

Potencial dos sistemas responsivos para soluções de caráter ecológico na Arquitetura, Urbanismo e Design - Seguidor Solar Girassol

Identificação:

Grande área do CNPq.:
Área do CNPq:
Título do Projeto:
Professor Orientador: Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
Estudante PIBIC/PIVIC: Kiany Ferreira Damascena Silva

Orientações: Este documento deve ser utilizado como modelo para a elaboração do Relatório Final dos Subprojetos do Programa Institucional de Iniciação Científica da Ufes. Deve-se utilizar na elaboração do relatório alinhamento justificado e fonte Times New Roman, corpo 10 com espaçamento entre linhas de 1,5, e tamanho 12 para títulos.

Resumo: *Muito tem se falado sobre a iminente crise energética, isso deve-se ao fato de que o modelo de energia adotado pela maioria dos países baseia-se na fonte de recursos não renováveis e altamente poluente, como o petróleo. A ausência destes recursos e a frequente discussão global no tocante ao desenvolvimento sustentável tem inspirado o surgimento de pesquisas e atividades com novas tecnologias, questionando e explorando novos termos e formas para enfrentar a primordialidade no uso de energia sem que a natureza pague com os impactos gerados pelo uso dos combustíveis fósseis. Essas pesquisas vêm abrangendo diversas áreas, mudando a forma de pensar, viver e projetar inclusive na Arquitetura e Urbanismo. A conexão com a era digital, através da evolução dos softwares, tem particularizado e potencializado os projetos a cada dia mais. O designer paramétrico foi um dos termos que surgiu na arquitetura contemporânea, favorecendo a criação de elementos complexos e biomiméticos. Neste contexto surge o projeto de pesquisa denominado Girassol, um seguidor solar com sistema responsivo de captação de energia, aferindo as vantagens e desvantagens do seguidor solar em comparação com sistemas fixos, utilizando-se do heliotropismo.*

Palavras chave: energia solar, softwares, biomiméticos, seguidor solar, heliotropismo.

1 – Introdução:

O presente projeto, desenvolvido pelo laboratório de grupo de estudo Conexão-Vix, possui como base a tríade promovida pela arquitetura, a natureza e a era digital, reforçando a importância dos fundamentos da ecologia na arquitetura contemporânea com os surgimentos e avanço dos novos softwares, tendo a natureza como fonte de inspiração, a biomimética.

Ainda há muitos problemas no projeto arquitetônico no tocante às suas relações com a natureza. Um exemplo disso é o alto consumo de energia dos edifícios e a baixa ou nula produção de energia. O que estamos propondo no laboratório é dar um pequeno passo para reverter esse problema usando tecnologia digital, impressão 3D e sistemas interativos. Desta maneira apresentamos um seguidor solar,

utilizando-se da característica heliotrópica apresentada nas plantas, como girassol, sendo essa a resposta a fonte de luz e a capacidade de girar o caule mantendo-se sempre em direção ao sol. Essa função permite ao seguidor solar aumentar a eficiência na captação de energia através da sua perpendicularidade ao sol, possibilitando maior exposição direta a essa energia limpa.

A energia solar é uma das fontes alternativas mais promissoras por ser livre, inesgotável e presente nos mais remotos lugares. A estratégia para a potencialização desse sistema é a responsividade dos mecanismos, pois de forma ágil e adequada responderá aos comandos determinados, com a ajuda da Cibernética. O seguidor solar Girassol incorpora em todo seu processo a aplicação da cibernética, como o feedback e a responsividade, para auxiliar o desenvolvimento de uma estrutura com capacidade de perceber a posição das fontes de luz mais intensas e redefinir seu posicionamento de forma autônoma para obter a melhor performance de captação solar.

2 – Objetivos

Os objetivos do subprojeto foram aumentar o embasamento teórico acerca da temática, através de uma pesquisa exploratória, reunindo dados bibliográficos, exemplificações de projetos similares e testar e alinhar da programação do seguidor de modo a funcionar tanto com energia artificial como natural.

