



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR DE TRAJETÓRIA SOLAR APARENTE DE PRECISÃO

FERNANDES, Leandro C. (1); GRZYBOWSKI, Jose M. V. (2); SAUGO, Andréia (3)

(1) UFFS/UTFPR, 54-3321-7050, fernandes.uffs@gmail.com (2) UFFS, jose.grzybowski@uffs.edu.br, (3) UFFS, andreia.saugo@uffs.edu.br

RESUMO

Simuladores de trajetória solar aparente (heliódons) são utilizados para avaliação e concepção de dispositivos, edificações e áreas urbanas visando adequações na iluminação natural e radiação solar. Simulam a incidência de luz e sombra em modelos reduzidos de forma clara e dinâmica. São vários os tipos de heliódons desenvolvidos e utilizados no Brasil. No entanto, no mercado nacional, estão disponíveis somente simuladores com lâmpadas presas aos aparelhos, com fontes luminosas pontuais e distando aproximadamente 1,5m do seu centro geométrico. Estes simuladores possuem grande potencial didático. Porém apresentam significativas margens de erro se a maquete utilizada possui dimensões maiores que 5% da distância maquete-lâmpada. Devido às dificuldades para confecção precisa de maquetes tão reduzidas os simuladores são aplicados basicamente em avaliações com baixa precisão. Este artigo relata estudos com objetivo de desenvolver simulador alternativo, próprio para utilização de fontes luminosas distantes, como o Sol, possibilitando análises mais precisas de maquetes de tamanhos diversos. Apresenta os requisitos do projeto, as etapas do processo de desenvolvimento, os protótipos construídos e a versão acabada do aparelho. Para sua validação enquanto equipamento para testes foram adotados os seguintes procedimentos: modelagem matemática da projeção de sombras pelo aparelho e pelos movimentos solares aparentes; e comparação das dimensões das sombras projetadas pelas duas fontes luminosas em diferentes situações. Os resultados, para os autores, apresentaram precisão compatível com a necessária em projetos de dispositivos, edificações e mesmo áreas urbanas. Por fim, o artigo apresenta avaliação de sua utilização enquanto instrumento didático em componentes curriculares de projeto e conforto ambiental. Trata-se de estudo finalizado, envolvendo experiência didática e experimentação prática, sem apoio de agências de fomento. O aparelho desenvolvido possui potencial para apoiar estudos em instituições de ensino e pesquisa e em empresas de projeto.

Palavras-chave: Simulador de trajetória solar aparente, iluminação natural, modelos reduzidos.

ABSTRACT

Apparent solar path simulators (heliódons) are used for evaluation and design of devices, buildings and urban areas aiming adjustments in natural lighting and solar radiation. Such devices simulate the effect of light and shadow in scaled models in straightforward and dynamical way. There are several types of heliódons developed and used in Brazil. However, in the domestic market, the only simulators available are those with lamps attached to the apparatus, with point sources of light and approximately 1.5 meters distant from its geometric center. These simulators have considerable educational potential, but they render significant error margins if the model has dimensions greater than 5% of the distance between the scale model and the lamp. Due to difficulty in making accurate models of such small dimensions, these simulators yield evaluations with poor accuracy. This article reports on studies aiming to develop an alternative simulator, suitable for use of distant light sources such as the Sun, allowing more accurate analysis of models of different sizes. It presents the project requirements, the steps of the development process, the test prototypes built and the final version of the device. For its validation as a test equipment, the following procedures were adopted: the modeling equations of shadow projection by the apparatus and apparent solar motion were derived; the length of the shadows cast by the two light sources in

different situations were obtained. The accuracy of the device was found to be consistent with that demanded in the design of devices, buildings and even urban areas. Finally, the article presents the evaluation of its use as a teaching tool in curricular design disciplines on environmental comfort. This is finalized study involving teaching experience and practical experimentation without support from funding agencies. From the results of the study, it is claimed that the device developed in this project has the potential to support studies in educational and research institutions and design companies.

Keywords: *apparent solar path simulator, natural lighting, scaled models.*

1 INTRODUÇÃO

O heliodon é um instrumento didático “para simular a geometria solar e permitir o estudo de sombreamento através de modelos reduzidos” (SZOKOLAY, 2007, p.44). Complementa o entendimento propiciado por diagramas solares e softwares e verificar a precisão de processos para o cálculo de áreas e horários de insolação em diferentes latitudes e dias do ano. É considerado equipamento imprescindível em um laboratório de conforto ambiental (BUENO *et al.*, 2008). Também é utilizado em outras áreas, como física, geografia, engenharia agrícola e agronomia (VIANNA; POUE, 2006).

