

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUSTAVO NESPOLO GRABSKI

**HELIODON, UMA PROPOSTA DE EQUIPAMENTO VISANDO
POTENCIALIZAR O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2020

GUSTAVO NESPOLO GRABSKI

**HELIODON, UMA PROPOSTA DE EQUIPAMENTO VISANDO
POTENCIALIZAR O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel, do curso de
Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Silmara Dias Feiber

TOLEDO

2020



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 254

HELIODON, UMA PROPOSTA DE EQUIPAMENTO VISANDO POTENCIALIZAR O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA

por

Gustavo Nespolo Grabski

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 9:00 h do dia **25 de Agosto de 2020** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber
(UTFPR – TD)

Prof. Esp. Édi Waldrich
(UEM/UEL)

Profª Dra. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Gustavo Savaris
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

GRABSKI, G. N. **Heliodon, uma proposta de equipamento visando potencializar o ensino de projeto de arquitetura.** 2020. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, UTFPR, Toledo.

A insolação incidente na edificação é um fator determinante para estudo de conforto térmico e de eficiência energética. Apesar da ascensão das ferramentas computacionais, alguns dos métodos mais tradicionais que utilizam modelos reduzidos, ainda são de grande valor, principalmente pelo fator empírico agregado ao estudo. Esse trabalho surge com a finalidade de propor um equipamento que dê suporte à estudos preliminares de implantação e layout de edificações. Tomando como base alguns heliodons encontrados no mercado e na literatura, analisando seus prós e contras, para assim determinar o modelo a ser projetado. É adotado o modelo com três arcos móveis e mesa fixa, que gera melhor compreensão dos fenômenos envolvidos, assim, tendo melhor aproveitamento no meio acadêmico. O equipamento, ainda não executado, assim como seu funcionamento, são apresentados neste trabalho.

Palavras-chave: Heliodon; Modelos Físicos para Arquitetura; Conforto Térmico.

ABSTRACT

GRABSKI, G. N. **Heliodon, a proposal of equipment aiming to increase the education of architecture project.** 2020. Final graduation dissertation (graduation in Civil Engineering) - Civil Engineering Course Coordination - UTFPR, Toledo.

The insolation that occurs in buildings is a decisive factor to the study of thermal comfort and energy efficiency. In spite of the rise of computational tools, most traditional methods that use reduced models, yet are of high value, specially because of the empirical factor added to the study. This article arises with the intention of proposing an equipment which gives support to preliminary deployment studies and buildings layout. Using as basis some heliodons already found in the market and in the literature, analysing its pros and cons, to determine the template to be projected. It's used a template with three mobile arches and a fixed table, giving better comprehension of the phenomenon involved, thus, having better utilization in the academic community. The equipment, yet not executed, as its function, are going to be presented in this article.

Keywords: Heliodon, Physics Models for Architecture; Thermal Comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração dos Solstícios.....	12
Figura 2 - Ilustração de Carta Solar.....	14
Figura 3 - Ilustração de Carta Solar.....	14
Figura 4 - Aplicação da Carta Solar.....	15
Figura 5 - Uso de Simulador Computacional	16
Figura 6 - Exemplo de Heliodon	17
Figura 7 - Heliodon com fonte luminosa fixa.....	18
Figura 8 - Heliodon de Régua.....	19
Figura 9 - Heliodon de anéis móveis e mesa fixa	20
Figura 10 - Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa	21
Figura 11 - Heliodon de arcos fixos e mesa inclinável.....	22
Figura 12 - Heliodon de hastes.....	23
Figura 13 - Materiais – Confecção arcos móveis.....	27
Figura 14 - Pontos para perfuração e marcação	28
Figura 15 - Pontos de união/solda	28
Figura 16 - Suporte dos arcos	29
Figura 17 - Spots de luz e suporte.....	29
Figura 18 - Simulação – Heliodon finalizado	30
Figura 19 - Simulação – Heliodon finalizado	30
Figura 20 - Simulação – Mecanismo de travamento.....	30
Figura 21 - Simulação – Mecanismo de travamento.....	30
Figura 22 - Simulação – Movimento arcos e luz.....	30
Figura 23 - Simulação – Movimento arcos e luz	30
Figura 24 - Simulação – Análise sombreamento	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 CONFORTO AMBIENTAL E O ENSINO DE PROJETO	11
5 SIMULADORES DA TRAJETÓRIA SOLAR	14
5.1 Cartas Solares	14
5.2 Programas computacionais	15
5.3 Heliodon	16
6 TIPOLOGIAS: DIMENSÕES, MATERIAIS E MANIPULAÇÕES	18
6.1 Heliodon com fonte luminosa fixa	18
6.2 Heliodon de Régua (mesa e fonte luminosa móveis)	19
6.3 Heliodon de anéis móveis e mesa fixa	19
6.4 Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa	20
6.5 Heliodon de arco(s) fixo(s) e mesa inclinável	21
6.6 Heliodon de haste (ou de braço)	22
6.7 Dos Materiais	23
7 MATERIAIS E MÉTODOS	24
7.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA	24
7.2 ETAPAS DA PESQUISA	25
7.2.1 DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO	25
7.2.2 DO QUESITO EDUCACIONAL	26
7.2.3 DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS	26
8 RESULTADO	27

9 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXO A – PROJETO : HELIODON ARCOS MÓVEIS	35
ANEXO B – INSTRUÇÕES PARA BOM USO DO HELIODON	36

1 INTRODUÇÃO

A concepção do projeto arquitetônico tem influência direta no consumo energético das edificações. Este fato ocorre do fator de consumo de energia estar relacionado com o resfriamento, aquecimento e iluminação dos ambientes da construção, situações advindas da proposta projetual.

O sol por meio da incidência de seus raios afeta a edificação seja em relação à propagação de calor seja pela iluminação e, segundo Szokolay (2007) torna-se o fator de maior relevância no design térmico das edificações. Tendo isso em mente, toma-se a incidência solar na edificação como fator primário para o conforto térmico.

Com isso, cada vez mais, buscando um maior conforto térmico e uma forma mais eficiente de economia energética, Engenheiros e Arquitetos procuram analisar as possíveis variáveis, como luz natural, artificial, aberturas, materiais etc. na concepção de seus projetos (LAMBERTS, 2004). E, no âmbito desta preocupação buscam-se meios para realizar a simulação da trajetória solar atuante na proposta de edificação. Entre as diversas maneiras de simular a insolação nas edificações, como o uso de softwares e mapas solares, o heliodon se destaca pelo seu princípio didático. De forma visual e de fácil percepção os resultados são visualizados numa experiência que se aproxima à vivência da obra.

Por definição, o heliodon é usado “para simular a geometria solar e permitir o estudo de sombreamento através de modelos reduzidos” (SZOKOLAY, 2007). O equipamento tem como função, projetar a trajetória do sol em torno do modelo físico reduzido da edificação projetada. Simulando a posição solar em determinadas horas do dia, pode ser ajustado de acordo com os solstícios e equinócios em cada região do globo terrestre.

O uso de modelos físicos proporciona diversas vantagens, como a familiarização dos projetistas com os fenômenos físicos envolvidos, permite avaliação quantitativa e qualitativa dos modelos, facilitando a análise de possíveis soluções. Também pode ser utilizado para a verificação de modelos computacionais, assim como servir de instrumento de demonstração entre projetista e cliente (SOUZA, 2007).

Sendo assim, a partir da verificação do potencial deste equipamento no âmbito do ensino de projeto de arquitetura esta proposta de pesquisa delimita seu objetivo principal. A ciência da carência que a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Toledo possui em relação ao suporte deste equipamento nas ações didáticas de ensino impulsiona a ação prática da pesquisa. Visando contribuir com a comunidade acadêmica a pesquisa propõe desenvolver o projeto técnico de um heliodon. A intenção é que o aparelho seja compatível com as necessidades dos graduandos e que seja de fácil manipulação para que possa enriquecer a percepção dos acadêmicos quanto ao conforto térmico e insolação sobre as edificações.

2 OBJETIVOS

Para que a pesquisa possa contribuir de forma efetiva com a disseminação do conhecimento elenca-se seus objetivos destacando-os como objetivo geral e específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar um sistema de simulação solar para modelos físicos, heliodon, que se adeque as necessidades didáticas dos discentes e docentes de instituições de ensino diversas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a importância do estudo do conforto ambiental e insolação no processo de projeto de edificações;
- b) Realizar levantamento das tipologias de heliodons encontrados no mercado brasileiro;
- c) Identificar vantagens e desvantagens de cada modelo;
- d) Adotar modelo que melhor atenda às necessidades, e seguindo suas especificações, projetar um equipamento similar que possa ser implantado na UTFPR, campus Toledo.