3 – Metodologia

O rastreador solar digital, girassol, é um projeto baseado no método de “design thinking” que com materiais de baixo custo e orientado a construir um sistema responsivo foi programado para interagir com fontes de luz. Semelhante às espécies naturais, o sistema artificial possui recurso heliotrópico baseado em sensores de luz e motores conectados, o que permite que o mecanismo adapte sua posição de forma autônoma. Foi desenvolvido com uma bateria estacionária e sua programação é controlada por uma placa arduíno que capta os dados percebidos pelos sensores de luz, transmitindo para o computador conectado ao sistema que por sua vez manda um feedback para o sistema realimentando e estabilizando as diferenças de luz através de um motor. Desta forma para alcance do objetivo em relação ao embasamento teórico, reunimos informações acerca dos conceitos que envolvem o Girassol, como seguidor solar, sua importância, tipologias e categorias, sistemas responsivos, Cibernética, Ecologia, Biomimética, bem como sua estrutura. Além da Energia solar, as evoluções nas pesquisas sobre as propostas de soluções para a potencialização desse sistema, como as células fotovoltaicas, as células Perovskitas e o estudo de caso bioinspirado em nano estruturas e furos que potencializam a captação de energia.

3.1 – Conceituação do projeto

O sistema artificial tem uma motivação bioinspirada e é baseado em princípios cibernéticos, como feedback e responsividade. De acordo com Wiener (1970), a cibernética é a ciência da comunicação e do controle em organismos e máquinas, e o feedback é a instância operacional do controle. O conceito de sistema cibernético fornece um status diferente para a máquina: a capacidade de se adaptar a posição em qualquer tempo e localização geográfica. Esta capacidade de auto-adaptação é possível devido à relação

de feedback estabelecida por sensores, algoritmos, estrutura e motores. A fim de melhor entender os mecanismos dos rastreadores solares em geral, reunimos os seguintes tópicos abaixo:

3.1.1 Seguidor solar:

É um dispositivo que acompanha a trajetória do sol, possibilitando maior exposição à radiação direta. Também pode ser conhecido como rastreador ou *tracker*, que potencializa a eficiência na captação da energia solar.

3.1.2 Importância:

O Seguidor solar aumenta a eficiência na captação de energia solar, já que sua perpendicularidade ao sol possibilita maior incidência solar, ou seja, exposição direta a essa energia. O rendimento desse dispositivo está diretamente ligado à sua tipologia, podendo ser passivo ou ativo (Mousazadeh et al, 2009).

3.1.3 Tipologias:

Segundo OLIVEIRA (2008), os seguidores passivos, movimentam-se através do deslocamento de um fluido aquecido pela energia solar, sem um sistema eletrônico, enquanto os seguidores ativos podem ser impulsionados pela junção de motores elétricos e outras peças. Os seguidores ativos subdividem-se em três categorias, conforme BLASZCZAK (2017), sendo que a categoria 1 utiliza-se de sensores, posicionados estrategicamente, para movimentar-se de acordo com as diferenças na iluminação. Estes quando percebem o desequilíbrio respondem com auxílio de um ou mais motores, movendo-se em busca do equilíbrio dessas diferenças. Permitindo assim, alta precisão na captação da energia. A categoria 2 é baseado em data e tempo, que através de algoritmos calcula a posição do Sol. É baseado nas informações geográficas do lugar, necessitando de alterações sempre que houver mudança de lugar. Já na categoria 3 une-se as duas categorias citadas anteriormente, ou seja, a utilização dos microprocessadores e sensores com informações de data e tempo.

O protótipo, Girassol, classifica-se como um seguidor solar de categoria 1, que com a presença de uma placa Arduino, sensores, motores, movimenta-se de acordo com a desigualdade de luz.

3.1.4 Sistemas responsivos:

Derivado do latim *responsivu*, os sistemas responsivos têm como característica a resposta de forma rápida e adequada a determinada situação. O que antes era uma característica exclusiva dos seres vivos, hoje trata-se de todo sistema que possui tal capacidade.

3.1.5 Cibernética:

Derivado do grego *kybernetes*, cibernética significa “*timoneiro*”, ou seja, a capacidade de orientar. O matemático americano WIENER (1970), classificou como a ciência dos autocontroles que tem como fator de maior relevância a comunicação, o feedback ou retroalimentação, que é a capacidade de auto-regulação do dispositivo.

3.1.6 Ecologia:

Usado por Ernst Haeckel em 1873, o termo ecologia possui origem etimológica grega onde *oikos* significa meio ou habitação, e *logos* estudo, ou seja, o estudo da habitação e como os organismos se interagem.