Fernandes e Cunha (2011) levantaram, analisaram e classificaram diversos Heliodons. Com base nesse estudo e reflexões posteriores propõem-se a seguinte classificação:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 - De mesa triarticulada; | 6 - De arco central móvel; |
| 2 - De Régua; | 7 - Com 2 transferidores de ângulos; |
| 3 - De anéis móveis e mesa fixa; | 8 - De haste simples; |
| 4 - De arcos móveis e mesa fixa; | 9 - De haste graduada. |
| 5 - De arco(s) fixo(s) e mesa inclinável; | |

Morse (1906) depositou patente que parece ser origem de grande parte dos aparelhos utilizados hoje no Brasil. São dotados de 3 arcos. 2 representando os percursos do sol nos solstícios e 1 representando o percurso nos equinócios. Podem simular apenas a insolação no primeiro dia de cada estação. Nesses aparelho 361 dos 365 dias do ano não podem ser simulados (CHVATAL e REGOLÃO, 2010). Por serem de grande porte demandam muito espaço, são pesados e fixos. Simulam faixa limitada de latitudes.

Os aparelhos com “2 transferidores de ângulos” também são encontrados em diversas instituições. Diferem dos demais por não oferecerem ao usuário um caminho por onde movimentar a lâmpada simulando o Sol. É necessário conhecer previamente a posição do Sol, identificar seus ângulos vertical e horizontal e, então, posicionar a lâmpada com ajuda dos transferidores de ângulos do aparelho.

Por ocasião da implantação de Laboratório de Ambiência da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), e inadequação dos modelos de heliodon disponíveis no mercado nacional naquele momento, foram desenvolvidos dois aparelhos:

- o Modelo H1, classificado como “de haste graduada”, para o ensino da geometria solar e testes com pequenos modelos (FERNANDES; GRZYBOWSKI; RIBEIRO, 2013);
- e o Modelo H2, classificado como “heliodon de mesa triarticulada”, para experimentações precisas com maquetes de portes diversos, aqui apresentado.

O Modelo H1 busca resolver problemas relativos aos modelos comercializados no mercado nacional e os relativos à patente do “*Sun Simulator for Architects*” (BIEG, 1962). Demonstra os movimentos solares aparentes de forma clara por descrever arcos em número equivalente aos dias do ano e em qualquer latitude. Seu entendimento não

demanda maiores conhecimentos de geometria solar. É didático, prático, leve, móvel, de fácil manipulação e possui aplicação ampla. Porém, como a maioria dos helidons, apresenta limitações importantes em se tratando de precisão.

Os “helidons de mesa triarticulada” são apontados como mais precisos que os outros tipos. A precisão é obtida utilizando-se fonte luminosa relativamente distante do aparelho. Além da utilização no ensino, também são utilizados em escritórios de projetos. No entanto não foram encontradas pesquisas apontando os níveis de precisão quando utilizada fonte luminosa artificial. O desenvolvimento do Modelo H2 iniciou com a análise das várias patentes depositadas internacionalmente sobre esse tipo específico de aparelho (CHEUNG, 2003; DEROME, 1989; FRUHLING, 1963; MIGANI; BENTON, 1983; POTTER, 1971; MASSARO, 1983; RICHTER, 2006).

O objetivo deste artigo é apresentar as diferentes etapas do processo de desenvolvimento do helidon de mesa triarticulada, a execução e os procedimentos para validação do aparelho enquanto instrumento didático e de testes.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Enquanto procedimentos metodológicos, são apresentados aqui:

- os requisitos iniciais para o aparelho;
- considerações sobre o primeiro protótipo desenvolvido;
- considerações sobre o segundo protótipo desenvolvido;
- a versão final do aparelho;
- os procedimentos para sua validação enquanto equipamento didático e para testes;
- avaliação da utilização enquanto instrumento didático em componentes curriculares.

2.1 Requisitos iniciais

O Modelo H1 atendeu parte das necessidades do laboratório. Especialmente as relativas ao entendimento dos movimentos e da geometria solar. O segundo aparelho (H2) foi desenvolvido especialmente para experimentos que demandam precisão e envolvem maquetes de maior porte, como modelos de áreas urbanas. Foram requisitos iniciais: o aparelho deveria ser móvel; leve; preciso; de dimensões reduzidas; de fácil manuseio; de baixa manutenção; de baixo custo; e possibilitar simular a insolação em todas as latitudes, dias do ano e horários.

2.2 Protótipo 1

Foi concebido buscando atender os pré-requisitos. Em termos funcionais, confirmou os fundamentos geométricos do projeto (Figura 1).