3 JUSTIFICATIVA

No ensino da disciplina de Projeto de Arquitetura uma das premissas é que o discente possa assimilar os processos de planejamento da edificação em relação ao conforto ambiental. Em tempos de escassez de recursos e de crise energética é importante que se possam resgatar posturas saudáveis de equilíbrio ambiental interno nas edificações. Este equilíbrio em relação ao gasto de energia vincula-se às estratégias projetuais de conforto ambiental de forma passiva, ou seja, a obra deve ser pensada de maneira a proporcionar o equilíbrio entre iluminação e ventilação de forma que o indivíduo possa atingir maior qualidade de vida.

No caso do ambiente da universidade o Heliodon é um equipamento que contribuirá para potencializar o uso no Laboratório de Arquitetura das ações de ensino em aulas de graduação ou pós-graduação bem como nas pesquisas de iniciação científica. O aparelho, porém, apresenta algumas especificidades para um bom funcionamento como desnível do plano onde se posiciona a maquete e a definição de um sistema que simule a projeção do sol em diferentes dias do ano (solstício e equinócio). Para isto é necessário que o aparelho possa adequar-se a estas situações sendo manipulável.

Tendo em vista a importância de qualquer procedimento laboratorial, como agente complementar ao estudo teórico, essa pesquisa tem o intuito de incrementar essa forma de análise prática. Pretende-se que, de forma mais precisa os graduandos tenham melhor discernimento das boas práticas de concepção de projeto.

4 CONFORTO AMBIENTAL E O ENSINO DE PROJETO

O conforto ambiental é considerado uma medida de satisfação da pessoa no ambiente em esteja inserida. Ou seja, o ambiente ou edificação deve atender satisfatoriamente as condições higrotérmicas (ausência de desconforto térmico), acústicas, visuais, qualidade do ar e ergonômicas. Dessa forma, gerando maior conforto para realizar as tarefas, para qual o ambiente foi projetado (Weber, 2018).

Os aspectos ergonômicos têm tamanha importância, que há uma Norma Regulamentadora (NR 17). Que define padrões mínimos de ruídos, índice de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente, no ambiente de trabalho.

Diante dos aspectos relacionados à norma o sol é a principal fonte de insolação e luz, ou seja, relaciona-se de forma direta às condições de temperatura interna. A luz solar interfere diretamente na saúde e no bem-estar nos ocupantes da edificação (Darula, 2015). Por isso, se dará destaque ao conforto térmico, dentre os demais fatores constituintes do conforto ambiental.

De acordo com a NBR 15220 – Desempenho Térmico em Edificações, o desempenho térmico na construção, pode ser avaliado tanto na fase de projeto, com auxílio de simulações computacionais ou com o cumprimento das diretrizes construtivas, ou também pode ser feito após a construção, com medições in-loco, abordando as variáveis pertinentes para a caracterização da qualidade do ambiente construído.

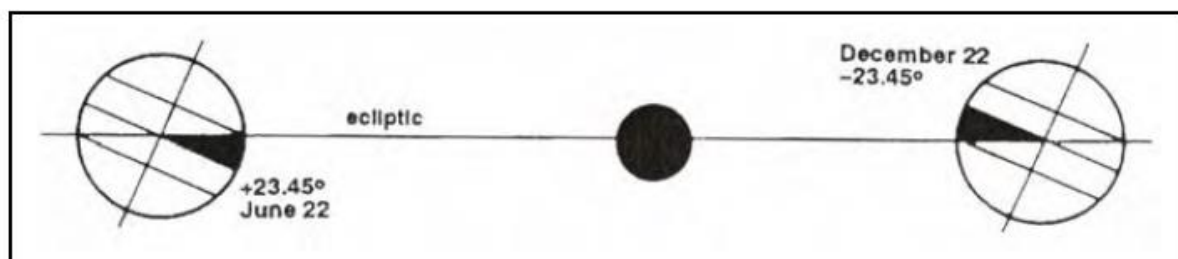
Levando em consideração os princípios básicos de transferência de calor: condução, convecção e radiação. É possível notar que, os materiais constituintes na construção do edifício, tanto de vedação, quanto de revestimento, são determinantes para um melhor ou pior conforto térmico. Por esse motivo, a análise da influência do ambiente na edificação, ainda na fase de projeto, se faz tão importante. Para que os pontos críticos sejam localizados, e as soluções sejam estudadas e incorporadas nos métodos construtivos, não acarretando mudanças posteriores, que podem vir a alterar tanto os aspectos estéticos, quanto funcionais da estrutura.

Na graduação, os aparelhos que simulam a trajetória solar, aparecem no contexto de dar uma perspectiva prática, para complemento dos estudos teóricos. Gera enriquecimento do conhecimento multidisciplinar quando agrega conhecimentos da ordem de projeto de edificações, materiais de construção e estrutura. Uma vez que, quando observamos as características dos materiais empregados em cada situação, estamos abordando a disciplina de Transferência de Calor. E quando analisamos o formato e disposição dos cômodos na edificação, colocamos a disciplina de Projeto Arquitetônico em evidência. Porém, a multidisciplinaridade é uma das características da disciplina de projeto de arquitetura, pois vincula diversos saberes na materialização de uma proposta projetual.

Na concepção de projeto, de acordo com Chvatal (2010) essa análise se dá pela importância de avaliar a implantação, orientação e volumes dos edifícios. Também para que as correções sejam realizadas ainda na etapa de concepção do projeto. E, levando em consideração que cada construção é única, obter soluções específicas quanto a iluminação natural e insolação.

A Terra, possui um formato quase esférico (cerca de 12700 km de diâmetro), e gira ao redor do Sol, em um movimento elíptico. Com distâncias variando entre 152 milhões de km no afélio (1° de julho) e 147 milhões de km no periélio (1° de janeiro). O eixo de rotação da Terra tem inclinação de $23,45^\circ$. Podemos definir que solstício é o maior grau de afastamento da linha solar, em relação à linha do Equador. Assim, quando temos uma variação de $+23,45^\circ$, temos o solstício no Norte (22 de junho) e quando $-23,45^\circ$, temos o solstício no hemisfério Sul (Fig. 1). (SZOKOLAY, 2007).

Figura 1 - Ilustração dos Solstícios



Fonte: Szokolay, 2007.

Já os equinócios, são as duas datas do ano, em que a linha de incidência solar, coincide com a linha do Equador, que ocorre geralmente entre 22 e 23 de setembro, e 20 e 21 de março.

A cidade de Toledo, no Paraná, onde é situada a UTFPR-Toledo, está localizada a aproximadamente $24^{\circ}42'50''$ ao Sul da linha do Equador. Isso significa, que em nenhuma data do ano a incidência solar é perpendicular ao plano da cidade.

Por isso a importância do estudo de cada caso em particular. Ainda mais no Brasil, que possui uma grande extensão territorial.

Por exemplo, quando o Sol se encontra no equinócio (alinhado com a Linha do Equador), uma pessoa que se encontra no monte Caburai em Roraima, que é o ponto mais ao norte do país, vê o Sol deslocado cerca de $5^{\circ}16'$ ao Sul. Na mesma ocasião, mas para uma pessoa situada no Arroio do Chuí, Rio Grande do Sul, no extremo Sul, na divisa com o Uruguai, tem a percepção do Sol deslocado cerca de $33^{\circ}44'$ ao Norte.

Assim, se faz necessário o uso de ferramentas e tecnologias, que forneçam suporte para tomada de decisão, com agilidade e precisão. Levando em consideração, que o estudo da insolação durante a etapa de planejamento da obra. Tendo grande relação com conforto térmico e economia de energia (GRAZZIOTIN, 2003).

5 SIMULADORES DA TRAJETÓRIA SOLAR

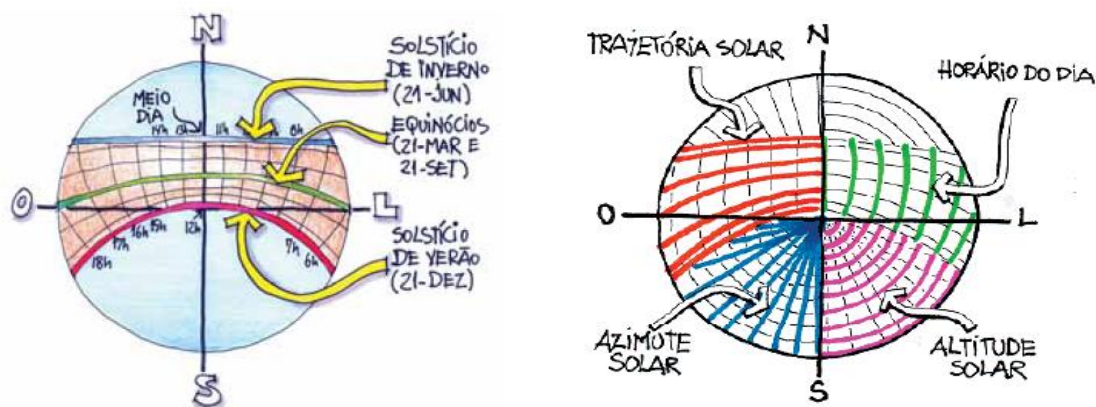
Os simuladores da trajetória solar são de uso fundamental para que se aplique as 'boas maneiras' de concepção de projeto arquitetônico, quando levado em consideração o conforto térmico e ambiental.

