrais que podem ou não depender de obras para serem implantadas.

2.7 - Produção de Vitamina D

Foi no ano de 2002 que David Berson, detectou a relação da luz com um terceiro tipo de fotorreceptor na retina dos mamíferos, sendo o elo que faltava para descrever o mecanismo dos efeitos biológicos controlados pelo ciclo claro e escuro. Esse receptor recém-descoberto é responsável pela forma com que o olho recebe a luz e a converte em um sinal elétrico, para, então, ser interpretado no cérebro. Esse receptor não está relacionado com a visão, mas, juntando-se a outro foto pigmento, chamado melaptosin, e através de um processo bioquímico, ele controla a glândula pineal (localizada no cérebro) para produzir um importante hormônio chamado melatonina, que controla muitas funções biológicas. O sistema circadiano, que regula as funções corporais, baseia-se nos sinais enviados por esse receptor. Tschiedel (2021).

Segundo Lam (1986), o sol é responsável pela produção de vitamina D no organismo, sendo ela a responsável por favorecer o absorvimento do cálcio pelo corpo humano.

Fica evidente que essa descoberta trouxe a explicação de muitos benefícios que a luz natural pode trazer ao ser humano como por exemplo, a produção de vitamina D pelo organismo

ao entrar em contato com a luz solar, pois o sol é responsável por 90% dessa vitamina que o corpo recebe.

2.8 POEIRA

Um fato importante que pode provocar perdas em um sistema que utiliza a energia solar é o acúmulo de poeira que pode interferir na capacidade de absorção desse tipo de energia, reduzindo-a.

Segundo Silva et al (2019) quando se compara dois módulos fotovoltaicos, um com poeira e outro sem poeira, observa-se que os limpos geram um total de 26,6 kWp a mais do que os módulos que estão empoeirados, onde esses apresentam uma elevação de temperatura de 10 °C.

3. MATERIAL E MÉTODOS

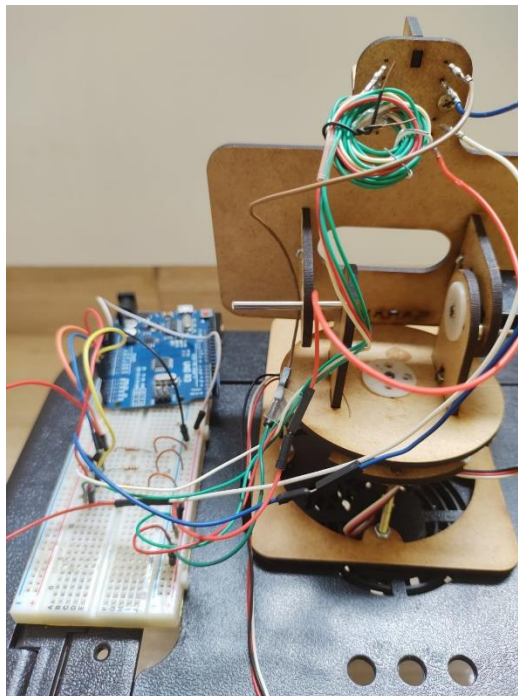


Figura 7 - Protótipo do seguidor solar.

Fonte: Elaboração própria.

Foram realizados testes para verificar a eficiência do sistema composto por fibra óptica e seguidor solar. A seguir, tem-se uma lista dos materiais que foram utilizados:

- 1 Arduíno Uno;
- 1 Painel Seguidor Solar 2 Eixos MDF Solar Smart Tracker;
- Pasta para soldar 110g;
- Estanho Tambasa 22g;
- Ferro de Solda Hihari Plus 60W;
- 1 Alicata de corte;
- 1 Protoboard 830 Pontos MB-102;
- Servo Motores - E-Sky EK2-0508 - Micro Servo;
- Resistências de 22 k ohms;
- 20 Jumpers macho x fêmea 20 cm;
- LDR;
- Placas de MDF 90cm x 90 cm x 0,3 cm;
- 1 Luxímetro LD-400;
- 1 Multímetro IT-BLUE LE-971;
- 1 Lente de Fresnel.

3.1 - Definições

3.1.1 - Arduíno Uno



Figura 8 - Arduino Uno.

Fonte: Elaboração própria.

O Arduino Uno é composto por uma placa eletrônica que serve como base para estudos de protótipos, controlando-os. No projeto em questão, o Arduino é utilizado para automatizar o sistema por meio do código de programação imputado nele.

Especificações Técnicas:

- Microcontrolador: ATmega328;
- Tensão de operação: 5V;
- Tensão de alimentação (recomendada): 7-12V;
- Tensão de alimentação (limite): 6-20V;
- Entradas e saídas digitais: 14 das quais 6 podem ser PWM;
- Entradas analógicas: 6;
- Corrente contínua por pino de I/O: 40 mA;
- Corrente contínua para o pino 3.3V: 50 mA;
- Memória Flash: 32 KB (ATmega328) dos quais 0.5 KB são usados pelo bootloader;
- Memória SRAM: 2 KB (ATmega328);
- EEPROM: 1 KB (ATmega328);
- Velocidade do Clock: 16 MHz;

- Dimensões: 68,58mm x 53,34mm;
- Peso: 50g.

Fonte: Baú da Eletrônica. Disponível em: < https://www.baudaeletronica.com.br/arduino-uno-r3.html?gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi8GFuB1WvAj-K99hOG97XSrpT23mu6Dd61a1RhuIdEwCpUtdfa9m7hoC9tEQAvD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.2 - Painei Seguidor Solar 2 Eixos MDF Solar Smart Tracker



Figura 9 - Base seguidor solar MDF.

Fonte: Elaboração própria.

O Painei Seguidor Solar 2 Eixos MDF Solar Smart Tracker é uma base para o seguidor solar, inicialmente pensada para placas solares, porém adaptada para este projeto como base para a fibra óptica de movimentar nos dois eixos com o auxílio do arduíno e servo-motores, também acoplados na placa.

Especificações Técnicas:

- Painel Seguidor Solar 2 Eixos MDF Solar Smart Tracker
- Modelo: PSMDFSV
- Base ampla para acomodar a placa controladora
- Composição: MDF (Medium Density Fiberboard)
- Origem: Brasil
- Tamanho: 230mm Largura x 160mm Profundidade x 195mm Altura
- Peso: 230g

Fonte: Saravati. Disponível em: < https://www.saravati.com.br/solar-tracker-2-eixos-mdf-diy-estrutura-para-montar?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi3VAG9TGZGmrqcabU95wAAzEkhUftPA0Pn00JAWr6mzLYXSZcZCJsBoCMmIQA vD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.3 - Pasta para Soldar Emavi 110g



Figura 10 - Pasta para soldar.

Fonte: Elaboração própria.

Essa pasta serve para facilitar o processo de soldagem dos jumpers nos LDR's, utilizados no projeto, fazendo com que o estanho se ligue de maneira mais eficaz ao metal utilizado nos componentes eletrônicos.

Especificações Técnicas:

- Textura: Pasta;
- Conteúdo: 110g;
- Marca: Emavi;
- EAN: 7898315310173;
- Modelo: Pasta.

Fonte: Hiperfer. Disponível em: < <https://www.hiperfer.com.br/pasta-para-soldar-110g-emavi>>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.4 - Estanho Tambasa 22g



Figura 11 - Estanho.

Fonte: Elaboração própria.

O estanho foi utilizado no projeto para promover a liga entre o metal dos componentes eletrônicos.