Figura 1 – Primeiro protótipo



Fonte: Autores

2.3 Protótipo 2

Construído a partir da estrutura do 1º protótipo. Foi eliminada parte das engrenagens, as de nylon substituídas por aço e instalado um freio no eixo principal (Figura 2).

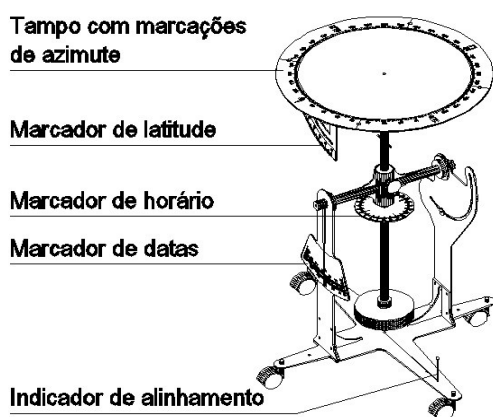
Figura 2 – Segundo protótipo



Fonte: Autores

2.4 Protótipo 3

Figura 3 – Terceiro protótipo



Fonte: Autores

Patente requerida.

A Figura 3 apresenta o aspecto final do aparelho.

Foram eliminadas as engrenagens restantes. Também foi eliminada a coluna sobre a base, apontada como causa da oscilação do aparelho. Foi minimizado o uso do aço visando eliminar oxidações pontuais e diminuir o peso total. Dois eixos e a maior parte das peças foram confeccionados em alumínio. O tampo de alumínio foi pintado de branco e recebeu menos perfurações para fixação das maquetes.

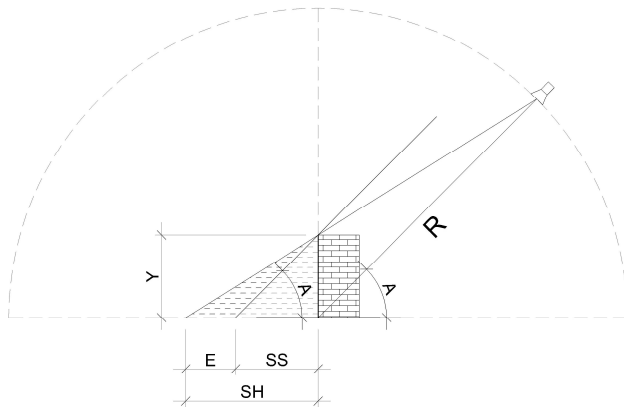
2.5 Verificação dos níveis de precisão

Com base nas equações apresentadas a seguir pode-se dizer que, em termos dimensionais, as sombras não apresentarão erros significativos quando a fonte luminosa for o Sol. No entanto, quando utilizada uma lâmpada como fonte pontual, em laboratório ou atelier, haverá uma margem de erro. A modelagem para verificação dos níveis de precisão do aparelho considerou as condições no atelier de projetos no qual o equipamento vem sendo utilizado. Foram comparadas teoricamente sombras projetadas pelo Sol com as sombras projetadas no aparelho tendo como fonte luminosa uma lâmpada posicionada a 10 m deste.

Foram avaliadas duas situações conforme descrições a seguir:

Caso 1 – Projecção no plano horizontal de sombras de uma haste vertical (Figura 4).

Figura 4 – Haste vertical centralizada



Foram utilizadas as expressões:

$$SH = Y \frac{R \cos A}{R \operatorname{sen} A - Y} \quad (1)$$

$$SS = Y \cot A \quad (2)$$

$$E = SH - SS \quad (3)$$

$$E\% = \frac{SH - SS}{SS} \quad (4)$$

E% também pode ser por:

$$E\% = \frac{Y}{R \operatorname{sen} A - Y} \quad (5)$$

Onde:

A = ângulo do raio luminoso projetado no centro geométrico (equivale ao ângulo solar);

R = raio, distância do centro geométrico até a fonte luminosa;

Y = altura do objeto testado;

SH = sombra projetada pelo heliodon (Equações 1);

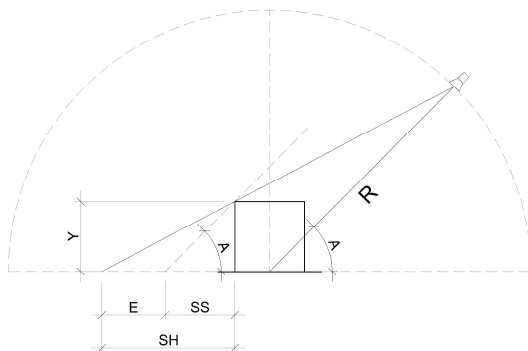
SS = sombra projetada segundo o ângulo A, relativo à altura solar (Equação 2);

E = diferença entre a sombra projetada pelo aparelho e a projetada por raios paralelos;

E% = razão entre E e SS (Equações 4 e 5).