Existem diversas formas de simular a interferência da construção no meio ambiente: Cartas Solares, Softwares e Simulação com Modelo Físico Reduzido (Heliodon). Cada um deles possuem vantagens e desvantagens, dependendo da localização, tamanho e tipo da construção analisada.

5.1 Cartas Solares

Um dos mecanismos utilizado para saber o azimute (ângulo formado entre a projeção do raio solar, com o norte geográfico) e altura solar (ângulo do sol em relação ao horizonte do observador), nas diferentes horas do dia, são as Cartas Solares (Figuras 2 e 3), que é uma ferramenta de auxílio para a concepção de projeto. Utilizada para determinar áreas sombreadas ou incidência de raios solares nas aberturas (LAMBERTS, 2004).

Figura 2 e 3 - Ilustração de Carta Solar

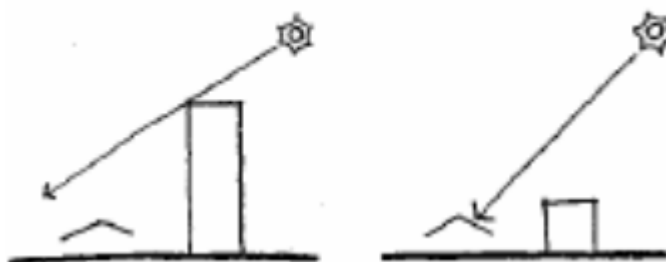


Fonte: Lamberts,2004

As Cartas são elaboradas pela projeção da abóboda do sol, em cada hora do dia. E abrange as variações de solstício e equinócios, conforme a época do ano. Quanto mais afastado do Equador, maior a variação notada nos gráficos.

Utilizamos as Cartas, para determinar o Azimute, e assim descobrir o ângulo de incidência do Sol na edificação (BITTENCOURT, 2004).

Figura 4 – Aplicação da Carta Solar



Fonte: Bittencourt, 2004

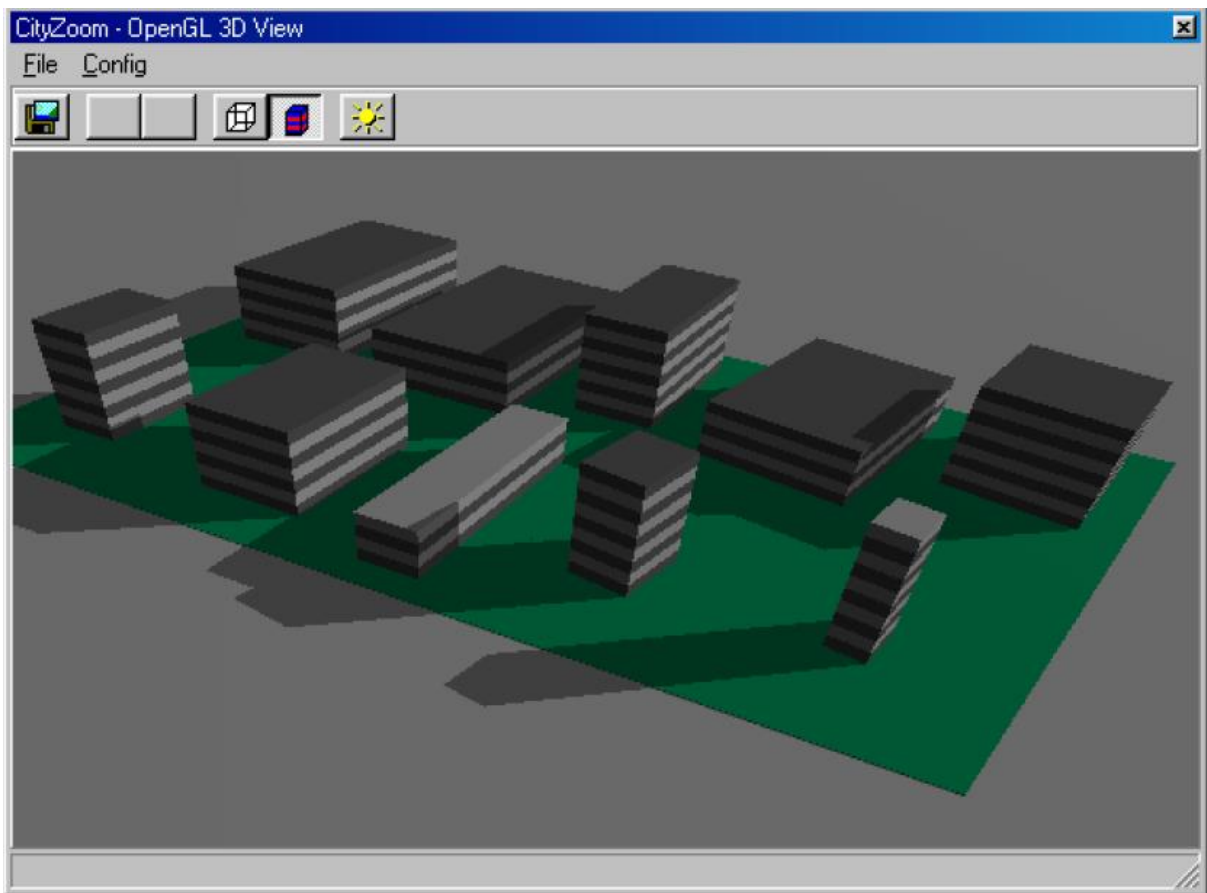
5.2 Programas computacionais

No Brasil e no mundo, a preocupação com a criação de softwares que simulam a o conforto ambiental e consumo energético não é um fato novo, haja vista a criação da IBPSA (International Building Performance Simulation Association – Associação Internacional de Performance em Edificações) em 1986. Que é dedicada em aprimorar a eficiência do ambiente construído (DELBIN, 2006).

Com isso, gera-se a necessidade de o projetista obter o maior número de recursos para conhecimento do problema. Dessa forma, escolher o melhor modelo de simulação, que melhor represente o SMR- Sistemas do Mundo Real, adequado ao estudo (LIMA, 2003).

O uso do computador, reforça a aplicação das simulações em casos com geometria ou localização complexos. Permite orientação na tomada de decisão e realização e análises, para propor soluções de otimização do ambiente construído. Também permite a verificação da insolação em diferentes configurações da edificação, algo que é complexo em modelos físicos.

Figura 5 – Uso de Simulador Computacional



Fonte: Grazziotin, 2003

5.3 Heliodon

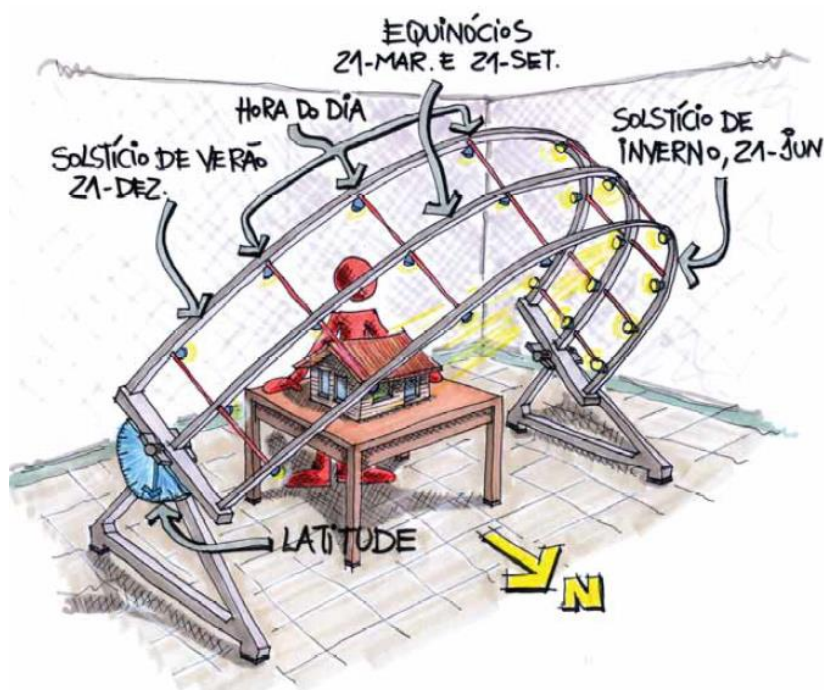
O heliodon é um dispositivo desenvolvido para simular a trajetória solar, possibilitando o estudo do sombreamento, usando modelos reduzidos das edificações. Tem seu valor questionado quanto a precisão como ferramenta de design, porém é muito bem-visto quanto ao seu valor pedagógico ou de demonstração para clientes.

