

Girassol Digital: o potencial da responsabilidade eco-orientada em projetos de design e arquitetura

Identificação:

Grande área do CNPq.: Ciências Sociais Aplicadas
Área do CNPq: Arquitetura e Urbanismo
Título do Projeto: Ecologias de Projeto
Professor Orientador: Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
Estudante PIBIC/PIVIC 2019/2020: Raquel Souza Celestino

Resumo: *Este subprojeto dá continuidade ao desenvolvimento do equipamento Girassol Digital. Diante da problemática global na produção de energia elétrica e cinética, através do uso de recursos não renováveis e com altas taxas de emissão de CO₂, como o petróleo, existe uma emergente e justificável busca por fontes energéticas alternativas, limpas e renováveis. Essa busca também está presente na Arquitetura e Urbanismo, ao serem pensadas sempre novas formas de projetar e ocupar os espaços através, por exemplo, do designer paramétrico. A pesquisa do Girassol Digital surge neste contexto: consiste em um seguidor solar (heliotropismo), com receptores sensíveis à luz, que posiciona os painéis fotovoltaicos atrelados à sua estrutura de forma perpendicular aos raios solares incidentes, buscando maximizar a produção de energia elétrica. A metodologia de desenvolvimento deste equipamento é baseada na reflexão-em-ação e no design thinking: projetar enquanto se testa em tempo real os sistemas, corrigindo e ajustando os dados e soluções no decorrer da pesquisa. A pesquisa também contou com o desenvolvimento de um equipamento auxiliar para simulação da trajetória solar, o Heliodon, servindo de ambiente de simulação para o Girassol Digital. Ambos equipamentos se encontram em funcionamento, mas não houve chance de testá-los em conjunto, devido à quarentena.*

Palavras chave: energia solar, biomimética, seguidor solar, Girassol Digital, heliotropismo, Heliodon, prototipagem.

1 – Introdução

Um dos maiores temores da humanidade, atualmente, é a iminente crise energética dos combustíveis fósseis, matéria-prima finita e altamente poluente. A manifestação mais expressiva do uso de fontes energéticas poluentes, são os carros. Soma-se a isso a crescente demanda de energia elétrica para o funcionamento de cada vez mais eletrodomésticos dentro das residências, além do necessário para manter em funcionamento os maquinários de fábricas, indústrias e edifícios dos centros comerciais.

Em contrapartida, nosso sol se apresenta como fonte de energia livre, limpa, global e inesgotável. É crescente o número de pesquisas em busca de novas tecnologias que atendam nossa demanda energética, sem, no entanto, onerar a natureza. O aprofundamento em campos de estudo como o da Biomimética lança base para se alcançar este objetivo, tornando claro que, em lugar de termos, durante anos, alimentado fornos com plantas mortas, deveríamos ter estudado as espécies ainda vivas, copiando minuciosamente a sua “magia” (BENYUS, 2003, p. 69).

O desenvolvimento do Girassol Digital parte desta premissa e sua função é voltado para a geração de energia elétrica fotovoltaica através da reprodução da função heliotrópica, apresentada por plantas como o girassol. O heliotropismo é a resposta à fonte de luz e a capacidade de girar o caule mantendo-se sempre em direção ao sol (SILVA, 2019, p. 2). Essa função, no Girassol Digital, é alcançada através de recursos da cibernética, eletrônica e robótica, e visa aumentar a eficiência da captação de energia ao posicionar a placa fotovoltaica sempre perpendicular ao sol, proporcionando máxima exposição aos raios solares, e maximizando a produção de energia elétrica.

É válido ressaltar que a preocupação com novas formas sustentáveis de geração de energia impacta diretamente na forma de pensar e projetar na Arquitetura e Urbanismo, pois implica em adaptações projetuais necessárias à integração desses sistemas aos edifícios residenciais, públicos e privados, projetos urbanísticos e de mobilidade urbana.

Diante do exposto – considerando a importância de se repensar as formas de produção de energia elétrica, bem como o aproveitamento da energia solar (fonte disponível em todos os lugares do mundo) – este subprojeto, vinculado ao projeto de pesquisa Ecologias de Projeto, do laboratório de pesquisa Conexão VIX, busca dar continuidade a prototipagem e desenvolvimento do equipamento Girassol Digital, bem como testar sua capacidade em relação à melhoria da eficiência na produção de energia elétrica fotovoltaica, com o auxílio do equipamento de simulação da trajetória solar Heliodon.

2 – Objetivos

Os objetivos deste subprojeto foram desenvolver e utilizar o equipamento Heliodon como ambiente de simulação do movimento aparente do sol para testar o comportamento do Girassol Digital quando na presença de uma fonte de luz em movimento constante. Testar o desempenho de suas peças, motores, fiações e demais componentes em situações de fadiga, realizando as melhorias físicas e programáticas necessárias. Além de desenvolver a estrutura capaz de integrar as placas fotovoltaicas ao Girassol, e testá-las sob diferentes condições e situações, gerando gráficos e análises crítico-teóricas dos resultados.

3 – Metodologia

O trabalho aqui desenvolvido dá continuidade aos trabalhos anteriores intitulados “Potencial dos sistemas responsivos (seguidor solar) para soluções de caráter ecológico no design, arquitetura e urbanismo” realizada por Kyane Silva e “Projeto para seguidor solar utilizando plataforma Arduino e impressão 3d” realizado por Paulo Henrique Calenzani, no Laboratório de Pesquisa Conexão VIX sob a orientação do Prof. Dr. Bruno Massara Rocha.