Especificações técnicas:

- Diâmetro: 1mm;
- Fluxo: RA (Resinal);
- Comprimento 4m;
- Peso: 22g.

Fonte: Baú da Eletrônica. Disponível em:< https://www.baudaeletronica.com.br/tubo-de-solda-estanho-22g-1mm.html?gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi_kMJqpmBoLQ5VNQ0OfIeoAdpady29iioMJiFJka_YYVIGw4B5URBoClz4QAvD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022

3.1.5 - Ferro de Solda Hihari Plus 60W



Figura 12 - Ferro de Solda.

Fonte: Elaboração própria.

O ferro de solda é um elemento com ponta que possui uma resistência interna para aquecer a sua extremidade, que é utilizada para aquecer o estanho e promover a liga entre metais. No projeto ele foi utilizado para soldar os LDR's aos jumpers.

Especificações Técnicas:

- Potência de consumo: 50W
- Temperatura máxima: 510°C
- Voltagem: 220V
- Comprimento: 185mm
- Peso: 135g
- Garantia: 3 meses

Fonte: Baú da Eletrônica. Disponível em: < https://www.baudaeletronica.com.br/ferro-de-solda-hikari-plus-sc-60-220v.html?gclid=CjwKCAjwrfCRBhAXEiwAnkmKmSksz0DGmHv9ZbImbB9g_kJk1BIUz-yEqLiCpqrpcCoQlhXTW5i1vBoC7b0QAvD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.6 - Alicate de Corte Diagonal



Figura 13 - Alicate de corte.

Fonte: Elaboração própria.

O alicate de corte utilizado no projeto serviu para aparar as pontas dos LDR's e cortar cabos.

Fonte: Larinferr. Disponível em:< https://www.larinferr.com.br/ferramentas-manuais/alicates/de-corte/alicate-de-corte-diagonal-4-tramontina?parceiro=2423&gclid=CjwKCAjwxOCRbA8EiwA0X8hi1S4fmvNFEchgk1MCMLftQ7H9pb32JTnHCZ2J-CfSj3Wx8u8xboqoBoCIzkQAvD_BwE>. Acesso em 22/02/2022.

3.1.7 - Protoboard 830 Pontos MB-102



Figura 14 - Protoboard.

Fonte: Elaboração própria.

A protoboard foi utilizada no projeto para auxílio na montagem do sistema servindo como ponte para ligação dos componentes eletrônicos ao arduíno.

Especificações Técnicas:

- Modelo: Protoboard 830 Pontos MB-102
- Ideal para protótipos de circuitos eletrônicos para futuros projetos
- Base Adesivada
- Furo padrão 0.8mm
- Corrente máxima: 5A
- Tensão máxima: 300V
- Cor: Branco
- Dimensões: (C x L x A) 162 x 55 x 10 mm

Fonte: Bau da Eletrônia. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/protoboard-830-pontos-mb-102.html?gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi6Y->

rp4EP479pL2aYDJ0EICw0ECpAmCwIkATCSsc73Tw8AzgkABfYJxoCEjEQAvD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.8 - Servo Motores - E-Sky EK2-0508 - Micro Servo

Os servos motores são motores que controlam precisamente o torque, a posição e a velocidade por meio da compilação de um código de linguagem de programação. Os servos motores utilizados nos projetos serviram para movimentar o sistema em dois eixos.



Figura 15 - Servo motor.

Fonte: Elaboração própria.

Especificações Técnicas:

- Modulação: Digital;
- Torque: 4,8 V: 18,00 oz-in (1,30 kg-cm)
- Velocidade: 4,8 V: 0,12 seg/60°
- Peso: 0,28 onças (8,0 g)

- Dimensões: Comprimento:0,90 pol (22,9 mm)
- Largura:0,45 pol (11,4 mm)
- Altura:0,82 pol (20,8 mm)

Fonte: Servo Data Base. Disponível em: < <https://servodatabase.com/servo/e-sky/ek2-0508>>. Acesso em: 22/02/2022.

3.1.9 - Resistências de 22 k ohms

As resistências utilizadas no projeto foram as de 22 k ohms e a sua função principal é limitar a passagem de corrente elétrica ao transformar a energia elétrica em energia térmica.



Figura 16 - Resistência de 22 k ohms.

Fonte: Elaboração própria.

Especificações Técnicas:

- Resistência: 22K Ohms
- Tolerância: $\pm 1\%$
- Potência: 1W
- Tipo: Carbono

Fonte: LaEletronica. Disponível em:< <https://laelectronica.com.gt/resistencia-22k-ohm-a-1-w>>. Acesso em: 22/02/2022.

3.2.0 - Jumpers macho x fêmea 20 cm



Figura 17 - Jumpers macho e fêmea.

Fonte: Elaboração própria.

Os jumpers macho x fêmea são utilizados no projeto para fazer as ligações dos componentes eletrônicos com o arduíno uno.

Fonte: Eletrogate. Disponível em:< https://www.eletrogate.com/jumpers-macho-femea-20-unidades-de-20-cm?gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi7_zPziIyb5tl5mEC0UZQP60aq-ZGQDEXpjlbxrE7lhjYIP-IKSNFRoC1IYQAvD_BwE>. Acesso em: 22/02/2022.

3.2.1 - LDR – Light Dependent Resistor



Figura 18 - LDR's.

Fonte: Elaboração própria.

O LDR é um resistor que conforme a luminosidade sobre ele varia, a sua resistência também varia e ele opera apenas sob a luz visível. No projeto em questão, o LDR emitirá um sinal analógico que será escrito no Monitor Serial do Arduino. Com isso, por meio dos LDR's a posição do Sol será lida e dessa, maneira os servos motores irão movimentar na horizontal e na vertical para acompanhar o sol automaticamente, mediante o código de programação. Caso haja um aumento da luz incidida sobre o LDR, menor será o valor da resistência.

Especificações Técnicas:

- Diâmetro: 5 mm;
- Tensão máxima: 150 VDC;
- Potência máxima: 100 mW;
- Tensão de operação: -30°C a 70°C;
- Espectro: 540 nm;
- Resistência no escuro: 1 MO (Lux 0);
- Resistência na luz: 0-20 KO (Lux 10).

Fonte: Mercado Livre. Disponível em:< <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1144806978-10-pecas-ldr-5mm-fotoreistor-p-pic-arduino-sensor-de-luz-JM?quantity=1>>. Acesso em: 22/02/2022.

3.2.2 - Placas de MDF 90cm x 90 cm x 0,3 cm



Figura 19 - Placa de MDF.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 20 - Caixa de MDF.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 21 - Montagem da caixa de MDF.

Fonte: Elaboração própria.

As placas de MDF utilizadas no projeto serviram para construir uma caixa que imita um cômodo de uma casa. Como foi desenvolvido um protótipo de seguidor solar, se fez necessário construir um cubo fechado que imitasse um quarto fechado. Para selar as arestas e manter a caixa de MDF bem fechada, sem interferência de luz, foi utilizada fita isolante.

Especificações técnicas:

- Material: MDF
- Medidas: 90 cm x 90 cm x 0,3 cm

Onde encontrar: Madefer Ferragens e Mdf Ltda. Av. Pauzanes de Carvalho, 527 - St. Pausanes, Rio Verde - GO, 75900-000.

3.2.3 - Luxímetro LD-400



Figura 22 - Luxímetro.