3.1.7 Biomimética:

A biomimética, que do grego *bíos* = vida e *mímesis* = imitar, é a capacidade de apresentar soluções ou inspirações imitando a natureza. Para a principal disseminadora do tema, a professora e autora do Livro Biomimética: Inovação inspirada pela natureza, Janine Benyus, a biomimética inspira-se na natureza para apresentar soluções para os problemas humanos, valorizando e focando não no que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela. Os biomimeticistas acreditam que mesmo antes do homem existir, a natureza já possuía a alta tecnologia que tanto buscamos. Benyus (1997) afirma que mesmo após os bilhões de anos de evolução, a natureza apresenta exatamente o que funciona, é mais adequado e durável, e que em algum lugar do caminho nos perdemos com a ideia de que somos dissociados dela.

Num mundo biomimético, nossos processos de fabricação seriam os mesmos empregados pelos animais e pelas plantas, usando a luz do sol e compostos simples para produzir fibras, cerâmicas, plásticos e produtos químicos totalmente biodegradáveis. (Benyus, 1997, p.10)

Destes princípios justifica-se a fabricação do seguidor solar autônomo, denominado Girassol, ou cientificamente, *Heliantus annuus*. É uma espécie de flor nativa da América do Norte e muito popular por causa de sua característica heliotrópica, a capacidade de inclinar sua estrutura para capturar melhor os raios solares. Esta característica, comum em muitas outras espécies naturais, inspirou os cientistas a imaginar como as estruturas artificiais poderiam incorporar um comportamento de interação com os recursos naturais, a fim de maximizar seus resultados. Tema deste trabalho, o sistema de rastreador solar artificial foi concebido para aumentar a eficiência dos módulos solares e explorar o potencial de sistemas de energia limpa, construindo laços mais fortes com a natureza. A arquitetura precisa mais do que nunca considerar seriamente a dinâmica dos sistemas naturais, em especial o potencial energético do sol.

3.2 – Estrutura do Girassol

Todas as peças estruturais do girassol foram projetadas e impressas no laboratório através da impressora e programas de modelagem 3D, sendo composto por:

3.2.1 Placa Arduino UNO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem aberta, que possibilita a conexão entre o meio físico e o cibernético, seguindo uma lógica pré-programada, tornando o sistema responsivo, já que o feedback funciona como o timoneiro, alimentando-o para regularização da lógica. (Figura 1)



Figura 1. Placa Arduino UNO. Fonte: Aduino.

3.2.2 Bateria 9V

Para alimentar todo o circuito elétrico e o motor, foi usada a Bateria Estacionária Selada 9v/4,5ah UP645SEG Unipower, conforme desenho técnico figura 2.

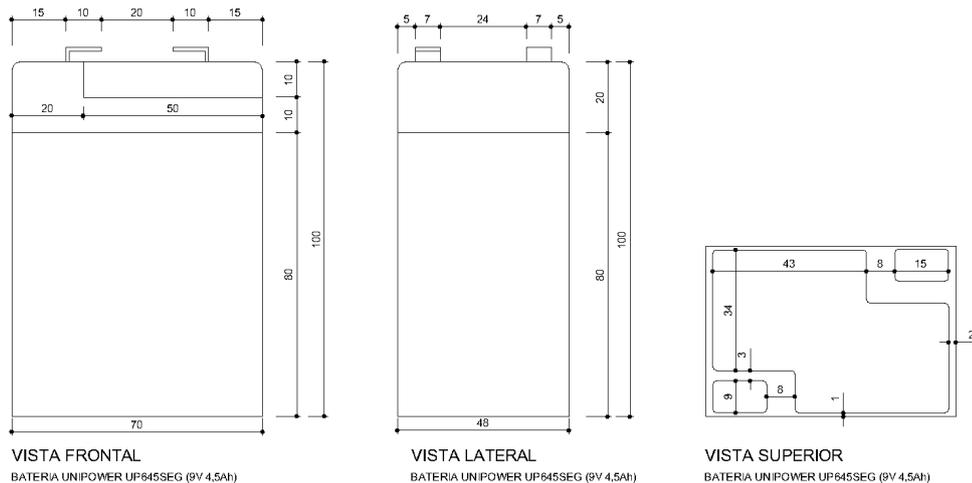


Figura 2. Desenho técnico da bateria 9V. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

3.2.3 Sensores

Para percepção da luz, o seguidor possui quatro sensores de Luminosidade LDR de 5mm de diâmetro, que alteram a resistência em seus terminais conforme a luminosidade a que é submetido.



Figura 3. Sensor de luminosidade LDR 5mm. Fonte: Eletrogate (2019).