À princípio, a primeira etapa da pesquisa foi dedicada a realizar melhorias na programação e componentes físicos do Girassol Digital (em desenvolvimento desde 2016), para em seguida partir para a segunda etapa, que consistiu na montagem de um equipamento de simulação da trajetória solar, o Heliodon. A partir daí se iniciariam os testes de simulação com o Girassol. Optou-se por inverter essas duas etapas, de modo que durante a realização das ações de melhoria no Girassol Digital o ambiente de simulação já estivesse à disposição para uso concomitante a estes procedimentos.

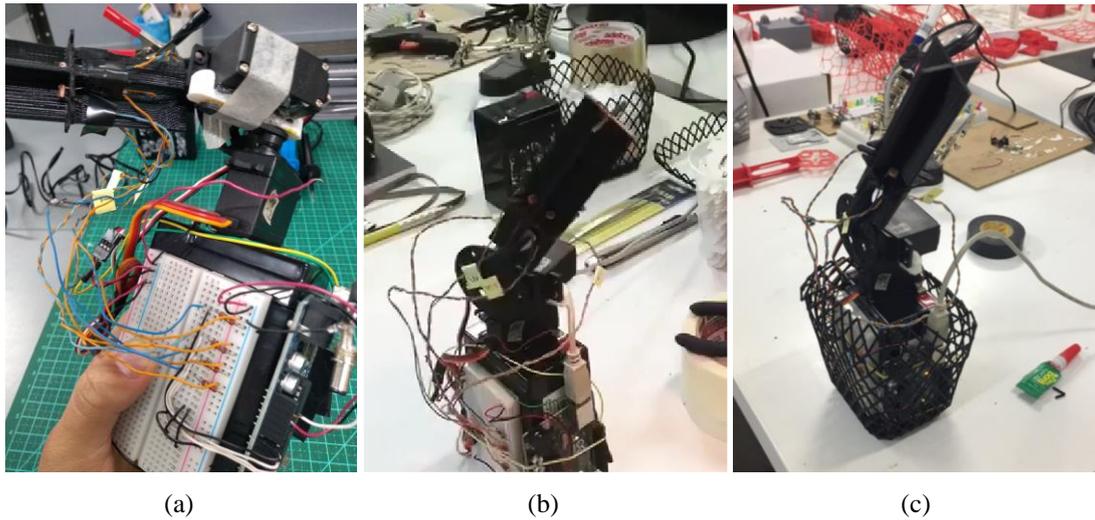


Figura 1. Estrutura do Girassol Digital (a) e (b) com fiações primárias e (c) invólucro de sólido celular impresso em 3D. Fonte: Acervo pessoal (2020) e Kiany Silva (2019).

O processo de desenvolvimento do equipamento Heliodon foi pensado sob a mesma abordagem do Girassol Digital, baseado na metodologia da *reflexão-em-ação* (SCHON, 2000) que tem como característica básica utilizar protótipos experimentais desde o início, na etapa de concepção do projeto. A *reflexão-em-ação* possui uma abordagem investigativa e qualitativa através de aplicações contínuas de ações de melhoria no projeto em desenvolvimento, sendo ele, continuamente, submetido à observação, reflexão e mudança, de maneira cíclica. Essa abordagem permite ao pesquisador uma prática projetual mais enfática e dinâmica com a situação problema e suas relações.

Outra metodologia utilizada, concomitantemente à *reflexão-em-ação*, é o *design thinking* (DORST, 2011), sendo este um método de resolução de problemas baseado na reconfiguração dos princípios operativos ao longo do processo, através de uma abordagem evolutiva de um processo projetual que admite a experimentação e o improviso orientado.

Como ponto de partida foi realizado um levantamento de referenciais teóricos, buscando artigos e autores que abordassem a importância do estudo da incidência solar em projetos de arquitetura e urbanos, além de referenciais práticos para modelagem, produção e montagem das peças do Heliodon. De maneira geral, estes estudos diziam respeito às questões de conforto ambiental, no que tange os níveis de incidência solar nas fachadas dos edifícios. Os equipamentos desenvolvidos pelos próprios alunos dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil de diversas instituições de ensino do país, como a Universidade Federal da Fronteira Sul e USP, eram pensados como ambiente de simulação para maquetes em pequena escala dos respectivos edifícios projetados e estudados.

A partir de imagens de Heliodon já existentes, foram identificadas as peças utilizadas para montagem e funcionamento do equipamento, a princípio sem preocupação com medidas e dimensionamentos.

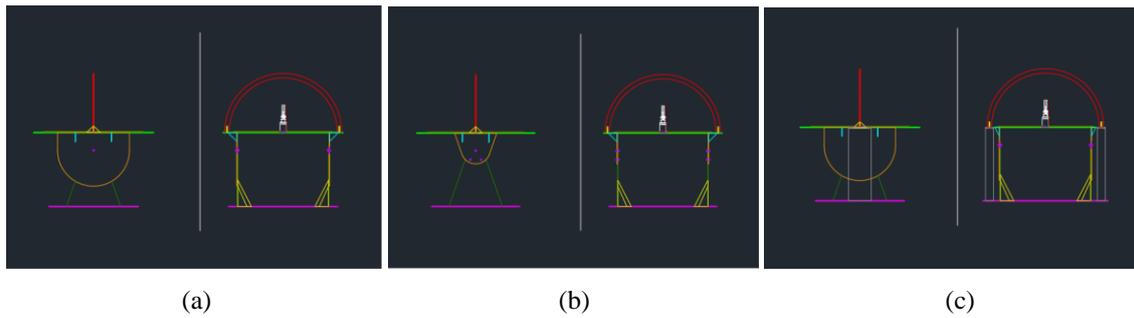


Figura 2. Primeiras versões do Heliodon, baseadas em modelos de referência. As partes principais dos modelos: arco (vermelho), travamentos (amarelo e ciano), base superior (verde), base inferior (rosa), transferidor de latitude (marrom), Girassol Digital (branco), sendo (a) modelo com arco e transferidor de latitude giratórios, (b) modelo com arco e transferidor de latitude fixos e (c) modelo com arco fixo e transferidor de latitude giratório . Fonte: Acervo pessoal (2019).

