

ESTUDO E CONCEPÇÃO DE UM HELIÓGRAFO

Silva, BP¹; Diniz, JMT²; Amorim-Júnior, WF¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, CP 882, 58429-900, Campina Grande. Brasil. brunoareia@bol.com.br;
engenheirowanderley@gmail.com;

²Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia, CP 351, 58429-500, Campina Grande. Brasil. julio_mannuel@hotmail.com;

RESUMO: A insolação é uma variável abiótica importante para a produção agrícola e para a avaliação do potencial energético da utilização da energia solar. Para a sua medição se utiliza o heliógrafo, por causa do seu alto preço, fazendo da utilização de metodologia de projetos de engenharia, se objetivou a produção de um protótipo funcional de um heliógrafo com uma casca esférica de vidro com água, para os testes e coletas de dados. Baseado no desenvolvimento desses protótipos foi projetado um heliógrafo que pode se fabricado por impressão 3D.

PALAVRAS-CHAVE: Heliógrafo Campbell, Heliógrafo Campbell/Stokes, Insolação, Protótipo Funcional;

INTRODUÇÃO: Heliógrafo é um instrumento que mede quantas horas do dia há de insolação solar, quer dizer, o tempo que o sol brilha no céu, em que tal medida é função das espessuras das nuvens, concentração de poluentes no ar, latitude, época do ano. A insolação é uma variável abiótica importante para o cultivo, já que influencia na umidade do solo. A insolação tanto pode ser utilizada no planejamento agrícola, como também na análise do potencial de utilização de energia solar. Como o heliógrafo é um equipamento importado e muito caro, se justificou realizar um estudo para construir esse equipamento com baixo custo de produção e de tecnologia nacional, além disso, realizar uma pesquisa para determinar tipos de heliógrafos compatíveis com o objetivo do projeto, e os seus respectivos modelos físicos matemáticos usados para construí-lo, com determinadas hipóteses simplificadoras para facilitar a análise, e a construção de protótipos funcionais, sendo todo o processo embasado em metodologias de projetos de engenharia.

METODOLOGIA: Primeiro foi feito um levantamento de dados sobre o equipamento, através das seguintes fontes: acadêmica, comerciais e patentes. Nesse levantamento foi obtidas informações do tipo: modelos, equações físico matemáticas que regem o funcionamento desses modelos, dimensões, especificações de calibragem e uso, informações adicionais que poderiam ser utilizados no projeto. O segundo passo seria escolher os modelos mais apropriados para servir de base para o estudo e desenvolvimento do protótipo. Como os modelos mais simples de heliógrafos são sistemas muito complexos, os modelos escolhidos foram divididos em subsistemas, fazendo com que simplificasse a análise do equipamento como um todo. O próximo passo e o estudo e o desenvolvimento do protótipo funcional, se baseando em cada etapa do desenvolvimento em três fundamentos: Geometria e design, materiais e métodos de fabricação e modelos físicos e matemáticos. Esses fundamentos não podem ser vistos isoladamente, mas se lançando de uma forte interação entre eles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na pesquisa informacional feita, dois modelos de heliógrafos foram escolhidos por se adaptarem melhor aos objetivos do projeto, os modelos



Campbell e o Campbell/Stokes (vistos na figura 1), os dois subsistemas mais importantes desses modelos e o suporte de papel e a esfera (concentradora dos feixes luminosos).