Fonte: Elaboração própria.

O Luxímetro utilizado no projeto serviu para medir a intensidade de luz dentro da caixa de MDF. Para um conforto e bem estar é necessário que cada ambiente tenha o seu valor máximo de lux, por isso foi utilizado o luxímetro.

Especificações Técnicas:

- Display: LCD 3½ dígitos 1,8”;
- Atende a norma NHO 11;
- Seleção de escala automática ou manual;

- Tipo de Luz medida: Todas as luzes visíveis;
- Função de máximo e mínimo;
- Seleção de unidade LUX/FC;
- Função de congelamento das leituras (Hold);
- Gravação de dados automática;
- Fotocélula com cabo em espiral, extensível até 1 metro;
- Escalas de medição: 200, 2000, 20000, 200000Lux (20000Lux leitura x10) e (200000Lux leitura x100);
- Resposta espectral: CIE (CIE curva de resposta próxima do olho humano);
- Precisão espectral: $\leq 6\%$;
- Resposta de cosseno: $\leq 2\%$;
- Precisão: $\pm 3\% \pm 10$ dígitos ($< 10000\text{Lux}$) / $\pm 4\% \pm 10$ dígitos ($\geq 10000\text{Lux}$);
- Resolução: $200\text{Lux} = 0,1\text{Lux}$ (2000, 20000 e $200000\text{Lux} = 1\text{Lux}$);
- Repetibilidade: $\pm 2\%$;
- Característica de temperatura: $\pm 0,1\% / ^\circ\text{C}$;
- Tempo de resposta: 0,5 segundo;
- Sensor: Fotodiodo de silício com filtro;
- Calibrado para lâmpada incandescente padrão com temperatura de cor de 2856K;
- Indicação de bateria fraca;
- Indicação de sobrefaixa;
- Autonomia de bateria: Aprox. 200 horas (pilhas alcalinas);
- Possui holster de borracha antideslizante;

- Fotocélula com rosca de 1/4 para conexão de tripé;
- Dimensões do sensor: (87 x 55 x 20) mm;
- Temperatura de Operação: 0 a 40°C;
- Umidade de Operação: 30 a 80%U.R.;
- Alimentação: 2 pilhas “AAA” de 1,5V;
- Peso: 180g (incluindo bateria);
- Dimensões(LxAxP): (185 x 55 x 30) mm.

Fonte: Disponível em:< <https://www.instrutherm.com.br/luximetro-digital-mod-ld-400>>. Acesso em:22/02/2022.

3.2.4 - Multímetro IT-BLUE LE-971

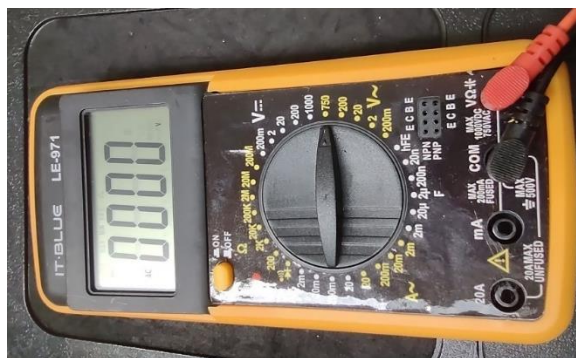


Figura 23 - Multímetro.

Fonte: Elaboração própria.

No projeto, o multímetro foi utilizado para verificação de curto-circuito.

Especificações Técnicas:

- Marca: It-Blue;
- Modelo: LE-971;
- Cor: Preto e Amarelo;
- Display: 3^{1/2} dígitos LCD com leitura máxima de 1999;
- LCD Tamanho: 67x42mm;
- Indicação de polaridade: "-" Mostra automaticamente;
- Indicação de over-range: Only "1" displayed;
- Range Select: Manual;
- Temperatura de operação: 0°C ao 40°C, menos 80%RH;
- Temperatura de armazenagem: -10°C a 50°C, menos 85%RH;
- Função Auto Power OFF: Desliga o equipamento depois de 15 minutos ocioso;

Fonte: Disponível em: <<https://www.mundonerdsz.com/multimetro-digital-profissional-com-bipe-e-power-off-it-blue-le-971>>. Acesso em: 22/02/2022.

3.2.5 - Lente de Fresnel



Figura 24 - Lente de Fresnel Cartão.

Fonte: Elaboração própria.

A lente de Fresnel utilizada no projeto foi a do tipo cartão. Esse tipo de lente foi utilizado para focar a luz do sol na extremidade da fibra óptica. Com esse tipo de lente consegue-se ter uma abertura maior mesmo que em uma distância pequena.

Especificações Técnicas:

- Tipo de lupa: Tamanho cartão de crédito;
- Com luz: Não;
- Função da lupa: sim;
- Zoom máximo: 4x;
- Dimensões: formato 90 × 50 mm.

Fonte: Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1017849877-kit-2-lentes-aumento-fresnel-4x-tamcarto-de-credito-_JM>. Acesso em: 22/02/2022.

3.2.6 - Fibra Óptica

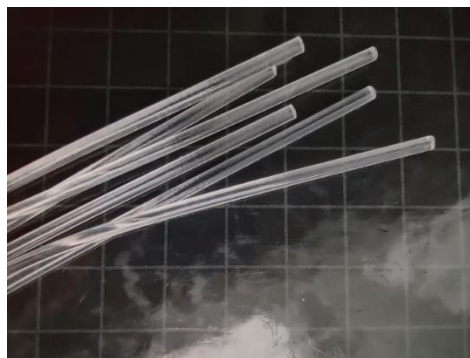


Figura 25 - Fibra óptica.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 26 - Teste fibra óptica.

Fonte: Elaboração própria.

A fibra óptica utilizada no projeto foi a de 3mm. Ao todo foram necessárias 6 fibras.

Especificações Técnicas:

- Material:PMMA
- Diâmetro: 3.0mm
- Temperatura de trabalho: -20-+ 100 graus celsius
- Perda óptica: 7000db/km
- Faixa de comprimento de onda: 380-780

Fonte: Disponível em: < <https://pt.aliexpress.com/item/4000954168739.html>>. Acesso em: 02/01/2022.

3.2.7 - Lente Difusora

A lente difusora utilizada serviu para ser acoplada a um copo plástico para dar corpo a uma lâmpada criada para testes da luminosidade da fibra óptica.



Figura 27 - Lente difusora.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 28 - Esquema lâmpada de lente difusora.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 29 - Lâmpada acoplada à tampa da caixa de MDF.

Fonte: Elaboração própria.