Após a identificação dos componentes presentes nos modelos tomados como referência, o Heliodon foi sendo redesenhando, suprimindo peças consideradas desnecessárias para o fim específico para o qual ele seria construído. Toda a estrutura desenhada da linha verde para baixo (figura 3) foi descartada, visto que a função principal do objeto a ser estudado, o Girassol, é que ele próprio gire sua haste em busca de um posicionamento perpendicular ao foco de luz, sendo necessário portanto, apenas a estrutura do arco (elemento em vermelho) e as peças necessárias para fixa-lo em uma superfície de apoio. Desta forma chegou-se à versão 2 e 3 do modelo.

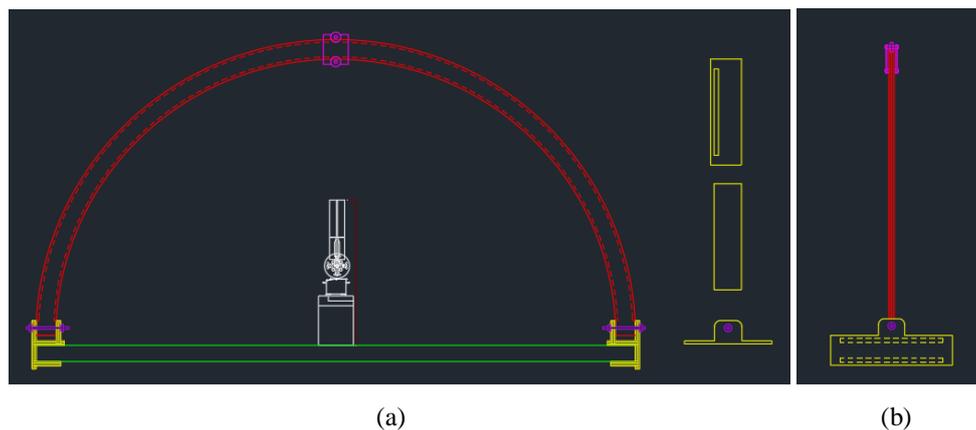


Figura 3. Versão 2 do Heliodon com as peças do arco (vermelho), mesa de apoio (verde), mancal e fixador (amarelo), parafuso e porca (roxo), carrinho de luz (rosa), Girassol Digital (branco), (a) vista frontal do Heliodon e das peças do mancal e (b) vista lateral do Heliodon. Fonte: Acervo pessoal (2019).

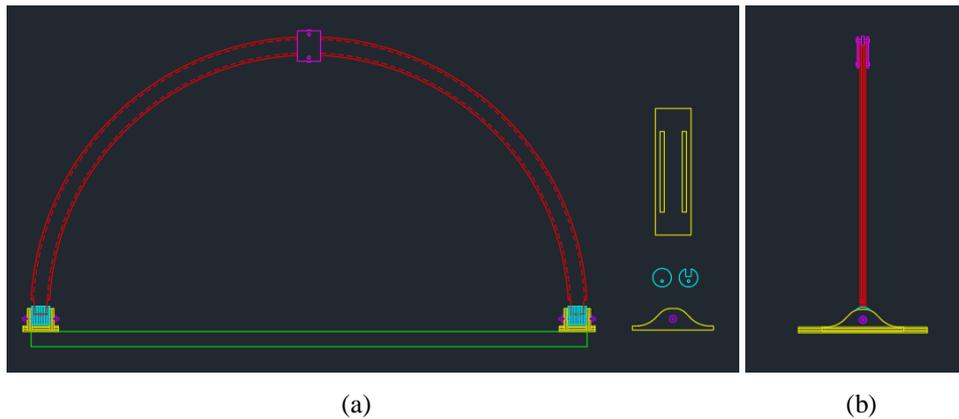


Figura 4. Versão 3 do Heliodon com as peças do arco (vermelho), mesa de apoio (verde), mancal (amarelo), parafuso e porca (roxo), carrinho de luz (rosa), e cilindro de rotação (ciano), (a) vista frontal do Heliodon e das peças do mancal e cilindro e (b) vista lateral do Heliodon. Fonte: Acervo pessoal (2019).

Definidas as peças base, foram conferidas a elas as suas dimensões reais, levando em consideração o espaço disponível no laboratório para a instalação do equipamento, e o espaço livre necessário para os movimentos da haste do Girassol. As peças seriam então produzidas com o uso de uma máquina de corte a laser, e materiais de baixo custo, como o MDF (placa de fibra de média densidade, em tradução livre) e conexões metálicas. Um fator limitante à produção das peças eram as medidas máximas da área de corte da máquina de corte a laser (400mm x 400mm), visto que as dimensões da maior peça, o arco, atingiu um diâmetro de 1200 mm. Constatando-se que esta peça não poderia ser monolítica, optou-se por fazer a junção de suas partes, bem como da conexão entre as outras peças, através de técnicas de encaixes em madeira. Os encaixes foram desenhados num formato que permitisse o travamento das peças na direção de seus planos.