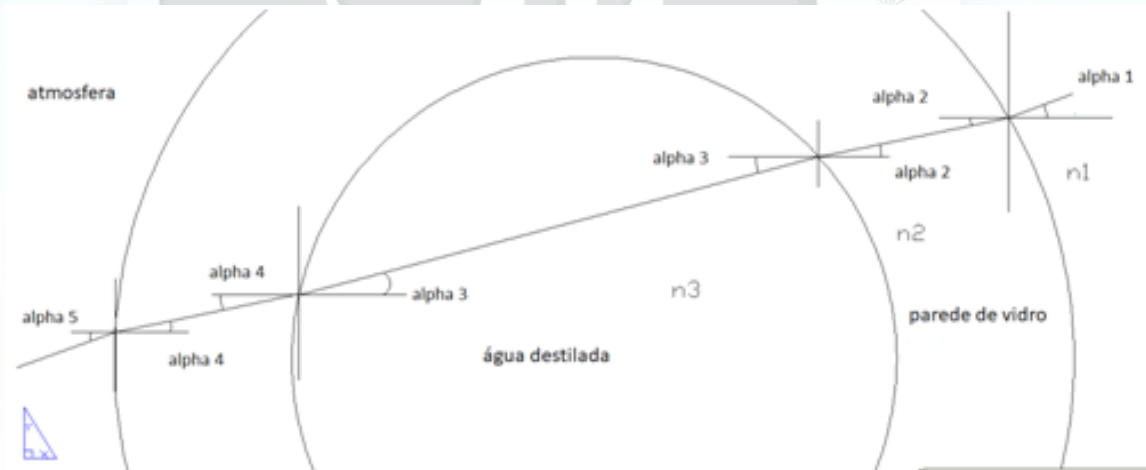
Figura 1: (A) Um Heliógrafo do Tipo Campbell, (B) Um Heliógrafo do Tipo Campbell/Stokes.



Fonte: Autoria Própria.

Como o estudo tinha como objetivo testar a hipótese se uma casca esférica de vidro com água destilada tinha o mesmo comportamento de uma esfera de vidro (de alto custo de mercado), logo se utilizou da lei de Snell para determinar qual seria o comportamento de um feixe luminoso em uma esfera de meio vidro + água, onde a figura 2 apresenta o esquema desse comportamento.

Figura 2: Esquema de um Único Feixe de Luz Passando na Esfera no Plano, já Nomeando os Ângulos de Entrada e Saída do Mesmo.

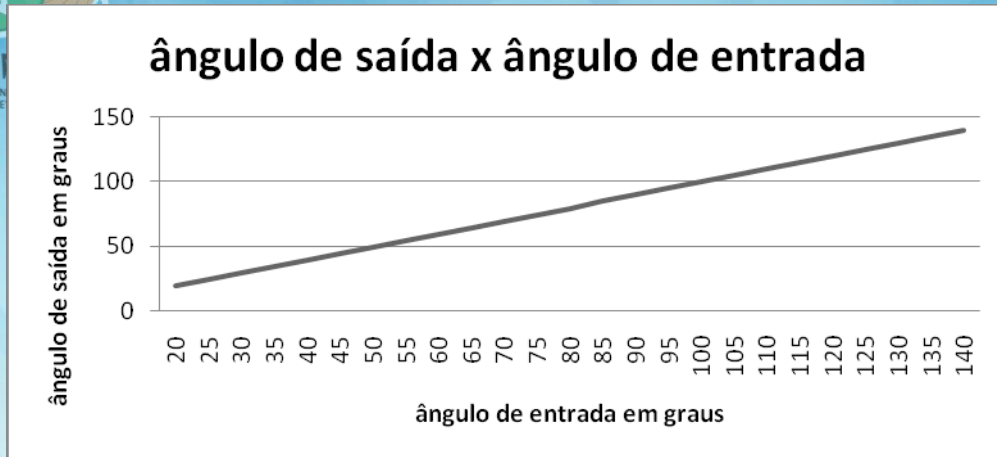


Fonte: Autoria Própria.

Sendo alpha 1 o ângulo de entrada, e alpha 5 o ângulo de saída, podemos deduzir que na horizontal, a relação dos ângulos é linear, e que o ângulo de saída tem o mesmo valor do ângulo de entrada, só que com um ângulo de fase de 180 graus, apresentando um comportamento linear entre o ângulo de saída com o ângulo de entrada do feixe luminoso (vistos na figura 3), tal comportamento é semelhante se fosse só vidro, fazendo com que a variação mais significativa fosse verticalmente, mas tal variação é ajustada empiricamente com o reposicionamento do papel.