3.2.4 Motores

Possui dois servos motores que permitem a movimentação 180°, norte e sul, leste e oeste.(Figura 4)

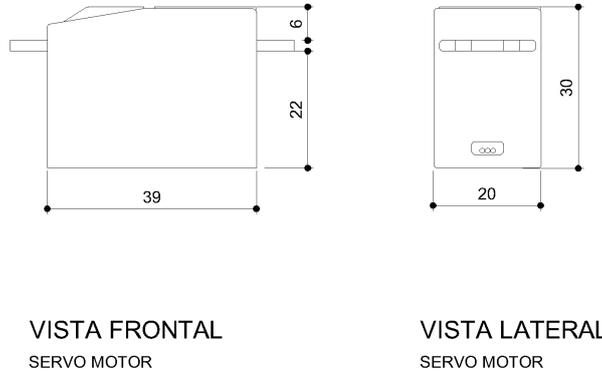


Figura 4. Desenho técnico do Servo motor. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

3.2.5 Protoboard com 400 pontos

Também conhecida como placa de ensaio ou matriz de contato, a protoboard é uma placa, nesse caso com 400 pontos e conexões condutoras, para criação de circuitos e protótipos de forma.

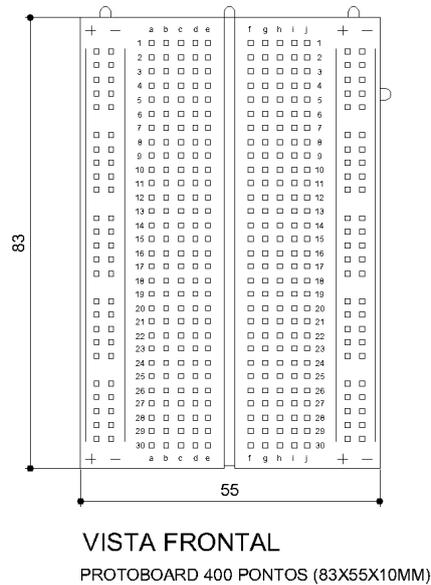


Figura 5. Desenho técnico da Protoboard 400 pontos. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

3.2.6 Modelagem

Na arquitetura contemporânea, o design paramétrico, tem surgido como uma vertente consolidada na forma de projetar e que tem mudado o mundo digital. As técnicas de criação e modelagem dão-se por algoritmos e sistemas de programação que antecipam as tomadas de decisões favorecendo uma colaboração criativa com grande capacidade de criar as mais variadas complexidades. O projeto contou

com a programação do *Rhinoceros/Grasshopper* e *Sketchup* para modelagem do corpo, cabeça e conectores.

3.2.7 Impressão 3D - Fabricação dos componentes

Usada para impressão das peças do protótipo, utiliza-se do sistema CAD, produzindo modelos em 3D fatiando camada por camada. Foram criados e impressos: o conector horizontal e vertical, figura 6 e a haste principal, figura 7.

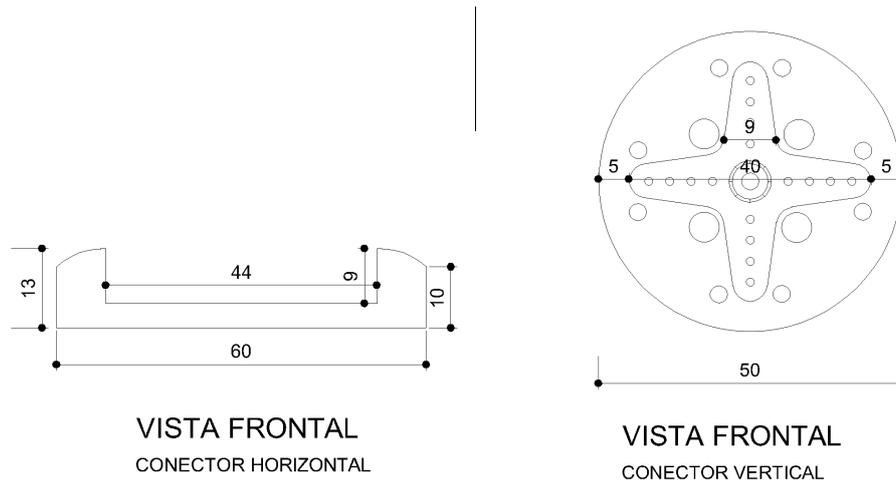


Figura 6. Desenho técnico do conector horizontal e vertical. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