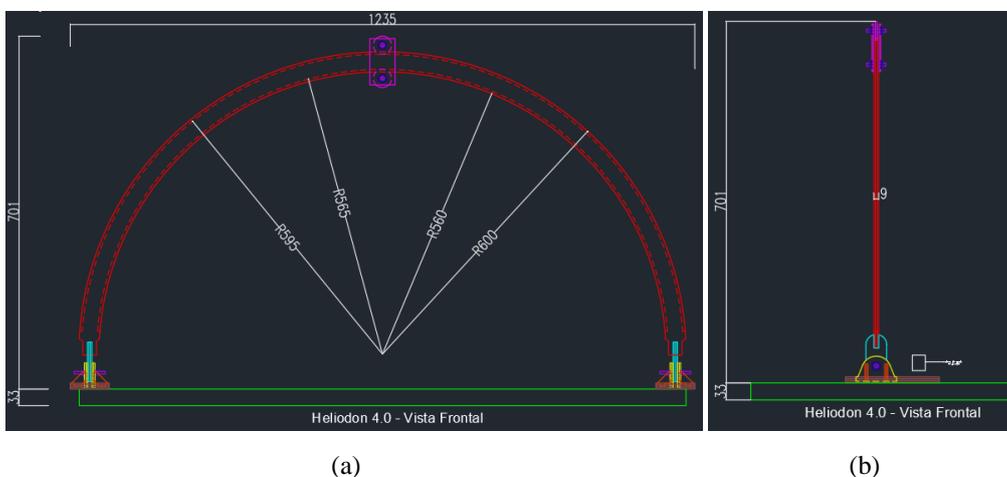


Figura 5. Versão 4 do Heliodon com as peças do arco (vermelho), mesa de apoio (verde), mancal (amarelo), parafuso e porca (roxo), carrinho de luz (rosa), e garra de rotação (ciano) e contraventamento (laranja), (a) vista frontal do Heliodon e (b) vista lateral do Heliodon com medidas gerais em milímetros. Fonte: Acervo pessoal (2019).

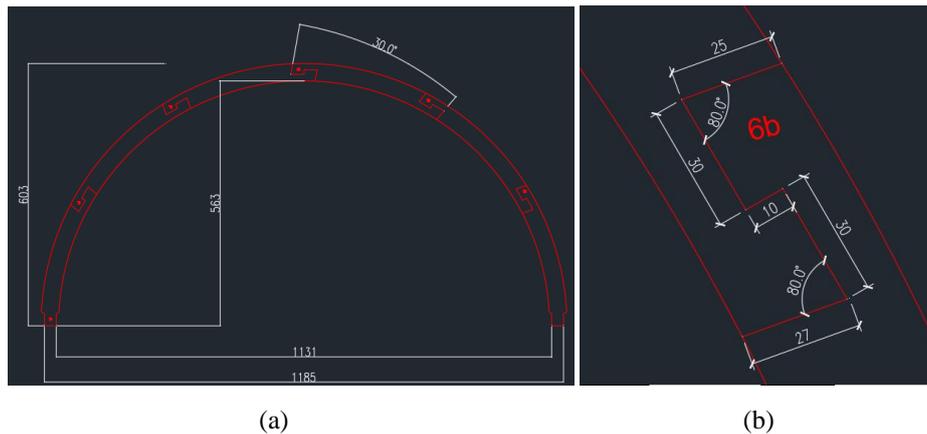


Figura 6. (a) Desenho do arco e divisões em peças menores e (b) detalhes do desenho do encaixe entre as peças com medidas em milímetros. Fonte: Acervo pessoal (2019).

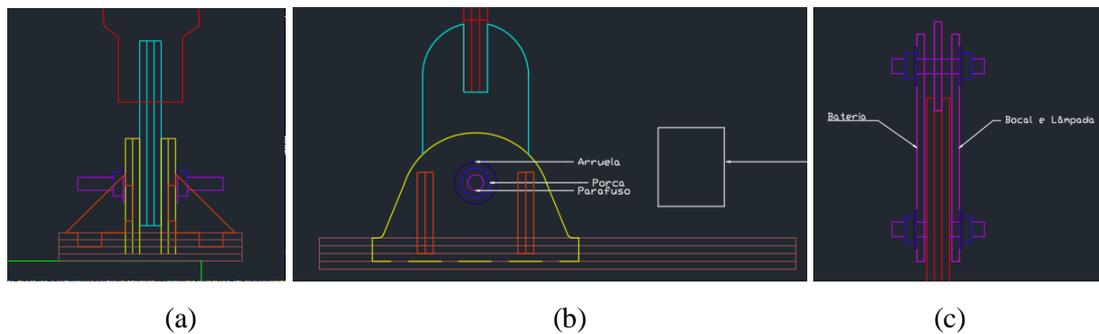


Figura 7. Encaixes e conexões da base do Heliodon (a) vista lateral e (b) vista frontal, sendo as peças constituintes o arco (vermelho), garra de rotação (ciano), mancal (amarelo), contraventamento (laranja), base de apoio (marrom), porcas e parafusos (roxo), mesa de apoio (verde); e (c) detalhe encaixe do carrinho de luz no arco. Fonte: Acervo pessoal (2019).

Durante o processo de corte das peças, verificou-se que havia um desgaste do material, devido ao procedimento submeter a madeira à queima através da ação ígnea do laser. Esse desgaste prejudicou o travamento das peças e a sustentação e estabilidade do Heliodon como um todo, pois gerou um espaçamento de cerca de 0,5mm entre os encaixes, considerando em que estes não deveriam ter nenhuma folga. Para correção do problema foram revisadas todas as medidas nas conexões entre as peças, através de processos experimentativos para determinar o valor de correção.