Figura 3: Gráfico do Ângulo de Saída versus Ângulo de Entrada da Luz.





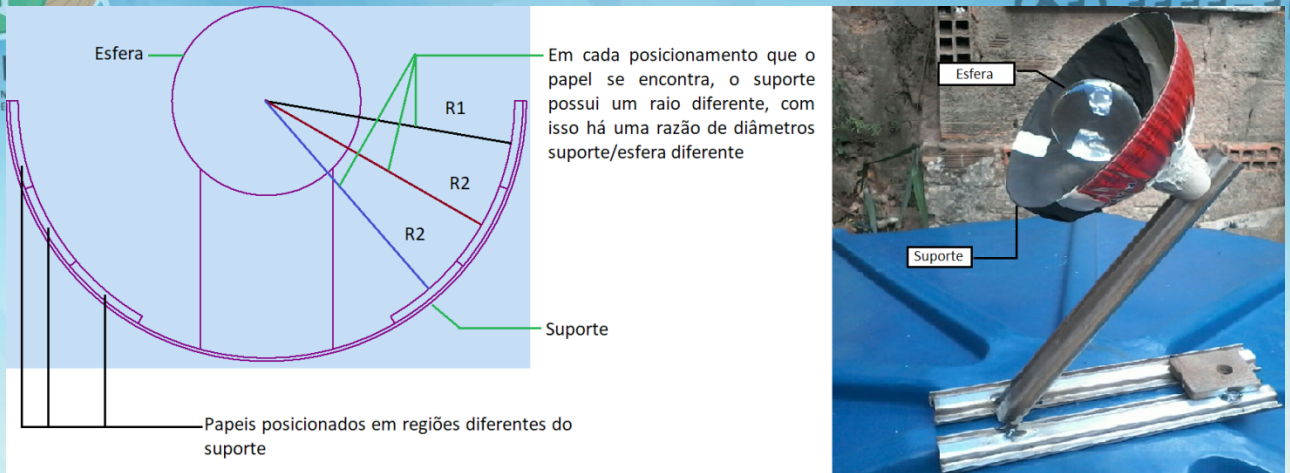
Fonte: Autoria Própria.

A queima do papel é diretamente proporcional a taxa de transferência de calor, que por sua vez é inversamente proporcional a área resultante sobre o papel. A distância entre a esfera e o papel influencia diretamente o valor dessa área, se esse valor dessa área for muito alto, o papel não irá queimar. Adimensionalizando essa variável foi encontrada a relação de diâmetro do suporte sobre diâmetro da esfera, quanto maior essa relação mais difícil a queima do papel por insolação. Além dessa razão de diâmetros, um fator também importante que influencia no comportamento do registro de insolação por queima, é as características do papel (gramatura, cor, etc). Mesmo com uma razão de diâmetros adequada, o registro da insolação não ocorrerá de maneira esperada se as características do papel usado não forem apropriadas para aquela razão de diâmetros usada no equipamento.

Para uma casca esférica preenchida com água como concentradora dos feixes luminosos, não se tinha dados suficientes para obter analiticamente a razão de diâmetros e as características que deveria ter o papel para medição, então se optou em utilizar testes empíricos para poder obter essas informações. Para realizar os testes, se construiu um heliógrafo do tipo Campbell. A vantagem em se utilizar esse modelo para os testes, e que poderia variar a razão de diâmetros só fazendo pequenas modificações no protótipo (vistas na figura 4). A razão de diâmetros suporte/esfera encontrada para esse modelo foi de 2,7, e o papel que apresentou melhores características foi o termossensível. Sobre o papel escolhido, a sua escolha se deve por apresentar uma ótima queima, sobre exposição direta do sol no equipamento, e enegrecer, mas não queimar, na transição do movimento das nuvens que se encontra entre a cobertura total do Sol e a exposição direta do Sol, registrando assim esse fenômeno.