Especificações Técnicas:

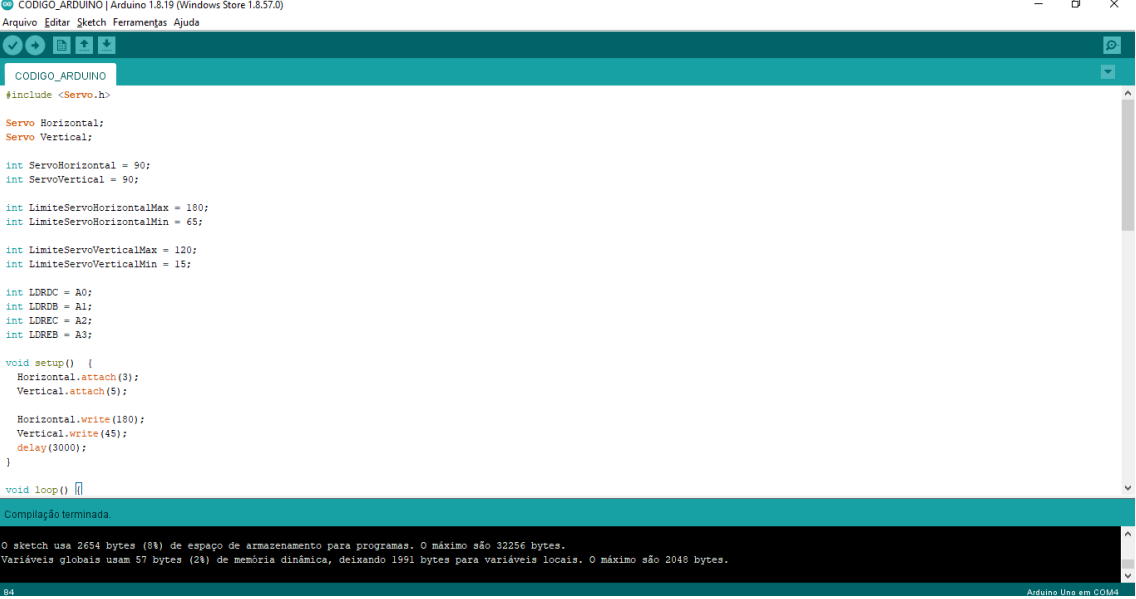
- Angulação: 90°;
- Quantidade de LEDs Suportados: 1 LED;
- Dimensões da Lente DxA [mm]: 44 x 12;
- Acabamento da Superfície: Cristal;
- Material da Lente: Vidro.

Fonte: Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1072871859-lente-para-power-led-10w-a-100w-44mm-90-graus-em-vidro-k2393-_JM?matt_tool=31508429&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413595&matt_ad_group_id=125984286477&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=539354956065&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=109546010&matt_product_id=MLB1072871859&matt_product_partition_id=1636348405419&matt_target_id=aud-1456438191359:pla-1636348405419&gclid=CjwKCAjwiuuRBhBvEiwAFXKaNfY7k3GDNwvYXMSTPXQ3_uziLSA0nVpxIz53JPB_cXbxd8pKFcZ64BoCB2IQAvD_BwE>. Acesso em: 02/02/2022.

3.3 - Código Utilizado

O código utilizado utiliza a biblioteca Servo e o mesmo foi compilado via Arduino IDE, um aplicativo para auxílio de prototipagem, via Arduino Uno. Essa programação foi simples e basicamente é feita uma verificação dos sensores LDR's e conseqüentemente movimentação dos dois servos motores. Dependendo da movimentação do sol, o LDR irá transmitir um tipo de sinal de acordo com a sombra contida em cada compartimento que contém os LDR's.

Para compilar o programa no Arduino IDE, basta clicar arquivo -> novo. Em seguida é preciso digitar o código e clicar em verificar. Há também, a possibilidade de fazer a leitura do sinal dos LDR's, por meio do botão "Monitor Serial".



```

CODIGO_ARDUINO | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

CODIGO_ARDUINO
#include <Servo.h>

Servo Horizontal;
Servo Vertical;

int ServoHorizontal = 90;
int ServoVertical = 90;

int LimiteServoHorizontalMax = 180;
int LimiteServoHorizontalMin = 65;

int LimiteServoVerticalMax = 120;
int LimiteServoVerticalMin = 15;

int LDRDC = A0;
int LDRDB = A1;
int LDREB = A2;
int LDREC = A3;

void setup() {
  Horizontal.attach(3);
  Vertical.attach(5);

  Horizontal.write(180);
  Vertical.write(45);
  delay(3000);
}

void loop() {}

Compilação terminada.

O sketch usa 2654 bytes (8%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 57 bytes (2%) de memória dinâmica, deixando 1951 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.

84 Arduino Uno em COM4

```

Figura 30 - Tela do programa Arduino IDE.

Fonte: Elaboração própria.

Código do Sistema Seguidor Solar de Dois eixos

```
#include <Servo.h>

Servo Horizontal;

Servo Vertical;

int ServoHorizontal = 90;

int ServoVertical = 90;

int LimiteServoHorizontalMax = 180;

int LimiteServoHorizontalMin = 65;

int LimiteServoVerticalMax = 120;

int LimiteServoVerticalMin = 15;

int LDRDC = A0;

int LDRDB = A1;

int LDREC = A2;

int LDREB = A3;

void setup() {

  Horizontal.attach(3);

  Vertical.attach(5);
```

```
Horizontal.write(180);

Vertical.write(45);

delay(3000);

}

void loop() {

    int LDC = analogRead(LDRDC);

    int LEC = analogRead(LDREC);

    int LDB = analogRead(LDRDB);

    int LEB = analogRead(LDREB);

    int tol = 50;

    int ValorSup = (LDC + LEC) / 2;

    int ValorInf = (LDB + LEB) / 2;

    int ValorDir = (LDC + LDB) / 2;

    int ValorEsq = (LEC + LEB) / 2;

    int DifSupInf = ValorSup - ValorInf;

    int DifDirEsq = ValorDir - ValorEsq;

    /*-----*/
```

```
if (-1 * tol > DifSupInf || DifSupInf > tol) {  
  
    if (ValorSup > ValorInf) {  
  
        ServoVertical = ++ServoVertical;  
  
        if (ServoVertical > LimiteServoVerticalMax) {  
  
            ServoVertical = LimiteServoVerticalMax;  
  
        }  
  
    }  
  
    else if (ValorSup < ValorInf) {  
  
        ServoVertical = --ServoVertical;  
  
        if (ServoVertical < LimiteServoVerticalMin) {  
  
            ServoVertical = LimiteServoVerticalMin;  
  
        }  
  
    }  
  
    Vertical.write(ServoVertical);  
  
}  
  
  
if (-1 * tol > DifDirEsq || DifDirEsq > tol) {  
  
    if (ValorDir > ValorEsq) {  
  
        ServoHorizontal = --ServoHorizontal;  
  
        if (ServoHorizontal < LimiteServoHorizontalMin) {
```



```
ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMin;

}

}

else if (ValorDir < ValorEsq) {

    ServoHorizontal = ++ServoHorizontal;

    if (ServoHorizontal > LimiteServoHorizontalMax) {

        ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMax;

    }

}

else if (ValorDir = ValorEsq) {

}

Horizontal.write(ServoHorizontal);

}

delay(100);

}
```

3.4 - Montagem do Sistema

Inicialmente foram montadas as partes da base para o seguidor solar de MDF, onde posteriormente foram colados, com cola quente, os servos motores para movimentar a base no eixo horizontal e no eixo vertical. Dessa maneira, consegue-se estabilidade na movimentação dos motores.



Figura 31 - Base seguidor solar de MDF.

Fonte: Elaboração própria.

Após a montagem da base, foram iniciados os processos de ligação dos 4 LDR's ao Arduíno uno, cada fio em sua respectiva posição, condizente com o código de programação atrelado ao Arduino.

O sistema em questão pega a diferença de leitura de cada LDR e verifica em relação a uma tolerância, desse modo, caso exista uma discrepância muito superior em relação a que foi definida, tem-se que o rastreador solar permanecerá parado, se não deverá procurar o Sol.

Em seguida, foram ligados os servos motores na placa e os mesmos foram alimentados por uma tensão de 5 volts. Como os servos motores utilizam sinal digital, os mesmos foram ligados nas portas digitais D3 e D5 do Arduino.