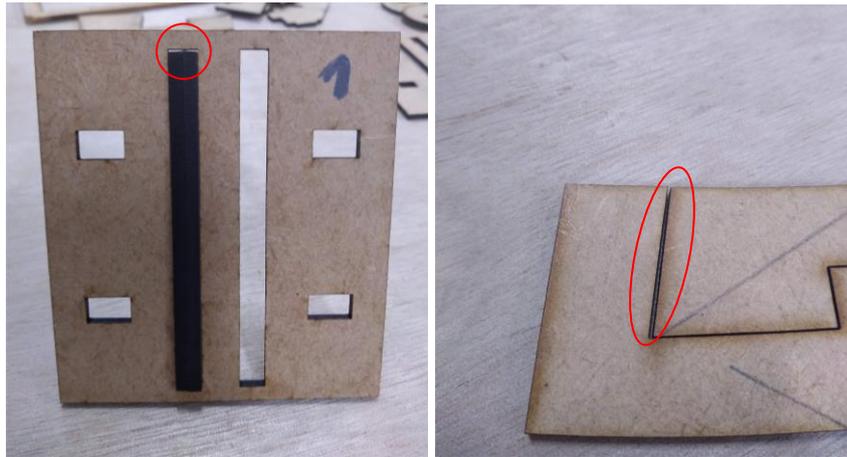


Figura 8. Encaixe das peças apresentando folgas, devido ao desgaste no processo de corte a laser. Fonte: Acervo pessoal (2019).

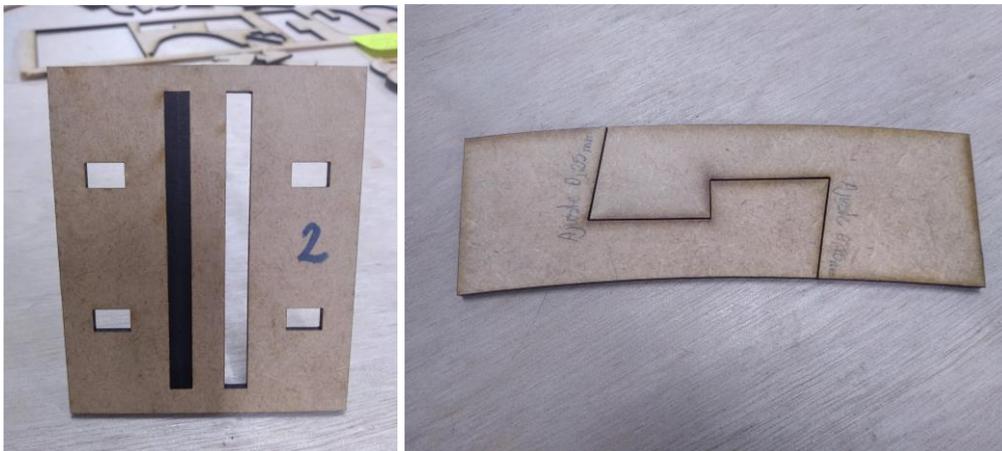


Figura 9. Encaixe das peças sem apresentar folgas, após correção nas pedidas de cada peça, para compensar o desgaste de material durante o processo de corte a laser. Fonte: Acervo pessoal (2019).

Já nos protótipos iniciais do Heliodon, percebeu-se que a ação da gravidade sobre o amplo arco acarretaria flambagem do mesmo (fenômeno que ocorre em peças esbeltas), quando o plano deste tivesse sua direção modificar através do giro do mancal. Para conferir maior robustez tanto ao arco, quanto às demais peças, suas constituições foram pensadas em camadas. No entanto, foi detectado outro problema no arco: a separação entre as camadas, visto que elas não possuíam aderência entre si. Para evitar essa dissociação, foram implementados pinos ao longo do comprimento do arco, com intenção de “encunhar” suas camadas e mantê-las unidas através do atrito com os pinos.

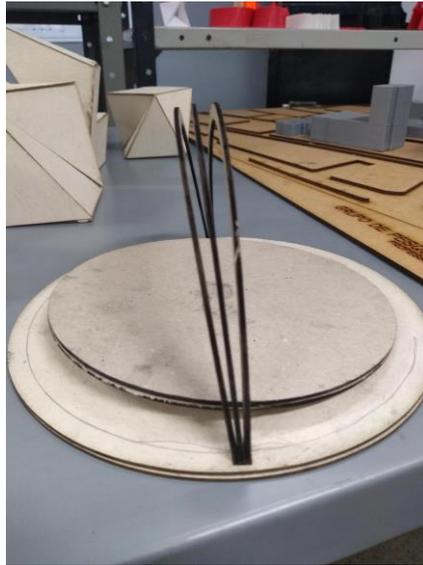


Figura 10. Versão 1 do Heliodon, apresentando separação entre as camadas do arco. Fonte: Acervo pessoal (2019).



Figura 11. Inserção de pino no arco, para manter suas camadas unidas. Fonte: Acervo pessoal (2019).

Após a finalização do Heliodon, deu-se início à segunda etapa da pesquisa, a saber: teste do desempenho das peças, motores, fiações e demais componentes do Girassol em situações de fadiga, realizando as melhorias necessárias; desenho e produção da estrutura capaz de integrar as placas fotovoltaicas ao Girassol.

Ao analisar os componentes físicos do Girassol, constatou-se a necessidade de trocar os fios que interligavam a bateria, os servos motores, sensores, *protoboard* e placa *Arduino UNO*. Na intenção de não danificar o já estabelecido funcionamento do Girassol e harmonia programática entre suas partes, antes da troca dos fios, foi feito o mapeamento de todo o sistema físico do girassol, determinando de forma visual e intuitiva como se dá a conexão entre os componentes.