Figura 4: (A) Papéis Posicionados em Regiões Diferentes do Suporte, em Cada Posicionamento que o Papel se Encontra, o Suporte Possui um Raio Diferente, com isso Há uma Razão de Diâmetros Suporte/Esfera diferente. (B) Protótipo Funcional de Heliógrafo do Tipo Campbell.

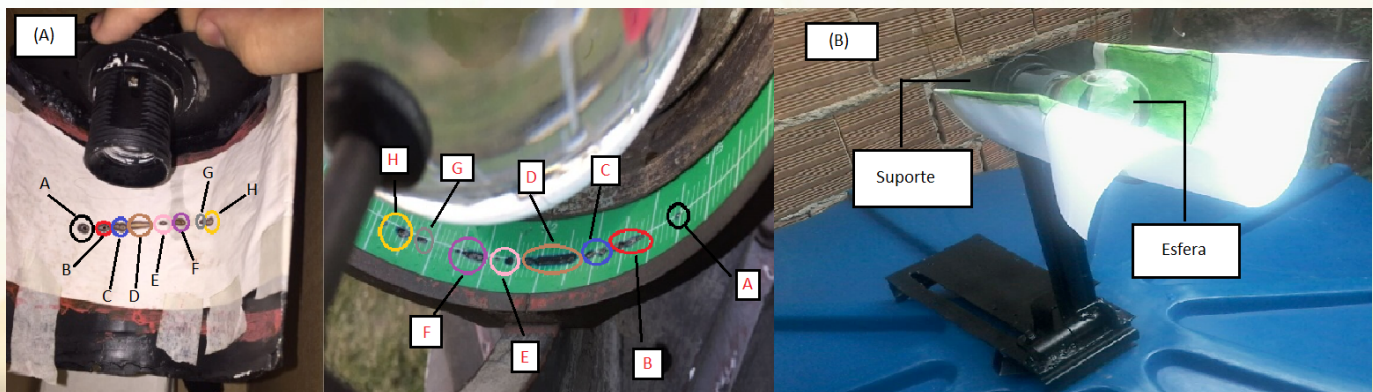




Fonte: Autoria Própria.

Se utilizando das informações obtidas do primeiro protótipo, foi realizada a construção de um segundo heliógrafo, agora do tipo Campbell/ Stokes. Tal escolha foi motivada para se obter um protótipo funcional que possuísse as mesmas características de operação de um heliógrafo comercial, com isso se poderia averiguar a precisão das medições do protótipo. Para o suporte se utilizou um semicilindro circular, e no caso da esfera, se aproveitou da casca esférica de vidro preenchido com água do protótipo funcional Campbell. Apesar de terem sido testados outros tipos de papel, ainda o do tipo termossensível se mostrou mais adequado, porém para esse protótipo, com características de operação diferentes do protótipo Campbell, a razão de diâmetros suporte/esfera que se mostrou mais adequada foi de 2,1. Com o auxílio do técnico do setor de meteorologia da Embrapa – CG, Jailton Rodrigues de Souza, foram realizados testes com o protótipo funcional Campbell/Stokes na Embrapa de Campina Grande, no local onde são posicionados os equipamentos meteorológicos. Em um desses testes, foi feito um registro de insolação de um dia, se fazendo uma análise qualitativa com esse registro do protótipo, tendo como referência o registro feito pelo heliógrafo da própria Embrapa - CG do dia do teste (vistos na figura 5). Os círculos de mesma cor e letra correspondem ao mesmo período de insolação. Tal análise sugere semelhanças no padrão de registro entre os equipamentos.

Figura 5: (A) Comparação da Marcação do Protótipo Funcional e do Heliógrafo da Embrapa - CG, os Círculos Coloridos e as Letras Identificam as Mesmas Regiões de Registro de Insolação (Letras Pretas o Protótipo Funcional, e as Letras Vermelhas o Heliógrafo da Embrapa – CG). (B) Protótipo Funcional do Tipo Campbell/Stokes na qual Foi Realizados Testes na Embrapa – CG.