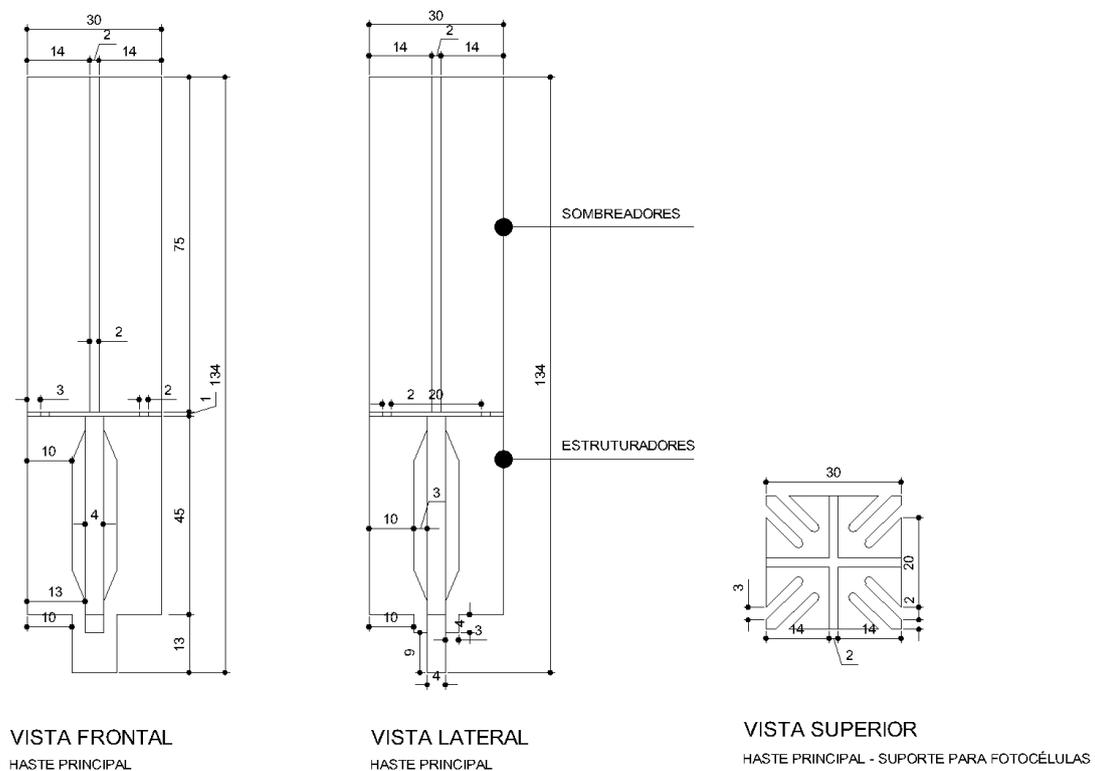


Figura 7. Desenho técnico da haste principal. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

3.2.8 Programação

A programação da placa Arduino usa a linguagem de programação C++, uma linguagem bem conhecida, contando apenas com algumas modificações.

4 – Resultados

Após pesquisas a outros projetos similares, chegamos a atual programação que permitiu o funcionamento do Girassol na luz artificial, comprovados através do teste 01 efetuado no laboratório do Conexão, figura 8 e 9. Esse resultado foi possível através do “*design thinking*”, metodologia adotada pelo projeto, que consiste em um modelo de resolução de problemas complexos baseados na estruturação de princípios operativos de forma aberta e evolutiva que vão sendo reconfigurados ao longo do processo de projeto. Esse tipo de metodologia difere das tradicionais porque admite a improvisação, a experimentação continuada e investigativa, e tem mais aplicabilidade com processos “faça-você-mesmo”, “mão-na-massa”, característicos da cultura *maker* e do modo de trabalho do Grupo de Pesquisas Conexão VIX. Nessa linha de pesquisa encontramos diversos autores que compartilharam seus trabalhos e as programações utilizadas, que nos auxiliaram no ajuste da programação do Girassol já existente.