Esse dispositivo consiste em uma fonte de luz pontual que tem por função simular o raio solar. Tem o intuito de gerar um feixe de luz paralelo, para representar a incidência dos raios solares na edificação. Criando assim sombras que se assemelham ao que ocorre numa situação real. O dispositivo deve contemplar três ajustes: latitude, data do ano (solstício e equinócios) e hora do dia (SZOKOLAY, 2007).

Existem vários tipos de heliodons que podem ser encontrados no mercado. Os mais conhecidos, são: Relógio de sol, Heliodon de régua, Heliodon com um arco, Heliodon com três Arcos e Heliodon de Cúpula (SOUZA, 2008). Todos os modelos possuem vantagens e desvantagens tanto físicas, quanto operacionais.

O aparelho deve possuir três ajustes: mesa ou arcos móveis, que possibilite ajuste da latitude, que é o ângulo entre a posição da edificação e a Linha do Equador, da hora do dia, que pode ser feito utilizando vários focos de luz, simulando a abóboda do sol, e ajuste do dia do ano, que geralmente é feito apenas para os Solstícios e Equinócios, usando 3 anéis com focos luminosos (LAMBERTS, 2004). Como os focos de luz tem distância fixa em relação ao centro da mesa, o azimute já é corrigido pelo ajuste da latitude.

Figura 6 – Exemplo de Heliodon



Fonte: Lamberts, 2004

6 TIPOLOGIAS: DIMENSÕES, MATERIAIS E MANIPULAÇÕES

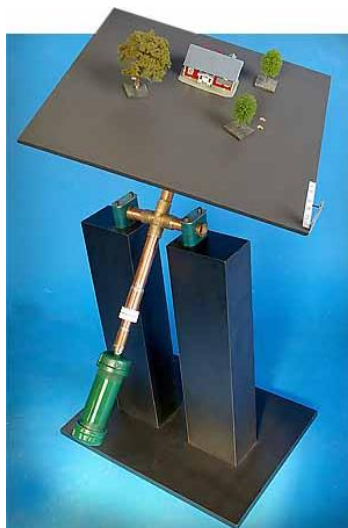
Tendo ciência da variedade de tipos e modelos de heliodons disponíveis no mercado bem como modelos experimentais encontrados na literatura pretende-se fazer uma descrição destes. Este levantamento pretende angariar informações visando dar o suporte à proposta de equipamento fruto desta pesquisa.

6.1 Heliodon com fonte luminosa fixa

É um dos dispositivos mais antigos. Consiste na fixação do modelo reduzido em um tampo, que permite a inclinação, simulando a latitude geográfica. Quando na horizontal, o tampo representa a situação de uma edificação localizada nos polos. Já na vertical, representa a situação na linha do Equador (SZOKOLAY, 2007).

A simulação referente a cada hora do dia, se dá pela rotação do modelo no eixo paralelo ao da fonte luminosa, que é fixada a uma determinada distância fixa.

Figura 7 – Heliodon com fonte luminosa fixa



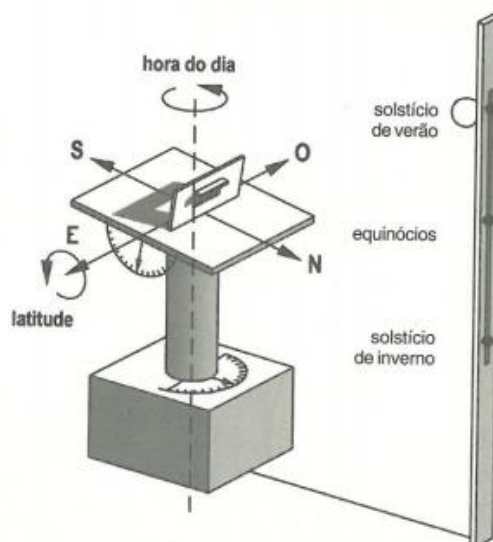
Fonte: <http://www.sunfrost.com/heliodon.html>

Equipamento permite variar a distância do foco de luz ao modelo, podendo reduzir distorções e ocupa pouco espaço. Porém, como quem faz o movimento é a placa, é necessário a fixação do modelo na mesma e dificulta a percepção dos fenômenos envolvidos.

6.2 Heliodon de Régua (mesa e fonte luminosa móveis)

Possui um funcionamento semelhante ao anterior (Heliodon com fonte luminosa fixa), quando se refere a movimentação da placa base do modelo. Porém, com a possibilidade de movimentar o foco de luz verticalmente, é possível simular a variação do sol nos diferentes dias do ano.

Figura 8 – Heliodon de Régua



Fonte: Corbella, 2003

6.3 Heliodon de anéis móveis e mesa fixa

Nesse caso, a placa (mesa) é fixa e horizontal. O aparelho geralmente tem no mínimo três anéis móveis, que representam os períodos do ano. Os anéis podem receber inclinação para representar a latitude da edificação representada no modelo. Possui uma lâmpada que desliza pelos anéis, representando as horas do dia.

É encontrado com facilidade em empresas norte-americanas e tem uso bem intuitivo. Porém, por ter dimensões reduzidas, fornece resultados distorcidos, sendo pouco apropriado para atividade de pesquisa.

Figura 9 – Heliodon de anéis móveis e mesa fixa



Fonte: <http://www.hpd-online.com/heliodon.php>

O modelo representado na imagem anterior, é de produção Norte Americana, e custa cerca de US\$13.000,00, com 1,8m de altura, 1,8 de comprimento e 0,6m de espessura

6.4 Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa

Funciona similar ao Heliodon de Anéis e é o mais encontrado nas instituições de ensino no Brasil. Podendo ter várias lâmpadas ou um foco de luz que ‘corre’ sobre os anéis, simulando as horas do dia. Enquanto a inclinação dos anéis representa a latitude. Os anéis representam o solstício e equinócio.

Figura 10 – Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa



Fonte: Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAURB)

Os mais comuns possuem grandes dimensões para que se preserve a precisão dos resultados. Geralmente demanda um espaço exclusivo para ele. Devido suas dimensões, é de difícil operação. Porém, o uso de arcos, permite fácil entendimento das variações do sol durante o ano.

6.5 Heliodon de arco(s) fixo(s) e mesa inclinável

O ajuste da latitude é feito similar aos heliodons de foco de luz fixo, é corrigida com a inclinação da mesa de suporte do modelo. Quanto mais arcos o dispositivo possuir, maior a abrangência de dias do ano o simulador terá. Geralmente é constituído de 3 arcos, que engloba as situações extremas de cada estação.

Figura 11 – Heliodon de arcos fixos e mesa inclinável



Fonte: Heliodon (Laboratório de Conforto – EESC/USP)

O aparelho é de fácil confecção e possui baixo custo de produção devido sua baixa complexibilidade. Por outro lado, didaticamente é pouco intuitivo, uma vez que é o modelo que corrige a latitude e não o foco de luz, o oposto que é percebido na prática.

6.6 Heliodon de haste (ou de braço)

Tem funcionamento similar ao Heliodon de arco móvel e mesa fixa. Onde o modelo fica centralizado e o foco de luz está acoplado em uma haste móvel. Por ser um aparelho com movimento eletrônico, possibilita uma movimentação mais suave do foco. Porém, pelo fato de a haste não abranger toda a envoltória do modelo, a simulação fica comprometida, por simular apenas uma faixa limitada de latitudes. Impossibilitando seu uso para qualquer edificação.

Figura 12 – Heliodon de haste



Fonte: <http://www.heliodon.com.mx>

6.7 Dos Materiais

Com a pesquisa referente aos modelos de heliodons disponíveis na literatura. Pode-se observar que em quase toda a totalidade, os equipamentos são confeccionados utilizando hastes metálicas para montagem dos anéis ou do braço, que suportam os focos de luz. Já as mesas, podem ser articuladas ou não, e são feitas de madeira na maior parte dos casos.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

A concepção desse estudo, constitui no levantamento das diversas aplicações e limitações dos modelos de simulação da trajetória solar existentes. O objetivo é propor um modelo de Heliodon que supra as necessidades acadêmicas e didáticas dos membros do meio acadêmico da UTFPR – Toledo e que possa ser confeccionado.

De acordo com o CONFEA o curso de engenharia civil capacita profissionais para atuarem no âmbito da construção civil. Esta atuação na contemporaneidade necessita uma visão mais aprofundada sobre o gasto energético e o papel da arquitetura passiva. Entendendo o termo "passiva" como a obra que possui estratégias de projeto que a tornem resiliente ao longo do tempo sem que demandem altos índices de energia para seu controle ambiental interno.