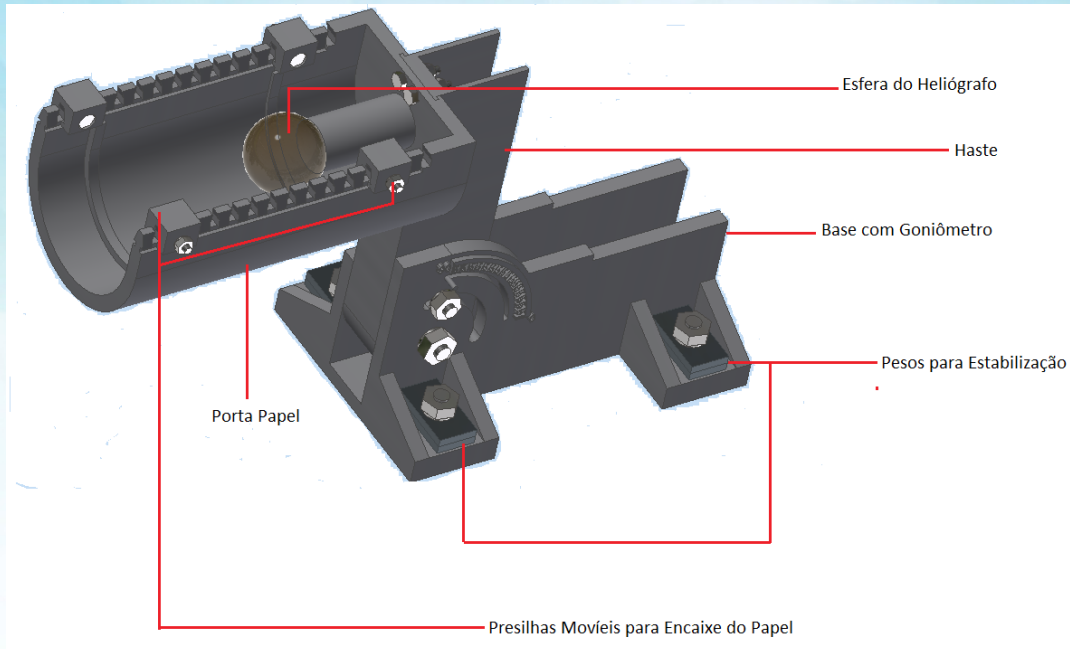
Fonte: Autoria Própria.

contato@sinprovs.com.br
WWW.SINPROVS.COM.BR
(83) 3322-3222

III SINPROVS
III SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS PARA
A PRODUÇÃO VEGETAL

Baseado nos protótipos funcionais desenvolvidos foi proposto um projeto de um heliógrafo Campbell/Stokes para ser produzido por impressão 3D (vistos na figura 6).

Figura 6: Projeto Conceitual de um Heliógrafo do tipo Campbell/Stokes, Projetado para Ser Produzido por Impressão 3D.



Fonte: Autoria Própria.

CONCLUSÕES: Os testes obtidos com os protótipos funcionais, e as análises físicas e matemáticas, mostraram que um heliógrafo usando uma casca esférica com água e papel fotossensível se mostrou qualitativamente viável, e baseado no desenvolvimento desses protótipos foi projetado um heliógrafo que pode se fabricado por impressão 3D.

AGRADECIMENTOS: Jailton Rodrigues de Souza, Embrapa de Campina Grande, Dr. Sebastião Araújo Coutinho e Suna Engenharia.

REFERÊNCIAS:

HALLIDAY, D., RENISCK, R., WALKER, J. **Fundamentos da Física**, Volume 4: Óptica e Física Moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

INCROPERA, F.P.; WITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992.

JMA. **Chapter 7 Measurement of Sunshine Duration and Solar Radiation**. Disponível em: <<http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/ric/Our%20activities/International/CP7-Sunshine.pdf>>. Acesso em: 29 de agosto de 2017.

SILVA, B. P. **Relatório de Estágio Supervisionado na Empresa Suna Engenharia**. Campina Grande: UFCG, 2018.