Abaixo, tem-se o esquema de ligação do rastreador solar de 2 eixos na placa do Arduino.

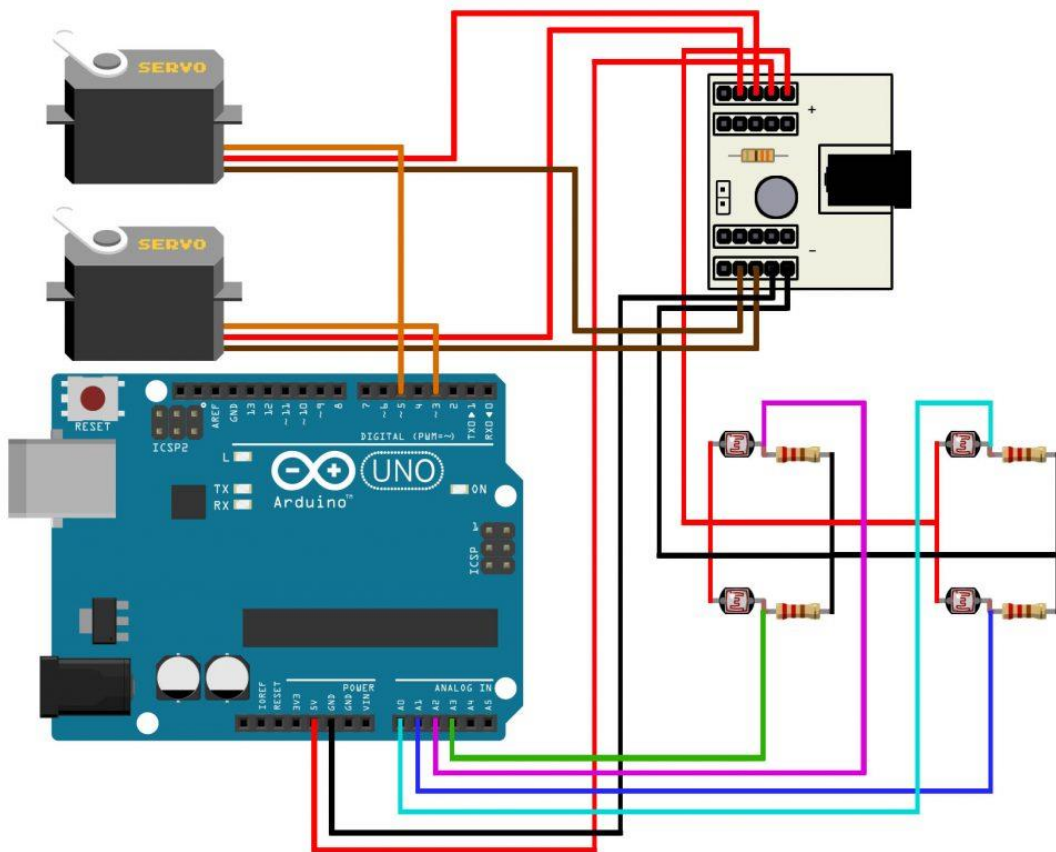


Figura 32 - Esquema de ligação do sistema seguidor solar de dois eixos.

Fonte: Usinainfo. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/>>. Acesso em 10/02/2022.

Com as ligações efetivadas, foram feitos ajustes nos jumpers para fortalecimento de conexões, por meio de solda com estanho. Em seguida, foi compilado o código de programação do Arduino para rastrear o sol a partir dos LDR's

Com o código compilado e com as ligações feitas, é possível ver o sistema rotacionar no eixo horizontal e vertical, para encontrar o melhor aproveitamento do Sol.

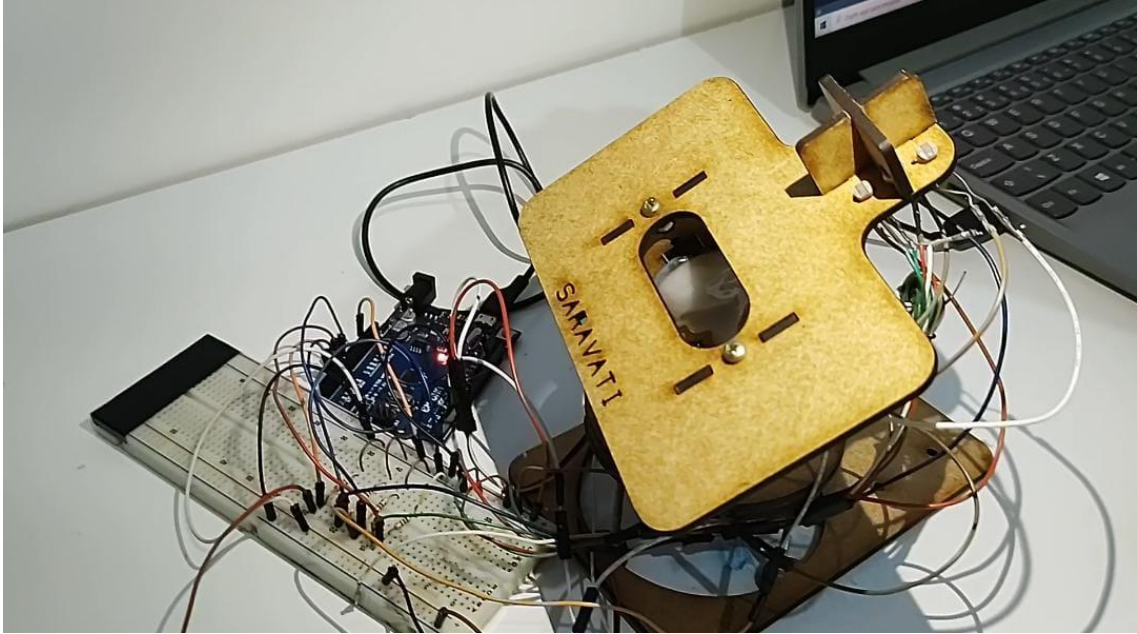


Figura 33 - Seguidor solar de dois eixos.

Fonte: Elaboração própria.

Após fazer os testes, para checar se o sistema está realmente seguindo o Sol, foi feita a acoplagem da fibra óptica no sistema, juntamente com a lâmpada criada com a lente difusora.

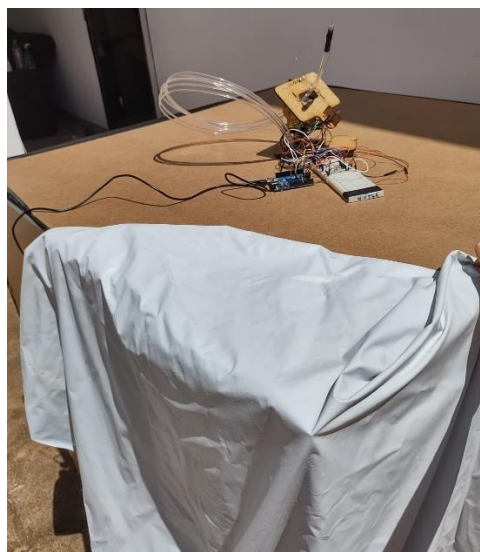


Figura 34 - Protótipo seguidor solar de dois eixos.

Fonte: Elaboração própria.

Para que inclusive a porta da caixa fosse vedada, ela foi coberta com cortina Blackout para impedir a passagem de luz por meio da caixa, apesar de que ela já havia sido selada com fita isolante, onde ao todo foram gastos 20 metros de fita.