Nesse âmbito, analisou-se diferentes modelos e protótipos de heliodons encontrados na literatura, a fim de encontrar algum modelo que contemple tanto as necessidades didáticas quanto técnicas construtivas. A intenção é que o aparelho possibilite a simulação das mais distintas localizações no globo, mas que principalmente, contemple as características da região onde o equipamento será instalado universidade, Toledo – Pr.

Os métodos de confecção e custos de materiais serão levados em consideração na obtenção do modelo. Para que, além de suprir as demandas didáticas da universidade, o aparelho seja financeiramente acessível para a instituição e tenha funcionamento intuitivo para os alunos.

7.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Danton (2002), a pesquisa bibliográfica é a antecessora de todos os outros modos de pesquisa. É realizada baseada em documentos e possui como objetivo maior dar suporte para a seleção de métodos e técnicas a serem adotados.

Nesse estudo, além da compreensão sobre os processos de trajetória solar e a importância deste entendimento para a formação e atuação futura dos

discentes na prática projetual de obras de edificações será utilizado a comparação dos modelos, para a seleção do aparelho que melhor atenda as condições pedagógicas, e realizado uma análise de custos para a sua confecção.

7.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para atingir os resultados esperados inicia-se com a contextualização do ambiente da universidade a qual abrigará o equipamento heliodon produto da pesquisa. Sendo assim, a pesquisa aplica-se ao Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR em Toledo - Pr. O campus localiza-se na Vila Becker, Rua Cristo Rei, 19. Oferta atualmente sete cursos de graduação: Tecnologia em Processos Químicos, Tecnologia em Sistemas para Internet, Engenharia Civil, Engenharia de Computação, Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Engenharia Eletrônica e Licenciatura em Matemática.

O curso de engenharia civil possui diversos laboratórios que promovem o estudo prático dos conteúdos das disciplinas de seu currículo. Dentre estes laboratórios está o Laboratório de Arquitetura recentemente instituído pela direção do campus. Assim, o laboratório está em fase de construção e, esta pesquisa fomenta a elaboração de um dos equipamentos de grande valia nos processos de desenvolvimento de propostas arquitetônicas. O curso de engenharia civil possui também o Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Tecnologia da Construção o qual irá certamente fazer uso deste equipamento fomentando a qualidade das aulas e das pesquisas a serem realizadas.

7.2.1 DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO

Embora tenha sido instituído o Laboratório de Arquitetura será necessário analisar o espaço físico necessário para implantação do equipamento. Esta avaliação se faz necessária para que se leve em consideração as dimensões tanto da sala quanto do protótipo do equipamento. Considerando que o laboratório funciona como sala prática de desenho ele conta com o mobiliário necessário, ou seja as pranchetas de desenho as quais demandam espaço físico.

Portanto, para que o equipamento possa ter um funcionamento sem interferência deve-se avaliar as condicionantes e possibilidades para que a locação dele no espaço não venha a atrapalhar o bom decorrer da disciplina.

7.2.2 DO QUESITO EDUCACIONAL

Levar em consideração que o equipamento, tem como principal objetivo a percepção dos fenômenos da luz solar, pelos estudantes da universidade. Então, o protótipo deve ser de fácil manuseio e que os resultados obtidos sejam intuitivos. Prezar pela didática, antes mesmo de uma grande precisão nos resultados.

Dentro do campo didático, criar uma cartilha de recomendação de uso, para fixar no aparelho. Contendo o modo de operação, a escala de modelo recomendado para a simulação e os ajustes necessários de acordo com a localização do empreendimento proposto.

7.2.3 DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS

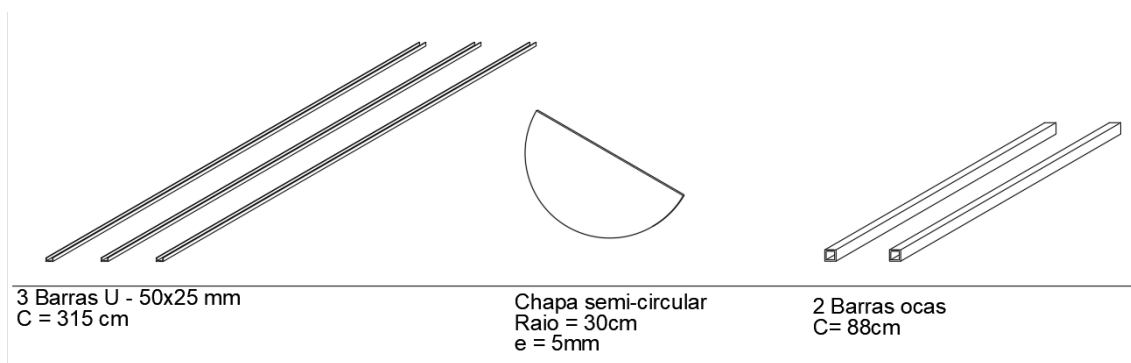
Como a ideia da confecção do protótipo, é de criar um bem durável para a universidade. Para que, não só os atuais alunos possam usufruir desse equipamento, mas que as próximas turmas tenham a oportunidade de aproveitar do conhecimento, deverá ser feita uma escolha minuciosa dos componentes do equipamento. Para que suporte as ações do tempo e de uso, sem perder sua funcionalidade de viés educacional.

8 RESULTADO

Para que tenha melhor compreensão de uso e aplicação, foi considerado que o aparelho deva estar fixo em mesa e possuir um sistema de três arcos e um foco luminoso que percorra esse arco, para representar diferentes períodos do ano e horas do dia.

Para a confecção dos arcos, parte móvel do heliodon, projeta-se o uso de 3 barras metálicas perfil U 50x25mm com comprimentos de 3,15m, uma chapa metálica semicircular com raio de 30cm e espessura de 5mm e 2 barras metálicas quadradas, ocas, com dimensão 4x4cm e 88cm de comprimento. Conforme mostrados na Figura 13.

Figura 13 – Materiais – Confeção arcos móveis

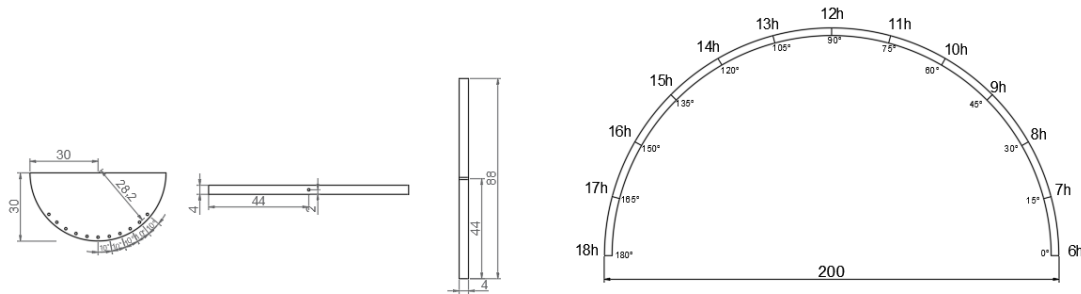


Fonte: Autor, 2020.

Determinado o raio dos arcos, em 1m, pode-se estipular a distância entre os arcos, que deve formar um ângulo de $23,45^\circ$ com o eixo central. Adota-se a distância de 39cm entre eixo dos arcos, que gera um ângulo de aproximadamente 22° . Suficiente para o uso esperado para o equipamento.

Também deve ser feitos furos com 12,5mm em determinados pontos da chapa semicircular e nas barras, afim de dar o ponto de giro dos arcos e de ajuste de angulação. Já nos arcos, deve-se fazer marcações do lado externo, que fique visível ao operador, da hora do dia, referente ao ponto onde em que o foco de luz está. Furos e marcações executadas conforme explicitado na Figura 14.

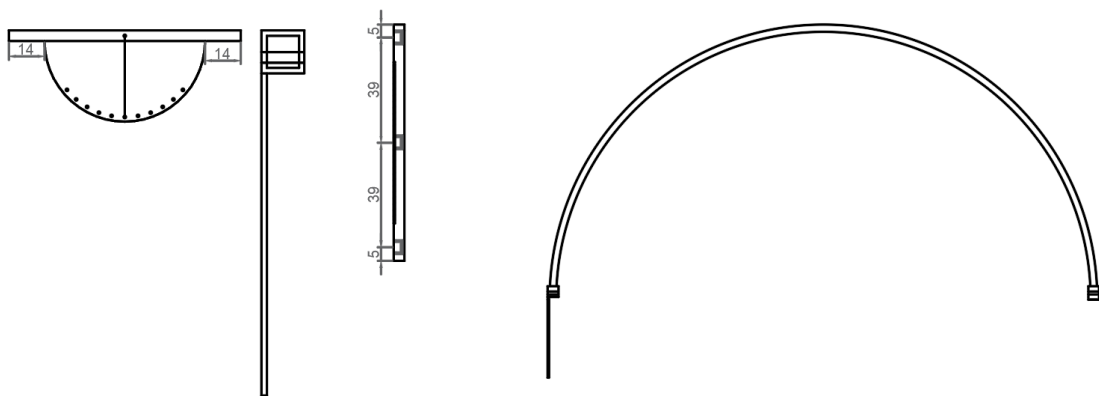
Figura 14 – Pontos para perfuração e marcação



Fonte: Autor, 2020

Após feita as marcações, entramos na etapa de junção das peças, que será feita por meio de solda. A chapa semicircular é anexada à parte inferior de uma das barras de seção quadrada e as duas barras quadradas são fixadas aos três arcos, em suas extremidades. Conforme a Figura 15.