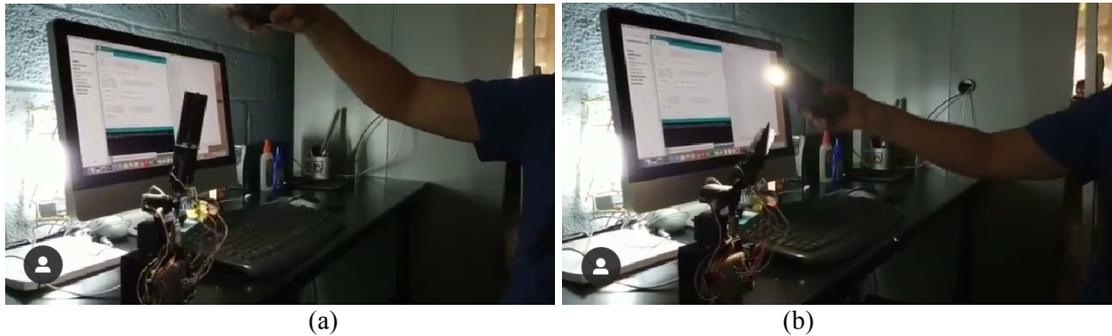


Figura 8. Evolução do teste 01 realizado no laboratório com luz artificial, lanterna de um celular, e as lâmpadas do laboratório apagadas. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

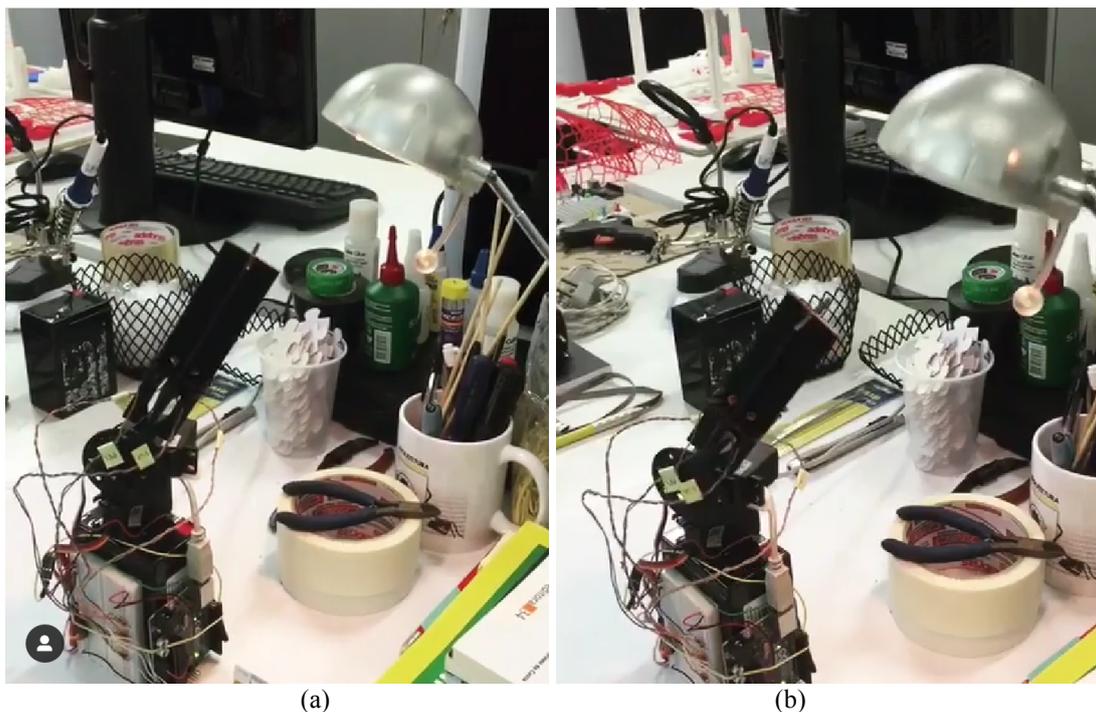


Figura 9. Evolução do teste 01 realizado no laboratório com luz artificial, luminária de mesa, e as lâmpadas do laboratório acessas. Fonte: Arquivos pessoais (2019).