Como ventava muito no local de teste, para segurar a cortina na caixa foram utilizadas barras de ferro.

Para medir a quantidade de luz gerado pela fibra dentro da caixa de 90 cm x 90 cm x 0,3 cm, foi utilizado um luxímetro para medir o interior da caixa, ficando apenas o visor do lado de fora.



Figura 35 - Medição com luxímetro.

Fonte: Elaboração própria.

Para que a transmissão da luz solar pela fibra óptica seja potencializada, foi utilizada uma lente de Fresnel do tamanho padrão de cartão.

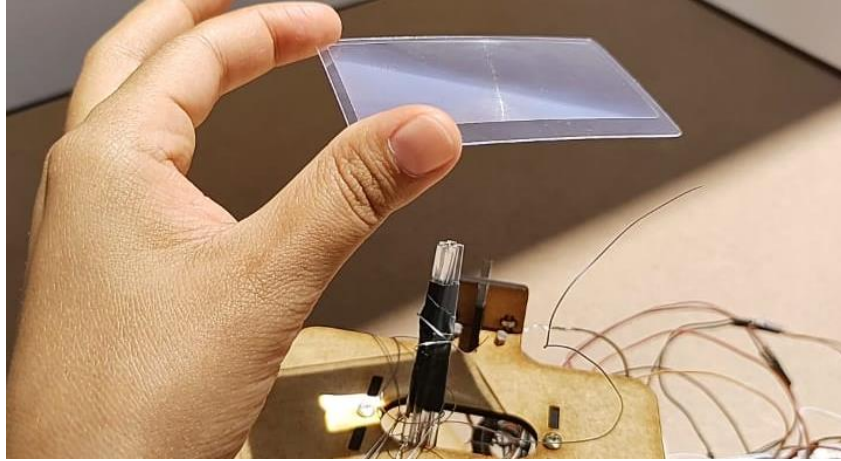


Figura 36 - Lente focalizando a luz solar no sistema.

Fonte: Elaboração própria.

Percebendo a dificuldade de posicionamento da lente para focalizar a luz do sol na extremidade da fibra óptica, foi criado um suporte para que fosse possível realizar o experimento. O suporte é demonstrado na figura a seguir.



Figura 37 – Suporte para a lente de Fresnel.

Fonte: Elaboração própria.

O tubo é composto por papelão, possui uma tampa para fechá-lo e para poder direcionar a fibra óptica corretamente na direção da luz solar. A lente de Fresnel foi posicionada há 21 cm acima da extremidade da lente, no suporte, pois nessa distância consegue-se um aproveitamento melhor da luz solar.

Além disso, com o auxílio de um medidor de radiação solar, foi possível realizar a medição da radiação solar incidente na fibra óptica, sem a interferência da luz solar indireta, acoplando a esse medidor, um tubo de papelão de 30 cm pintado de preto em seu interior, o mesmo que foi utilizado para o suporte da lente de Fresnel. Com isso conseguiu-se medir um total de 1292,2 W/m².

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dado máximo de lux capturados pelo luxímetro dentro da caixa de 90 cm x 90 cm x 0,3 cm, foi de 656 lux. Esse valor foi obtido a partir do fato de que a lente de Fresnel estava a 21 cm de distância da extremidade da fibra óptica, focalizando a luz solar na ponta da fibra. Além disso o luxímetro estava medindo a quantidade de lux há uma distância de 60 cm da lente difusora.



Figura 38 - Luxímetro medindo a quantidade de lux.

Fonte: Elaboração própria.

Outras medidas também foram retiradas com a variação da distância focal da lente e quanto maior, menor a quantidade de lux produzida em um cômodo de uma casa.

A partir da radiação solar medida, que foi de $1292,2 \text{ W/m}^2$, é possível calcular a quantidade de lumens que chega na lente. Levando em conta que há uma eficácia luminosa de 93 lumens por watt de fluxo radiante. Então, temos o valor de 120.174,6 lumens chegando na lente.

A radiação solar foi medida com o aparelho Digital Solar Power Meter, que é importado.

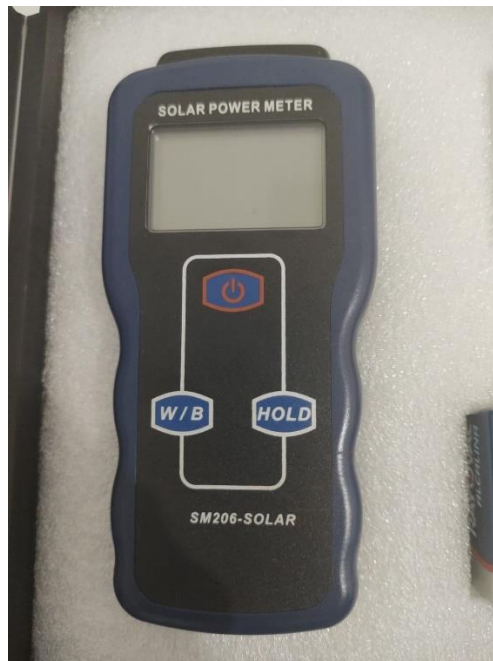


Figura 39 - Solar Power Meter.

Fonte: Elaboração própria. Disponível em: <https://www.amazon.com/Irradiance-Radiation-Measuring-Insolation-Instrument/dp/B08P5HC5RP/ref=sr_1_11?keywords=solar+power+meter&qid=1649708273&sr=8-11>. Acesso em: 22/02/2022.

A abertura da lente utilizada no sistema é de 90° e por esse motivo há diferenças na iluminação conforme varia-se o ângulo de inclinação em relação à normal, como demonstrado na tabela a seguir.

O ângulo de 90 graus foi dividido 6 partes para que seja possível entender qual a quantidade aproximada de lumens que é reproduzida no ambiente.

Tabela 1 - Resultados das aferições com luxímetro.

Ângulo de inclinação na medição	Lux capturado (lux)	Área Calculada $2\pi r^2$ (sem Xi – sem Xf)	Lumens
0° até 15°	13,7	0,2141 m ²	2,9332
15° até 30°	14	0,6277 m ²	8,7878
30° até 45°	18	0,9985 m ²	17,9730
45° até 60°	32	1,3013 m ²	41,6416
60° até 75°	199	1,5154 m ²	301,5646
75° até 90°	375	1,6262 m ²	609,8250
Lumens Total:			982,7252

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com as medições é possível entender que a quantidade de lux que ilumina o ambiente, com esse tipo de lente difusora é bem limitada, pois ao passo em que varia o ângulo de inclinação em relação à 90°, a intensidade luminosa varia.

Agora, para o cálculo da área da lente que está sendo iluminada, temos os seguintes cálculos:

A fórmula utilizada foi a descrita a seguir.

$$2\pi r^2 \text{ (sem Xi – sem Xf)}$$

(Equação 2)

Onde α_i é o ângulo inicial e α_f é o ângulo final na variação de ângulo.

Dessa maneira, multiplicando a coluna da área pela coluna da quantidade de lux medida, temos a quantidade total de lumens no ambiente, a partir da soma de cada célula da tabela, onde encontra-se o valor de 982,7252 lumens.

Logo, para o cálculo da eficiência do sistema, tem-se que 120.174,6 chegando na lente e 982,7252 iluminando o ambiente, uma variação de 81,77%.