Figura 15 – Pontos de união/solda

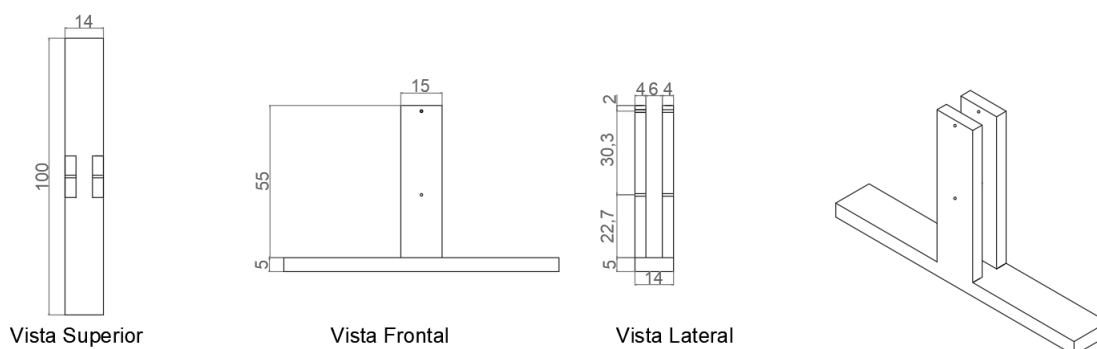


Fonte: Autor, 2020

Agora, após finalizar a montagem dos componentes referente ao sistema de três arcos, é necessário a confecção dos suportes para os arcos. Esses serão duas peças idênticas, onde o sistema de arcos se encaixa por pinos de 10mm transpassando as barras quadradas.

Os suportes (Figura 16), feitos de componentes metálicos, possuem furos de 12mm de diâmetro, onde será feito estabelecido o eixo de rotação dos arcos e no furo inferior, servirá de trava para o sistema e ajuste de inclinação dos arcos para seu funcionamento.

Figura 16 – Suporte dos arcos

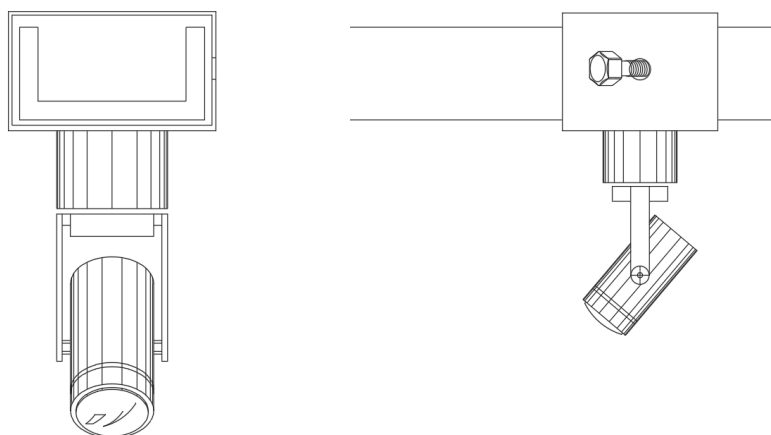


Fonte: Autor, 2020

Como mesa fixa, adota-se uma mesa genérica, com 60x60cm e 58,5cm de altura, para ficar alinhado com o foco dos arcos. Todos os detalhes referentes ao projeto dos arcos, suportes e mesa, encontram-se no Anexo A.

Já o foco luminoso, adotou-se como solução, usar um spot de led direcionável, com luz branca, ligado diretamente na tomada, com um suporte para fixação nos arcos e um parafuso para travamento. Conforme a ilustração a seguir.

Figura 17 – Spots de luz e suporte



Fonte: Autor, 2020

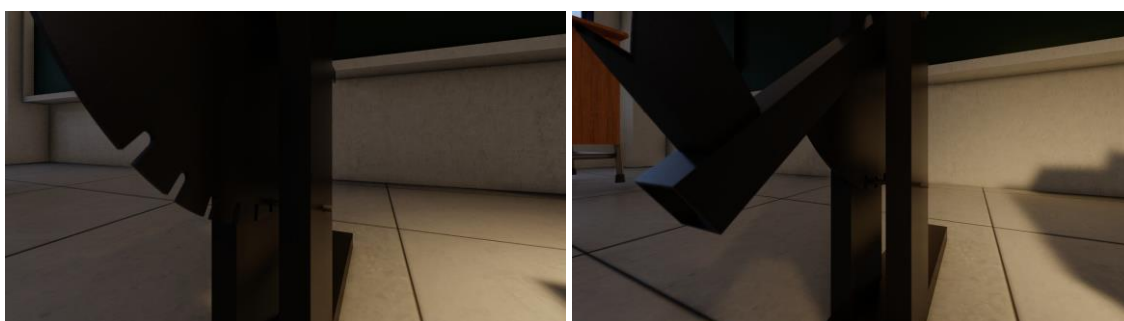
Com as formas e medidas adotadas, e com auxílio do software de projetos 3D, SketchUp, é feita uma renderização do que se espera que seja o produto final. As imagens a seguir mostram o equipamento em pleno funcionamento, com o foco de luz incidente no modelo reduzido, genérico, para estudo. As imagens, também contemplam alguns movimentos dos arcos e a possibilidade de posicionara o spot de luz em diferentes pontos.

Figura 18 e 19 – Simulação – Heliodon finalizado



Fonte: Autor, 2020

Figura 20 e 21 – Simulação – Mecanismo de travamento



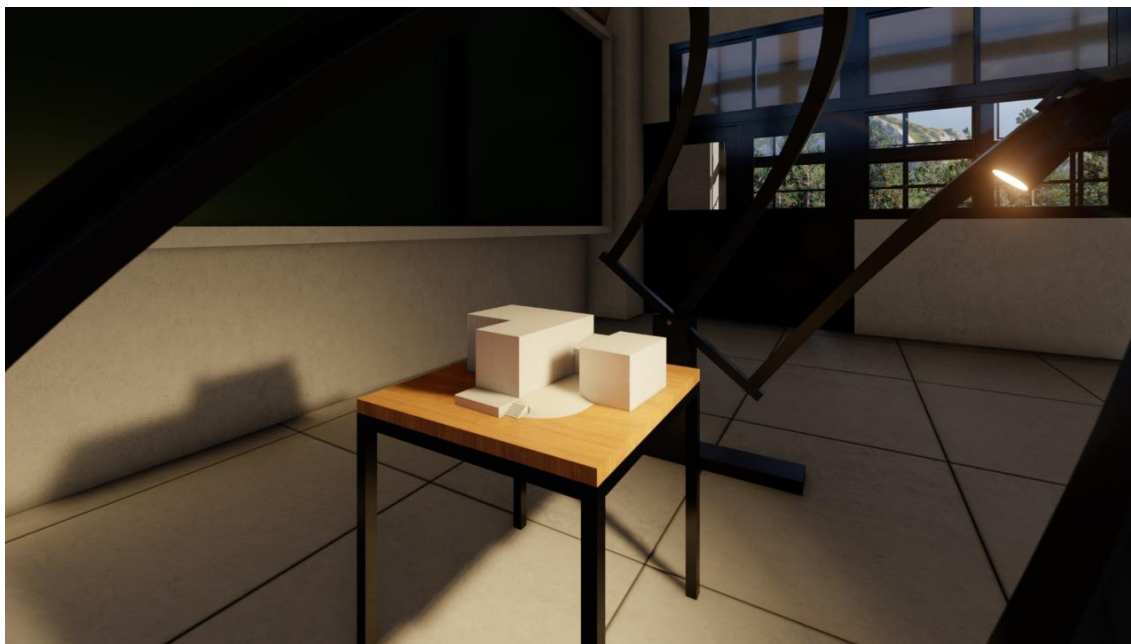
Fonte: Autor, 2020

Figura 22 e 23 – Simulação – Movimento arcos e luz



Fonte: Autor, 2020

Figura 24 – Simulação – Análise sombreamento



Fonte: Autor, 2020

Tendo analisado as simulações feitas com o heliodon, e com a experiência adquirida da literatura de outros modelos similares de equipamento, foi criado um roteiro de diretrizes de uso do Heliodon (Anexo B). Estas diretrizes poderão ser fixadas na própria mesa de base visando orientar alunos e pesquisadores. Assim, fixada ao próprio equipamento otimizará os resultados de sua utilização.