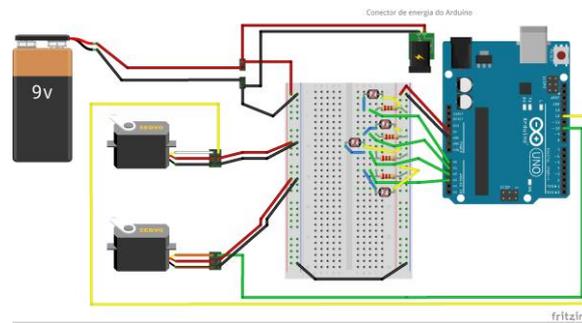


Figura 12. Mapa esquemático de circuitos do Girassol Digital. Fonte: Acervo pessoal (2020).

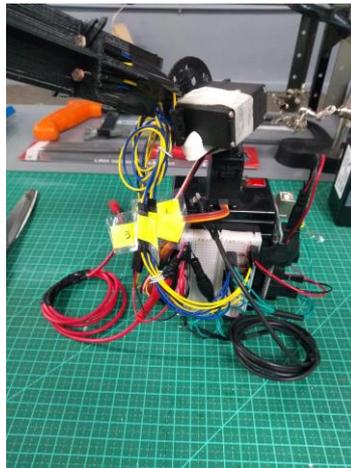


Figura 13. Girassol Digital após troca dos fios. Fonte: Acervo pessoal (2020).

Para possibilitar a integração das placas fotovoltaicas à estrutura do Girassol, desenvolveu-se uma estrutura de suporte para as placas, também seguindo a metodologia de *reflexão-em-ação*, partindo de esboços rudimentares, até a versão final, refinada através da constante análise da função principal do suporte: complementar a estrutura já existente de forma harmônica e fisicamente estática.

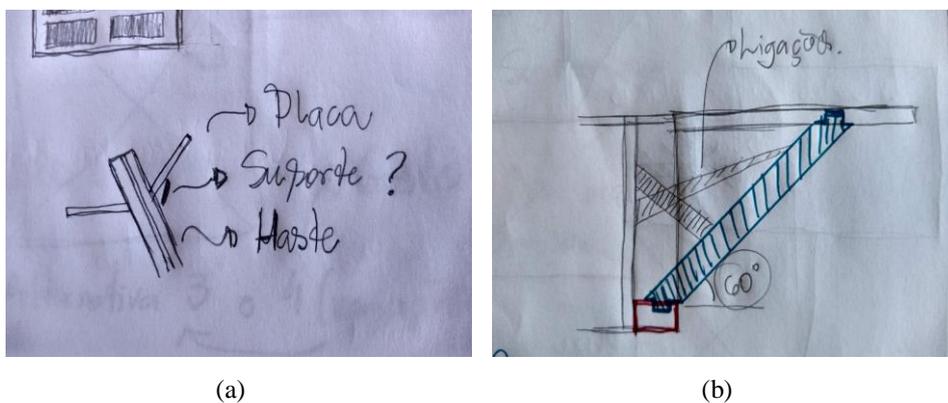


Figura 14. Esboços de estrutura para sustentação das placas fotovoltaicas no girassol com (a) posicionamento das placas em relação à haste e (b) detalhe da estrutura de sustentação das placas, determinando ângulo e contraventamento. Fonte: Acervo pessoal (2020).

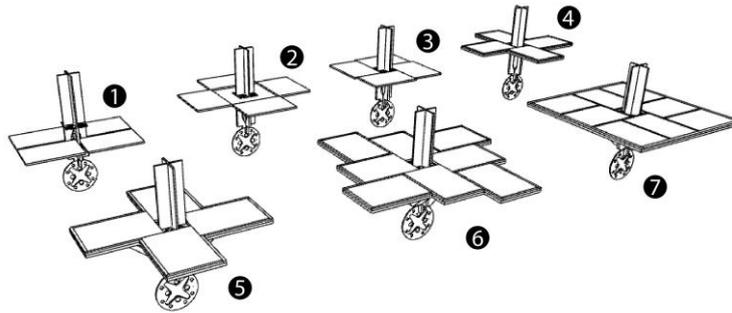


Figura 15. Evolução do modelo de estrutura para sustentação das placas fotovoltaicas, primeiramente considerando o uso de 4 placas, e por fim 8 placas. Fonte: Acervo pessoal (2020).

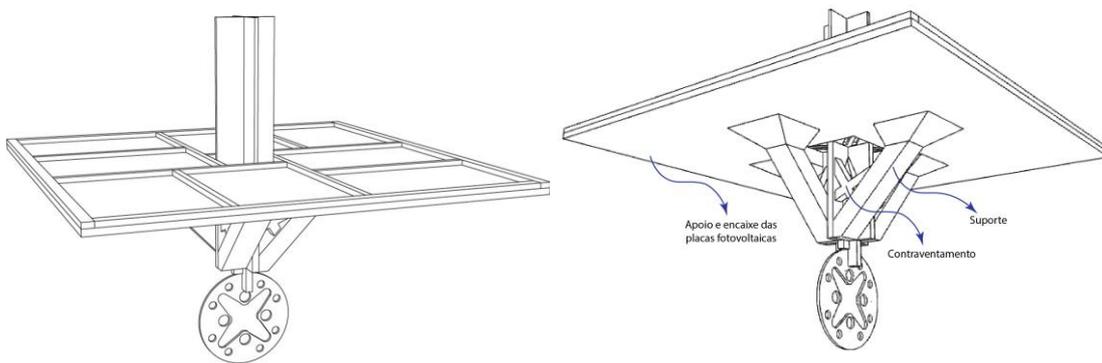


Figura 16. Modelo final de estrutura para sustentação das placas fotovoltaicas. Fonte: Acervo pessoal (2020).