Foram realizadas medições no tempo parcialmente nublado, onde haviam nuvens passando na frente do Sol, impedindo que os raios solares chegassem de maneira efetiva na lente de Fresnel.

Ao passo em que se tem uma sobreposição de nuvens em frente ao sol, de acordo com as medições que foram realizadas, a quantidade de luz recebida no ambiente passou de 350 lux para 32 lux. Essa avaliação foi medida a partir da lente difusora até o ponto de 1 metro de distância.

De acordo com a medição de temperatura realizada, por meio de um termômetro, existe uma elevação de temperatura no ponto de convergência dos raios solares com a fibra óptica, de 195 graus Celsius, quando se utiliza a lente de Fresnel para focalizar a luz na extremidade da fibra óptica. Dessa maneira, é possível entender de que forma isso poderia limitar a quantidade de radiação solar convergida para a fibra, pois a temperatura de trabalho da fibra óptica, como já foi informado anteriormente, varia de -20 °C até 100 °C.

4.1 Custos

Os custos do projeto encontram-se dispostos na tabela a seguir. É importante frisar que esses dados implicam no valor dos produtos sem inclusão dos custos com os fretes. Caso o valor do transporte fosse incluído no custo total, haveria um aumento de 70% do valor total do projeto, visto que todos os componentes utilizados no sistema foram comprados via internet.

Tabela 2 - Custos do projeto.

Componente	Valor (R\$)
Arduíno Uno	130,20
Base Seguidor Solar MDF	89,90

Pasta para soldar	10,77
Estanho	12,93
Ferro de Solda	43,66
Alicate de corte	28,23
Protoboard	18,00
2 Servo motores	91,45
Resistência 22k	0,24
Jumpers Macho Fêmea	8,90
LDR 5mm	12,00
Placas de MDF	85,00
Luxímetro	211,00
Multímetro	94,44
Lente de Fresnel	29,99
Fibra óptica	100,00
Lente difusora	27,90
Medidor de Radiação Solar	471,76
Valor total	R\$ 1466,37

Fonte: Elaboração própria.

5. CONCLUSÕES

Uma melhoria que poderia ser implantada, seria o desenvolvimento de um filtro de calor para que haja uma atenuação da temperatura na extremidade da fibra, que recebe a luz solar pela lente, onde, haveria uma maior durabilidade do material.

Um dos desafios da construção do protótipo foi o fato de que na região da cidade de Rio Verde, estado de Goiás - Brasil, não existem lojas que fornecem componentes eletrônicos, sendo necessária a compra desses elementos através da internet.

É necessária a utilização de um filtro de calor na extremidade da fibra óptica para que seja possível a redução de temperatura na extremidade da fibra, que não pode ultrapassar os 100° C, de modo a evitar a danificação dela. Dessa forma, evita-se perdas.

Os LDR's se comportam de uma maneira na presença do Sol e de outra maneira na presença de nuvens. As nuvens podem provocar um aumento da radiação difusa e então, fomentam oscilações nas leituras dos LDRs, o que provoca leves oscilações nos servomotores.

Ainda falando sobre as perdas, para um correto dimensionamento do sistema, é preciso entender que a presença de sombreamento causado por edifícios, obras e nuvens, como foi

informado anteriormente, podem gerar extravios. Dessa forma, é preciso que o sistema seja construído levando em consideração esses quesitos.

Além disso, tem-se a possibilidade de acúmulo de poeira na lente de Fresnel, já que esta é uma parte fixa do sistema, assim como acontece nos módulos fotovoltaicos, como foi demonstrado na revisão bibliográfica.

Um bom trabalho futuro seria utilizar, a partir do protótipo criado, um sensor interno que acende uma lâmpada dentro do ambiente quando se tem nuvens no céu, o que pode corrigir o problema da baixa luminosidade, em locais iluminados pelo sistema, em dias nublados.

Esse protótipo em questão fornece iluminação a partir de uma fonte renovável de energia, por isso é sustentável e inovador, pelo fato de utilizar a fibra óptica como meio de condução da luz solar em conjunto com um microcontrolador, automatizando o sistema.

Pensando em forma alternativa de levar a iluminação para interiores, o protótipo se válida pelo fato de conseguir iluminar esses ambientes, podendo ser utilizado em regiões remotas, onde não se tem tanta estrutura para transmissão de cabos de energia para alimentar as lâmpadas elétricas.

Além disso, é importante frisar que a iluminação natural promovida pela fibra óptica pode facilitar a produção de vitamina D no organismo, levando o ser humano a um quadro de bem-estar.

Com o rastreador solar de dois eixos, aumenta-se a capacidade iluminação de ambientes, pois consegue-se captar a luz solar, em qualquer ângulo, aumentando assim, a eficiência do sistema.

Atualmente o meio de iluminação mais propagado no mundo é a que utiliza lâmpadas que funcionam por meio da energia elétrica, onde para que seja possível a geração dessa energia utiliza-se combustíveis fósseis que são uma fonte não renovável de energia e também se utiliza a água que é renovável por conta do ciclo hidrológico, porém ela é limitada quando se fala em distribuí-la de forma igualitária para todos os seres.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5413/1992 – Iluminância De Interiores.

ALAM, M., BAKSHI, P., CHOWDHURY, K. Performance Comparison Between Fixed Panel, Single-Axis And Dual-Axis Sun Tracking Solar Panel System. Brac University, 2017. SEDRA, A., SMITH, K.

Anusha.K., Chandra.S., And Mohan Reddy. 2013. “Design And Development Of Real Time Clock Based Efficient Solar Tracking System.” International Journal Of Engineering Research And Applications (IJERA) 3:1219*1223.

Barbora, Jaques. Iluminação De Interiores: Análise E Orientação Para Aplicações. Faculdade Politécnica Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro. 2007.

BLASZCZAK, Vinicius. Análise De Eficiência De Painel Fotovoltaico Com Sistema Tracker Seguidor Solar. Universidade Federal Da Fronteira Sul – Campus Erechim. 2017.

Blue Sol. “Origem Da Energia Solar: Uma Breve História Do Sol Como Fonte Energética Do Mundo”. Disponível Em <<https://blog.bluesol.com.br/origem-da-energia-solar/>>. Acesso Em 16 De Agosto De 2021.

CNN Brasil. Dados Mostram Que Covid-19 Já É A Doença Que Mais Matou No Brasil Em 2021. Disponível Em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/saude/dados-mostram-que-covid-19-ja-e-a-doenca-que-mais-matou-no-brasil-em-2021/>>Acesso Em: 20/01/2022.

Dasa. Locais Com Maior Risco De Contágio Por Covid-19: Saiba Quais São E Por Que Evitá-los. Disponível Em:< <https://dasa.com.br/blog/coronavirus/lugares-de-maior-risco-de-contagio-covid-19/>>. Aceso Em:22/02/2022.

Ecoa Energias Renováveis. Disponível Em <<https://www.ecoaenergias.com.br/2020/07/21/tracker-rastreador-solar-vantagens-desvantagens/>>. Acesso Em: 08 De Agosto 2021.

ELETROBRÁS. Pesquisa De Posse De Equipamentos E Hábitos De Uso - Classe Comercial - At – Ano Base 2005, Relatório Brasil Completo, PROCEL – Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica, Eletrobrás, 2008. Gráfico De Autoria Própria.