4.1 Programação:

```
////////// UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO //////////
////////// DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO //////////
////////// GRUPO DE ESTUDOS EXPERIMENTAIS CONEXAO VIX //////////
////////// GIRASSOL - Testando Celulas e Potenciometros >>>
//// equipe - bruno massara, arthur pizetta, paulo henrique calenzani, kiany silva
//// ultima atualizacao 20 novembro 2018

#include <Servo.h> //inclui a biblioteca dos motores

Servo horizontal; // motor de baixo
int servoh = 90; // Inicio de horizontal servo = vai para a posicao central (0 a 180)

int servohLimitHigh = 165; // limite posição direita
int servohLimitLow = 15; // limite posição esquerda

Servo vertical; // motor de cima
int servov = 90; // Inicio do vertical servo = vai para a posicao central (0 a 180)

int servovLimitHigh = 165; // limite posição superior
int servovLimitLow = 15; // limite posição inferior

int ldrlt = 3; // conexão entrada sensor luz - Left Top
int ldrrt = 0; // conexão entrada sensor luz - Right Top
int ldrlb = 2; // conexão entrada sensor luz - Left Down
int ldrrb = 1; // conexão entrada sensor luz - Right Down

////////// Rotina SETUP que roda uma vez apenas:

void setup() {

  Serial.begin(9600); // inicializar comunicacao serial a 9600 bits por segundo:
  horizontal.attach(10); // insere Motor servo horizontal entrada 12 digital
  vertical.attach(12); // insere Motor servo vertical entrada 10 digital
  horizontal.write (90);
```

```
vertical.write (90);

delay(1000);    // delay in between reads for stability
}

////////// Rotina LOOP que roda recursivamente:

void loop() {

    int lt = analogRead(ldr1t);    // le o valor da celula fotovoltaica A3
    int rt = analogRead(ldr1r);    // le o valor da celula fotovoltaica A0
    int ld = analogRead(ldr1d);    // le o valor da celula fotovoltaica A2
    int rd = analogRead(ldr1rd);   // le o valor da celula fotovoltaica A1

    int dtime = 10;
    int tol = 50;

    ////////// Calculo das médias:

    int avt = (lt + rt) / 2; // valor superior maximo
    int avd = (ld + rd) / 2; // valor inferior maximo
    int avl = (lt + ld) / 2; // valor izquierdo maximo
    int avr = (rt + rd) / 2; // valor derecho maximo

    int dvert = avt - avd; // diferencia entre superior e inferior
    int dhoriz = avl - avr; // diferencia entre izquierdo y derecho

    ////////// Monitor Serial:

    Serial.print(avt); // Imprimir valores de posicion en monitor serial
    Serial.print(" ");
    Serial.print(avd);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(avl);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(avr);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(dtime);
    Serial.print(" ");
```

```
Serial.print(tol);  
Serial.println(" ");
```

```
///// Controle das relacoes Sensor x Motor:
```

```
if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // revisar la diferencia para cambiar al angulo vertical
```

```
{  
  if (avt > avd)  
  {  
    servov = ++servov;  
    if (servov > servovLimitHigh)  
    {  
      servov = servovLimitHigh;  
    }  
  }  
  else if (avt < avd)  
  {  
    servov = --servov;  
    if (servov < servovLimitLow)  
    {  
      servov = servovLimitLow;  
    }  
  }  
  vertical.write(servov);  
}
```

```
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // revisar la diferencia para cambiar al angulo horizontal
```

```
{  
  if (avl > avr)  
  {  
    servoh = --servoh;  
    if (servoh < servohLimitLow)  
    {  
      servoh = servohLimitLow;  
    }  
  }  
  else if (avl < avr)  
  {  
    servoh = ++servoh;
```

```
    if (servoh > servohLimitHigh)
    {
        servoh = servohLimitHigh;
    }
}
else if (avl = avr)
{

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

}
```

5 – Discussão e Conclusões:

Acreditamos que todas essas informações, como a linguagem de programação e a eletrônica, por exemplo, um dos grandes desafios para o desenvolvimento do girassol, estão cada vez mais próximas do escopo da profissão de arquitetura. Uma vez que essa tríade, ecologia/bioinspirados, programação/parametrização e a arquitetura, permite resultados surpreendentes possibilitando diversas aplicações para o aprimoramento e eficácia da arquitetura. Portanto o conhecimento multidisciplinar foi determinante para evolução do projeto.

A principal contribuição deste subprojeto de pesquisa foi ter conseguido colocar o dispositivo do Girassol em funcionamento. O maior desafio a ser superado foi a redação das linhas do código de programação do dispositivo com a gramática correta e com as relações entre variáveis e funções bem determinadas e equalizadas. Por melhor que estivesse a concepção morfológica das peças e componentes do equipamento, somente com a programação adequada foi possível torná-lo operativo. Embora as linhas de código possam ser encontradas na internet, sua aplicação demanda inúmeros ajustes e adaptações em função do tipo de componentes que são utilizados em cada versão do aparelho. São importantes ajustes a serem feitos: a comunicação serial entre a placa utilizada e o computador, a adaptação ao tipo de motor utilizado (180° ou 360°), o tempo de resposta do equipamento, os canais de entrada analógicas e digitais, a posição dos quatro sensores em relação à orientação solar e ao mecanismo de sombreamento.