9 CONCLUSÃO

Apesar da crescente utilização de softwares e outras ferramentas computacionais, para influência das trajetórias solar em edificações, aparelhos como o heliodon proposto, surgem com o intuito de complementar o ensino da geometria solar para estudo e projeto de edificações.

Com a análise dos modelos de heliodons encontrados na literatura, foi possível determinar que os protótipos que mantêm os modelos reduzidos e fonte luminosa móvel, fornecem resultados mais intuitivos.

Espera-se que o projeto de heliodon proposto, de mesa fixa e arcos móveis, atenda as expectativas didáticas propostas pelo trabalho. Apesar de ter um limitante no projeto, quanto à aplicação e visualização em todas as latitudes, permite visualizar a trajetória solar nos solstícios e equinócio.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 1 ed. Rio de Janeiro, 2003. 23 p.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das Cartas Solares**. 4. ed. Maceió: Edufal, 2004. 109 p.

BRASIL Escola Nacional da Inspeção no Trabalho. **NR 17 - Ergonomia**. Brasília: Escola Nacional da Inspeção no Trabalho 2018. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

CHVATAL, K. M. S.; REGOLÃO, R. **Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos**. São Paulo, 2010.

DANTON, G. Classificação da Pesquisa. In: DANTON, Gian. **Metodologia de pesquisa**: conceitos gerais. Pará de Minas: Virtual Books Online M&m Editores Ltda., 2002. p. 10-12.

DARULA, Stanislav; CHRISTOFFERSEN, Jens; MALIKOVA, Marta. Sunlight and Insolation of Building Interiors. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 78, p.1245-1250, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.266>.

DELBIN, Simone. **INSERÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS EM ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO: PROPOSTA DE METODOLOGIA**. 2006. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

FERNANDES, L. C.; CUNHA, E. G. **Ensino de Geometria Solar: Proposta de Heliodon Alternativo**. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Armação de Búzios. Anais: XI ENCAC - VII ELACAC, 2011.

GRAZZIOTIN, Pablo Colossi. **TÉCNICAS DE INCORPORAÇÃO DE CONTROLE DE ACESSO À LUZ SOLAR EM MODELOS COMPUTACIONAIS DE EDIFICAÇÕES**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

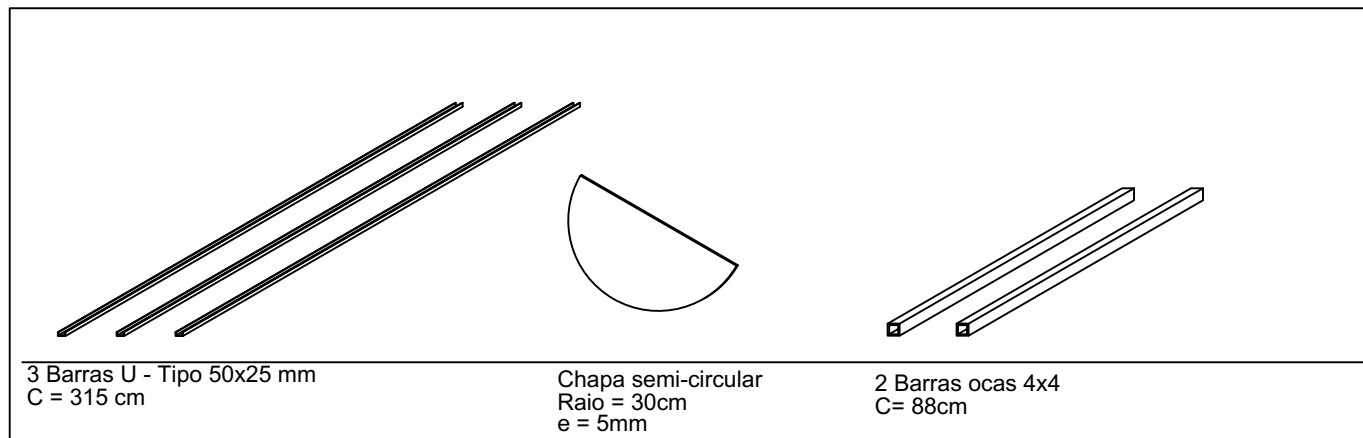
LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.

LIMA, Thais Borges Sanches. **USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM PROJETOS DE ILUMINAÇÃO INTERNA**. 2003. 260 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

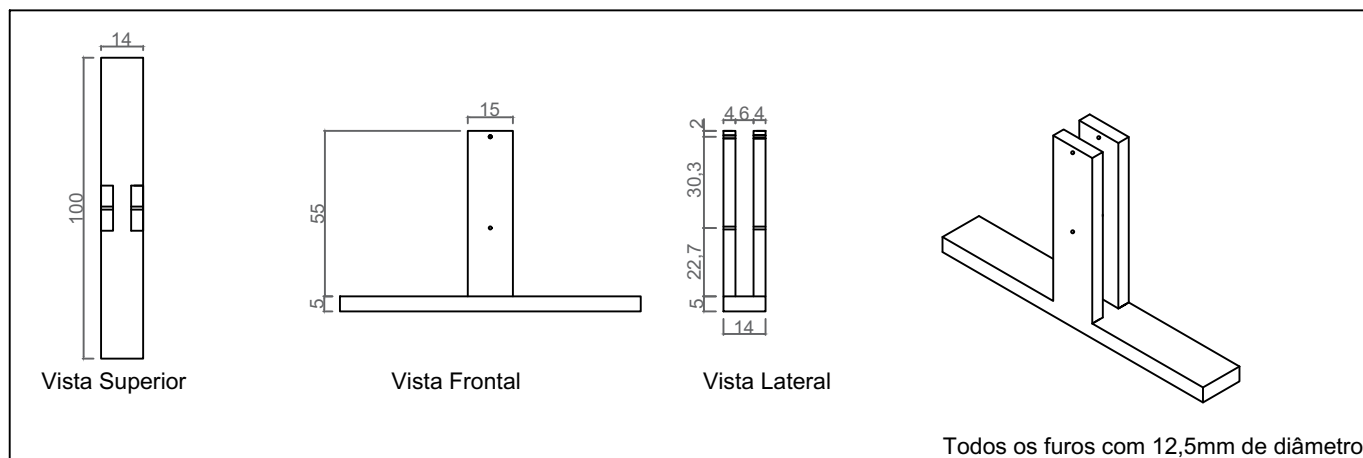
SOUZA, Marisa Bueno e; DUARTE Denise; RONCONI Reginaldo. **Pesquisa, Projeto e Construção de Ferramentas de Ensaio para Modelos Físicos em Conforto Ambiental – Heliodon**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Dep. Tecnologia da Arquitetura. São Paulo, SP.

SZOKOLAY, Steven. **Solar Geometry**. PLEA Notes. Passive and Low Energy Architecture International em associação com University of Queensland: Department of Architecture. 2007.

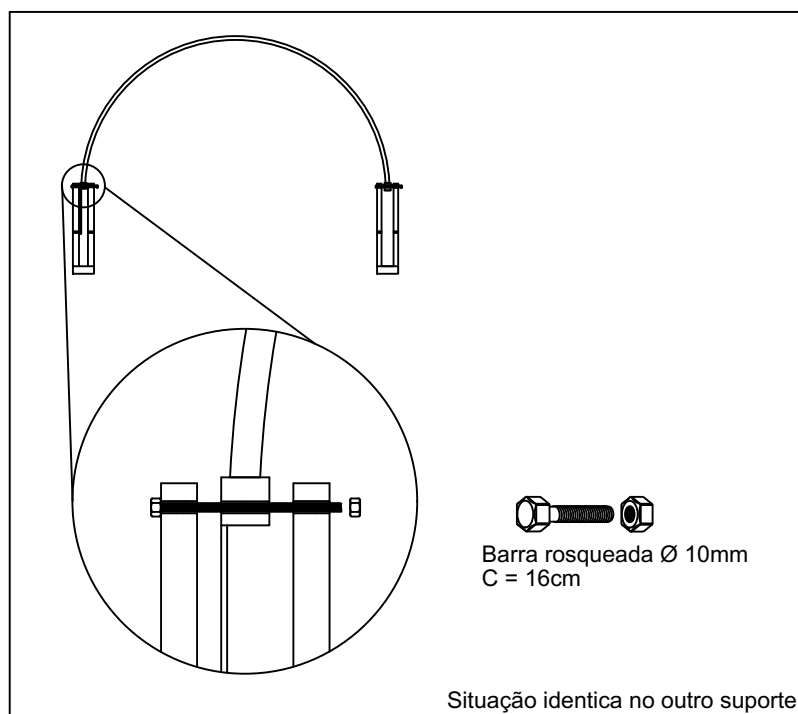
WEBER, Fernando Pinheiro. **Ergonomia e conforto ambiental**. Porto Alegre: Sagah, 2018.