Energês – A Linguagem Da Energia. História Da Energia Solar. Disponível Em: <https://energes.com.br/historia-da-energia-solar/>. Acesso Em: 22/01/2022.

Energês. História Da Energia Solar. Disponível Em: <<https://energes.com.br/historia-da-energia-solar>>. Acesso Em: 22/02/2022.

ENGEPOLI - Estudos Pioneiros Do Impacto De Lâmpadas LED. Disponível Em: <<https://Engepoli.Com/Blog/Estudos-Pioneiros-Do-Impacto-De-Lampadas-Led/>>. Acesso Em 08 De Agosto De 2021.

Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. II, Pp. 3-5, 2013.

Fonte: Adeel – Mapa De Radiação Solar No Brasil. Disponível Em: <<https://Www.Adeel.Com.Br/Mapa-De-Radiacao-Solar-No-Brasil/>>. Acesso Em: 23/01/2022.

Fonte: Portal Solar. Seguidor Solar – Tracker: Vantagens E Desvantagens. Disponível Em:<<https://Www.Portalsolar.Com.Br/Blog-Solar/Painel-Solar/Seguidor-Solar-Tracker-Vantagens-E-Desvantagens.Html>>. Acesso Em: 29/01/2022.

Fonte: Sociedade Brasileira De Análises Clínicas. Covid-19. Disponível Em: <<https://Www.Sbac.Org.Br/Blog/2020/04/06/Covid-19/>>. Acesso Em: 23/01/2022.

Hall, David & Hentz Matthew. Influence Of Light On Reproductive Rates Of Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae). Journal Of Insect Science, Volume 19, Issue 1, January 2019, 9.

Hu J, Luo Z, Zhao X, Chen Q, Chen Z, Qin H, et al. Changes in the calcium parathyroid hormone-vitamin d axis and prognosis for critically ill patients: a prospective observational study. PLoS One. 2013;8(9):e75441.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. SISTEMAS TELEFÔNICOS - Barueri - Editora Manole Ltda., 2004.

LAM, William M.C. Perception And Lighting As Formgivers For Architecture. New York: VNR, 1986.

MCROBERTS, Michael. Arduino Básico. São Paulo: Novatec, 2011. 453 P. Il. ISBN 9788575222744.

O. H. Ando Junior Et Al. Proposta De Um Sistema Alternativo Para Captação Da Luz Solar De Baixo Custo Para Inserção No Mercado Brasileiro. Ciência & Tecnologia Dos Materiais 26 (2014) 17–24.

Oliveira, Adalton. Jordão, Rafael. Resende, Rodrigo. Caputo, Rodrigo E Da Silva, Rodrigo. Projeto De Residência Com Melhor Aproveitamento Energético. O Setor Elétrico, 2015. Disponível Em: <URL>. Acesso Em: 27 De Agosto De 2021.

OLIVEIRA, Bruno Lemes de. Projeto de melhoria de eficiência energética utilizando tecnologia de lâmpadas LED em uma planta industrial. 2019. 53 f. Trabalho de conclusão de

curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/203657>>.

Parans Solar Lighting. Disponível Em <<https://www.parans.com/products/parans-system-sp4-sunlight-collector/>>. Acesso Em: 08 De Agosto 2021.

Pesquisa Fapesp. O Raio Mortal De Arquimedes. Edição 117, Novembro De 2005. Disponível Em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-raio-mortal-de-arquimedes/#:~:Text=Em%20212%20a.C.%2C%20durante%20a,Das%20embarca%C3%A7%C3%B5es%2C%20incendiando%2Das>>. Acesso Em: 22/02/2022.

Portal De Transparência Registro Civil. Disponível Em: <<https://transparencia.registrocivil.org.br/sobre>>. Acesso Em: 22/02/2022.

Portal Solar. “Como Funciona A Energia Solar”. Disponível Em <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html#ancora1>> . Acesso Em 15 De Agosto De 2021.

Portal Solar. “História E Origem Da Energia Solar”. Disponível Em <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>>. Acesso Em 16 De Agosto De 2021.

S. Bushong, “Solar Power World,” 9 Maio 2016. Disponível Em: <<http://www.solarpowerworldonline.com/2016/05/advantages-disadvantages-solar-trackersystem/>>. Acesso Em: 22 de fevereiro de 2022.

S. Bushong, “Solar Power World,” 9 Maio 2016. Disponível Em: <<http://www.solarpowerworldonline.com/2016/05/advantages-disadvantages-solar-trackersystem/>>. Acesso Em: 21 agosto 2021.

S. C. Staff, “Solar Choice,” 21 Janeiro 2010. Disponível Em: <<http://www.solarchoice.net.au/blog/solar-trackers/>>. [Acesso Em 25/01/2022].

SILVA, A. M. et al. The study and application of evaluation methods for photovoltaic modules under real operational conditions, in a region of the Brazilian southeast. *Renewable Energy*, [s. l.], v. 138, p. 1189-1204, 2019.

Strom Brasil. “Efeito Fotovoltaico”. Disponível Em <<https://www.strombrasil.com.br/efeito-fotovoltaico/>> . Acesso Em 15 De Agosto De 2021.

The History Of Sunrooms. Disponível Em: <<https://sunshinesunrooms.com/the-history-of-sunrooms/>>. Acesso Em: 22/01/2022.

Toda Matéria. Disponível Em < [Https://Www.Todamateria.Com.Br/Espectro-Eletromagnetico/](https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/)>. Acesso Em: 09 De Agosto 2021

TSCHIEDEL MARTAU, Betina. A Luz Além Da Visão. Disponível Em: <[Http://Www.Lumearquitetura.Com.Br/Pdf/Ed38/Ed_38%20AT%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20Sa%C3%Bade.Pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed38/ed_38%20AT%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20Sa%C3%Bade.pdf) >. Acesso Em 08 De Agosto De 2021.

Usinainfo, Matheus Gebert. Disponível Em < [Https://Www.Usinainfo.Com.Br/Blog/Rastreador-Solar-Com-Arduino-Um-Seguidor-Solar-Atraves-De-Ldr/](https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/)> Acesso Em: 08 De Agosto 2021.

Usinainfo. Disponível Em:< [Https://Www.Usinainfo.Com.Br/Blog/Rastreador-Solar-Com-Arduino-Um-Seguidor-Solar-Atraves-De-Ldr/](https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/)>. Aceso Em 10/02/2022.

V. N. Keskar, “Electricity Generation Using Solar Power,” International Journal Of

Veja Saúde. O Papel Da Vitamina D Na Pandemia Do Covid-19. Disponível Em: <[Https://Saude.Abril.Com.Br/Coluna/Com-A-Palavra/O-Papel-Da-Vitamina-D-Na-Pandemia-Da-Covid-19/](https://saude.abril.com.br/coluna/com-a-palavra/o-papel-da-vitamina-d-na-pandemia-da-covid-19/)>. Acesso Em: 20/01/2022.

Vilela, Paulo & Vidal, Francisco. Redes Para Automação Industrial – DCA-2401. Maio De 2003.

WOODWARD, Bill E Emile B. Husson. Fiber Optics Installer And Technician Guide – São Francisco, London - Sybex, 2005.

World Health Organization. Coronavirus Disease (COVID-19): How Is It Transmitted?. Disponível Em: <[Https://Www.Who.Int/News-Room/Questions-And-Answers/Item/Coronavirus-Disease-Covid-19-How-Is-It-Transmitted](https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted)>. Acesso Em: 17 De Janeiro De 2022.