A terceira e última etapa proposta para este projeto de pesquisa consistia em testar o Girassol em seu ambiente de simulação (Heliodon) sob diferentes condições e situações, gerando gráficos e análises crítico-teóricas dos resultados. A realização desta etapa foi prejudicada por um conjunto de fatores adversos que não puderam ser contornados: falta de recursos financeiros para adquirir as placas fotovoltaicas; estado de quarentena determinado por portaria normativa da UFES em função da pandemia do Coronavírus (COVID-19), e consequentemente a falta de acesso aos equipamentos no laboratório, visto que o deslocamento até a universidade utilizando o sistema de transporte coletivo acarretaria em risco à saúde para os pesquisadores.

4 – Resultados

Tendo corrigido todos os problemas técnicos do Heliodon, deu-se início a montagem de sua versão final, faltando apenas a acoplagem do foco de luz ao carrinho. Devido ao uso da máquina de corte a laser, a dimensão e encaixe das peças se mostraram precisas, proporcionando ao equipamento estabilidade e firmeza.



Figura 17. Estrutura montada do modelo final do Heliodon. Fonte: Acervo pessoal (2019).

O desenho do equipamento, de modo geral, foi baseada em projetos similares desenvolvidos para estudo de conforto ambiental em Faculdades de Arquitetura e Urbanismo, mas o design de cada peça que compõem o Heliodon foi desenvolvido de maneira experimental, através da montagem de protótipos que permitiram a identificação e correção de falhas construtivas, além da otimização no consumo de material. A estratégia de projeto proporcionada pela *reflexão-em-ação* e o *design thinking*, adotando processos como “faça-você-mesmo”, modo de trabalho característico do Grupo de Pesquisas Conexão VIX, resultou num equipamento adaptado tanto às demandas para a qual será utilizado, quanto ao ambiente e suporte nos quais estará inserido.

Além disso, desenvolver o próprio equipamento permitiu a confecção de desenhos técnicos e manual de instruções com medidas e informações projetuais que permitirão, através da disponibilização pública, que outros pesquisadores de conforto ambiental e aproveitamento de energia solar possam desenvolver equipamento similar, a fim de auxiliar em suas pesquisas. Durante a busca por referências, a maior dificuldade foi em achar parâmetros dimensionais em que pudesse basear as primeiras versões.

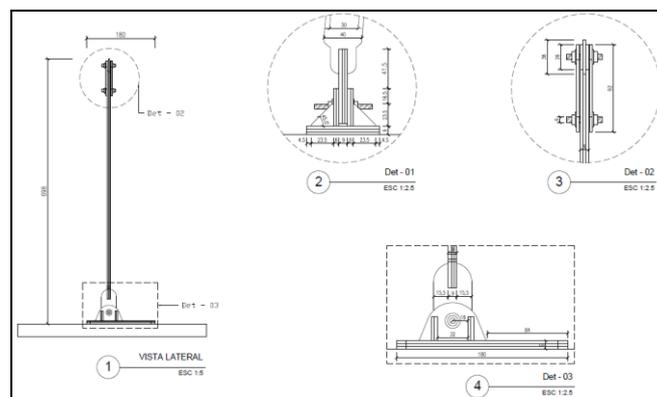


Figura 18. Desenhos técnicos com dimensões, encaixe e detalhamentos das peças do Heliodon. Fonte: Acervo pessoal (2020).

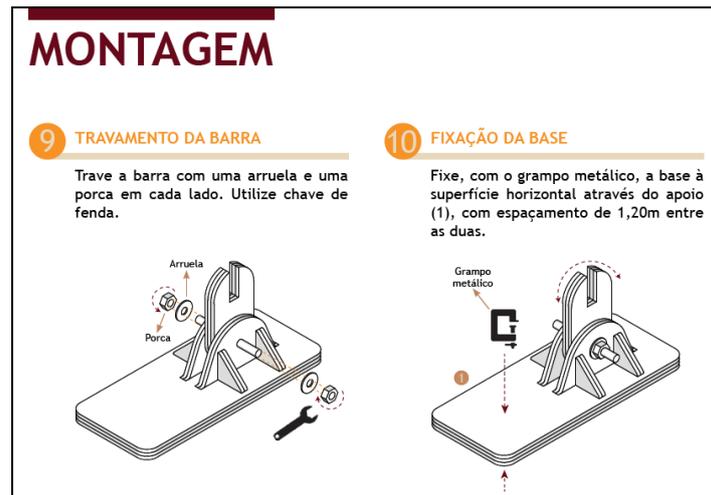


Figura 19. Seção do manual de instruções do Heliodon sobre encaixe das peças. Fonte: Acervo pessoal (2020).

A estrutura desenvolvida para integrar as placas fotovoltaicas à estrutura do Girassol Digital se conectou de forma satisfatória ao mesmo, apresentando estabilidade diante dos movimentos da haste, agindo em funcionalidade com as demais peças e componentes, não restringindo seus movimentos nem os deslocando de suas posições.