Nas próximas etapas de desenvolvimento o dispositivo receberá novas peças estruturais para acoplamento dos módulos fotovoltaicos. Com esses módulos acoplados será possível calcular qual o percentual de contribuição na captação de energia o módulo favorece em comparação com os mecanismos estáveis. Além do suposto aumento na capacidade de captação, o módulo deverá compensar o seu gasto de energia para manter os motores de orientação em movimento. Ao final, espera-se que, mesmo sendo um dispositivo que consome parte da energia que produz, seu ganho final ainda esteja num nível mais elevado do que módulos estacionários.

6 – Referências Bibliográficas:

- ARDUINO. Arduino UNO REV3. {online} Disponível na Internet via <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Arquivo capturado em 21 de maio de 2019.
- ATOMO Technologies. Seguidor Solar – Braço robótico. {online} Disponível na Internet via <http://blog.atomogt.com/2015/09/seguidor-solar-braço-robotico-solar.html>. Arquivo capturado em 06 de novembro de 2018.
- BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 1ª ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2003.
- BLASZCZAK, V. Análise de eficiência de painel fotovoltaico com sistema tracker seguidor solar. {online}. Disponível na Internet via <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1695/1/BLASZCZAK.pdf>. Arquivo capturado em 15 de maio de 2018.
- BRAIDA, Frederico et al. (Orgs.). **101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital**. São Paulo: ProBooks, 2016.
- CHAVIER, Luís Fernando. Programação para Arduino – Primeiros passos. {online} Disponível na Internet via <https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/>. Arquivo capturado em 20 de novembro de 2018.
- ELETROGATE. Sensor Fotoresistor LDR 5mm. {online} Disponível na Internet via <https://www.eletrogate.com/sensor-fotoresistor-ldr-de-5mm>. Arquivo capturado em 21 de maio de 2019.
- FARICELLI, C. F. Seguidor solar para sistemas fotovoltaicos. {online} Disponível na Internet via http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2008/Artigos/Art_TCC_040_2008.pdf. Arquivo capturado em 18 de maio de 2018.
- FLUSSER, V. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.
- LÉVY, P. **As Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 2001.
- LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- OLIVEIRA, M. M. Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal. {online}. Disponível na Internet via <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14737/000668141.pdf?sequence=1>. Arquivo capturado em 25 de maio de 2018.
- PIPES, Alan. **Desenho para designers: Habilidades de desenho, esboços de conceito, desing auxiliado por computador, ilustração, ferramentas e materiais, apresentações, técnicas de produção**. Traduzido por Marcelo A. Alves. São Paulo: Blucher, 2010.
- REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. 2ª ed. Ver. E atual. Barueri, SP: Manoele, 2011.
- ROCHA, B. M., VENANCIO, L. V. Prototipagem Digital Paramétrica orientada ao Design Emergencial – O Caso Do Desastre Ambiental MG/ES. EURO ELECS - Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2017. (P. 1751-1760).
- STOFELLA, A.; VAZ, C. E. V.; BERTOLI, L. F.; KÓS, J. R. O desenvolvimento de um sistema de proteção de fachadas cinéticas: um protótipo responsivo ao comportamento do usuário. {online} Disponível na Internet via

https://www.researchgate.net/profile/Arthur_Stofella/publication/311609474_O_desenvolvimento_de_um_sistema_de_protecao_de_fachadas_cineticos_um_prototipo_responsivo_ao_comportamento_do_usuario/links/58bdb9eda6fdcc2d14eb4d60/O-desenvolvimento-de-um-sistema-de-protecao-de-fachadas-cineticos-um-prototipo-responsivo-ao-comportamento-do-usuario.pdf. Arquivo capturado em 31 de maio de 2018.

VAZ, C. E. V.; SOUZA, J. P. M.; PINTO, H. R. S. CARDOSO, A. R. B.; QUEIROZ, N. O desenvolvimento de elementos de proteção de fachada responsivos – exploração e controle de um processo. {online}. Disponível na Internet via <http://www.periodicos.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/118346>. Acesso 19 de junho de 2018