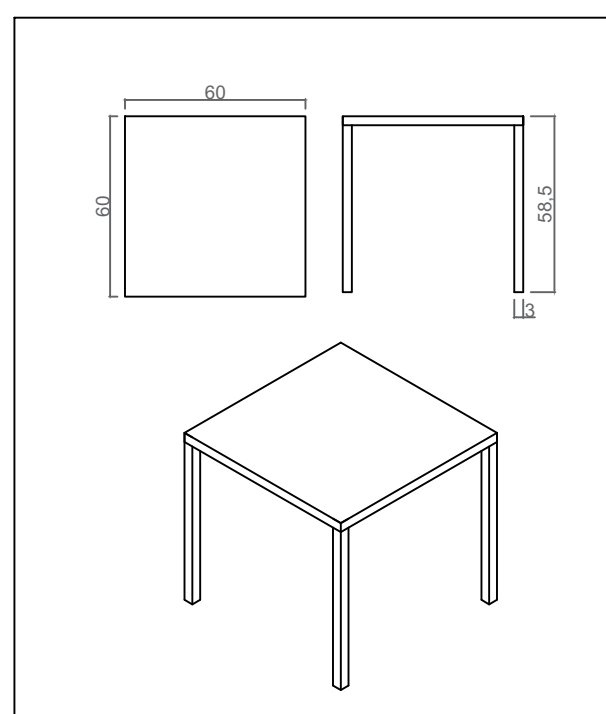
Materiais - Arcos
Sem escala



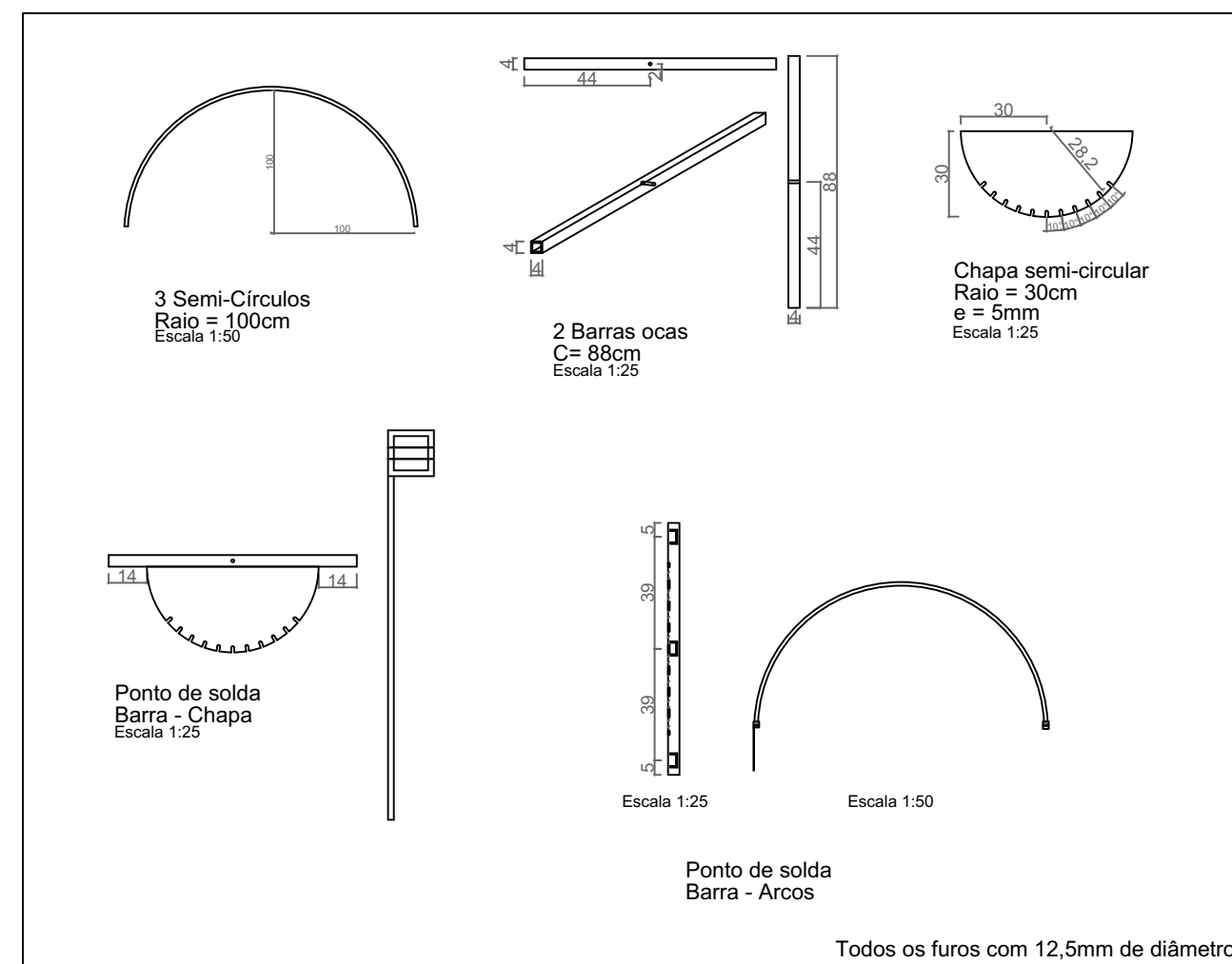
Modelo - Suporte
Escala 1:25



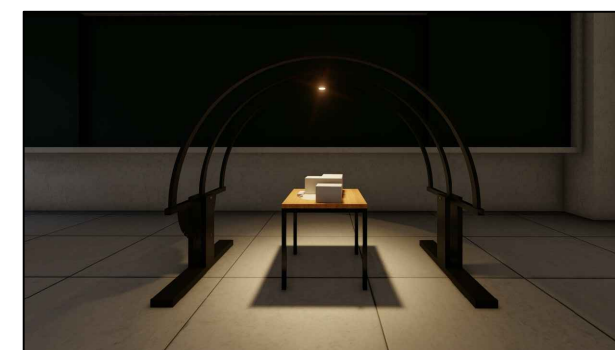
Esquema Fixação - Eixo de giro
Escala 1:50



Mesa Fixa
Escala 1:25



Dobra, Furos e Solda - Peças Arco
Escala indicada



ANEXO A

PROJETO HELIODON DE ARCOS MÓVEIS

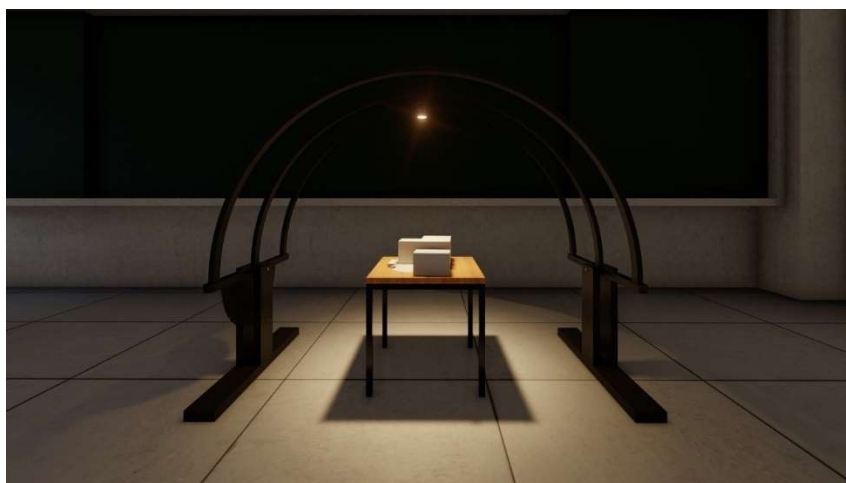
Data JUL/20

Projetista Gustavo Nespolo Grabski

Folha 1 / 1

ANEXO B

INSTRUÇÕES PARA BOM USO DO HELIODON



- Utilizar modelos 1:100 para melhor resultado;
- Manter o local escuro, com baixa incidência de luz externa;
- Ajustar o modelo no centro da mesa, atento com sua posição em relação ao Norte;
- Ajustar ângulo dos arcos de acordo com a latitude do local da edificação a ser simulada;
- Posicionar o carrinho da lâmpada no arco em que representa a estação do ano em que se deseja analisar (Solstício e Equinócio);
- Correr o foco de luz até a marcação do horário que se deseja analisar a insolação;
- Observar as áreas com incidência direta do foco de luz, e as sombras produzidas.

Dados, coordenadas de latitude:

CIDADE	LATITUDE
Toledo - PR	24° 42' 50" S
Porto Alegre - RS	30° 1' 58" S
Rio de Janeiro - RJ	22° 54' 10" S
Salvado - BA	13° 0' 0" S
Berlim - Alemanha	52° 31' 0" N
Roma - Itália	41° 54' 0" N