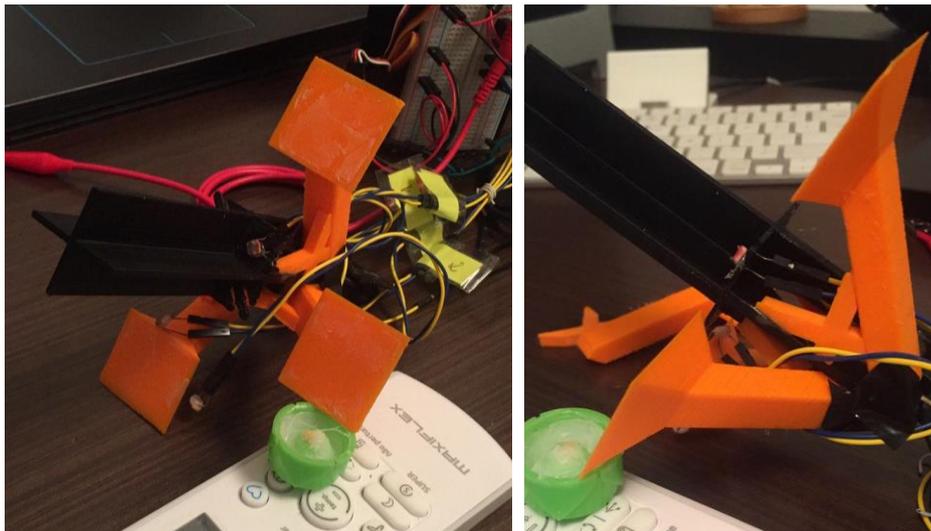


Figura 20. Inserção, na estrutura do Girassol, das peças de sustentação para suporte das placas fotovoltaicas. Fonte: acervo de Bruno Massara Rocha (2020).

Os resultados obtidos resultou no artigo *Digital Sunflower: the potential of eco-oriented responsibility in the design process* aceito e publicado no *XXIV International Conference of The Iberoamerican Society of Digital Graphics* (<https://sigradi2020.upb.edu.co/pt/>).

5 – Discussão e Conclusões

O processo projetual desta pesquisa, baseada no desenvolvimento e contínua correção dos protótipos, muito se assemelha à prática acadêmica dos projetos de arquitetura, em que se busca encontrar a melhor utilização do espaço e tempo através de uma visão pragmática dos recursos disponíveis. Desde o início o desenvolvimento do Heliodon foi norteado pelos critérios ressaltados por Fernandes et al (2013): fácil mobilidade, transporte e montagem, não demandar muito espaço físico do laboratório, baixo custo de produção e manutenção, ser de manuseio intuitivo, além de se adequar ao material utilizado em sua montagem, de modo a poder ser disponibilizado a outros públicos.

Ao serem tomados como referência outros modelos de Heliodon, a análise crítica dos mesmos nos permitiu otimizar o desenho de todas suas partes compositivas e a interação entre elas; a economia do material utilizado também foi expressiva, saindo de 1,76m² na versão 3, para 0,64m² em sua quinta e última versão. A maior contribuição do subprojeto foi o desenvolvimento de um equipamento leve, esbelto, prático e funcional, além de demonstrar como replicá-lo e montá-lo através da produção de material gráfico didático e intuitivo. Os resultados técnicos produzidos serão disponibilizados na internet sob a licença *Creative Commons*, visando o compartilhamento e a publicização dos dados.

Esperava-se poder analisar aqui os resultados matemáticos do percentual de contribuição que a função heliotrópica do Girassol Digital proporcionaria na captação de energia pelos módulos fotovoltaicos, em detrimento de sistemas fotovoltaicos estáticos. No entanto, a falta de recursos financeiros impossibilitou a compra destes módulos, sem os quais não foi possível aferir a captação de energia solar.

A realização plena dos objetivos da pesquisa esbarrou, também, no acesso ao laboratório, e conseqüentemente, aos equipamentos desenvolvidos e utilizados, devido às restrições de mobilidade imposta pelo estado de quarentena, aderido por portaria normativa da UFES.

6 – Referências Bibliográficas

BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 1ª ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2003.

CALENZANI, Paulo Henrique. **Projeto para seguidor solar utilizando plataforma Arduino e impressão 3D**. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa Institucional de Iniciação Científica. Vitória/ES, 2018.

CARMELOSSI, Gustavo M.; CASTRO, Adriana P. de A. S. **PROJETO, CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM HELIODON ALTERNATIVO – ESTUDO EM MAQUETES FÍSICA E VIRTUAL**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas/SP, 2017.

CHVATAL, Karin Maria S.; REGOLÃO, Rosilene. **Manual de utilização Heliodon**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, EESC, USP.

DORST, K. **The core of design thinking and its application**. *Design Studies*, v. 32, n6, 2011, pp.521-532.

FERNANDES, Leandro C.; GRZYBOWSKI, Jose M. V.; RIBEIRO, Anderson A. G. A. **DESENVOLVIMENTO, EXECUÇÃO E TESTE DE SIMULADOR DE TRAJETÓRIA SOLAR APARENTE**. Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim/RS, 2013.

PIPES, Alan. **Desenho para designers:** Habilidades de desenho, esboços de conceito, design auxiliado por computador, ilustração, ferramentas e materiais, apresentações, técnicas de produção. Traduzido por Marcelo A. Alves. São Paulo: Blucher, 2010.

SCHÖN, D. Educando o profissional reflexivo. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, Kiany Ferreira Damascena. **Potencial dos sistemas responsivos para soluções de caráter ecológico na Arquitetura, Urbanismo e Design - Seguidor Solar Girassol.** Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa Institucional de Iniciação Científica. Vitória/ES, 2019.

SOUZA, Marisa Bueno e; DUARTE, Denise; RONCONI, Reginaldo. **Pesquisa, Projeto e Construção de Ferramentas de Ensaio para Modelos Físicos em Conforto Ambiental – Heliodon.** Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Dep. Tecnologia da Arquitetura.