Caso 2 – Projecção no plano horizontal de objeto com altura e largura (Figura 5).

Figura 5 - Objeto com altura e largura



Para o cálculo de SH foi utilizada a Equação 6:

$$SH = Y \frac{R \cos A + \frac{X}{2}}{R \operatorname{sen} A - Y} \quad (6)$$

Onde:

X = largura do objeto analisado.

Para cálculo do erro percentual foram consideradas as Equações 2, 4 e 6.

2.6 Variação da precisão em função da distância da fonte luminosa (R).

Como dito, em termos dimensionais as sombras não apresentam erros significativos quando a fonte luminosa for o Sol. Na sala em que o aparelho é utilizado, sempre à mesma distância da fonte luminosa (mesmo R), a variação do erro é dada principalmente pela variação das dimensões da maquete. No entanto, outros ambientes implicarão em outras distâncias para R e em outros níveis de erro. Assim, com base nas equações apresentadas e tomando um objeto com altura e largura fixos (15 cm) como caso para estudo, calculou-se a variação do erro em função da variação de R. Os cálculos foram feitos para R = 6 m; 8 m; 10 m; 12 m; 14 m; 16 m; 18 m; e 20 m.

2.7 Utilização em sala de aula

O aparelho, desde o primeiro protótipo construído em 2012, vem sendo utilizado na disciplina “Conforto Ambiental: Térmico” e em diferentes disciplinas de projeto do curso de arquitetura e urbanismo. Embora não haja registro sistemático sobre a utilização do equipamento é possível realizar avaliação a respeito em função de apontamentos dos professores, dos monitores de conforto ambiental e dos alunos.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Protótipo 1

Apresentou problemas: era significativamente pesado; os rodízios travavam; as engrenagens em nylon mostraram-se flexíveis demais, comprometendo a precisão; as engrenagens de alumínio gastaram com o uso, gerando pequenas folgas que também comprometiam a precisão; as manivelas mostraram-se trabalhosas de operar por exigirem excessivas rotações; o tubo ligando a base do aparelho com o “garfo” central mostrou-se excessivamente esbelto, dotando o aparelho de flexibilidade não desejada.

3.2 Protótipo 2

As alterações trouxeram melhoras, mas o aparelho continuou pesado; com flexibilidade excessiva; e persistiram pequenas folgas nas engrenagens. O que apontou para necessidade de rever o projeto, alterando materiais e a forma de realizar as articulações.

3.3 Protótipo 3

Figura 6 – Terceiro protótipo



Fonte: Autores.

Equipamento com patente requerida.

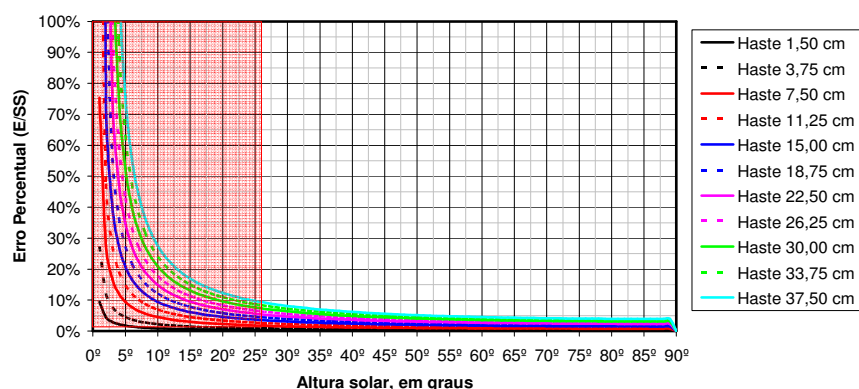
A Figura 6 apresenta o aspecto final do aparelho. A eliminação das engrenagens restantes resolveu a questão das folgas e propiciou maior precisão. A eliminação da coluna sobre a base deu maior rigidez ao aparelho. A substituição de peças de aço por peças em alumínio diminuiu o peso total em aproximadamente 50%, diminuindo inclusive a necessidade de anilhas de contrapeso. Também eliminou as oxidações pontuais. A pintura do tampo facilitou a leitura das sombras, antes dificultada pela reflexão no tampo em alumínio. O aparelho tornou-se fácil de transportar e armazenar.

3.4 Verificação dos níveis de precisão em função da altura da maquete

Caso 1 - Projecção no plano horizontal de sombras de uma haste vertical

A Figura 7 apresenta o erro percentual em função da altura solar. Sombras de objetos verticais projetadas em superfícies horizontais serão maiores quanto menor for a altura solar, tendendo ao infinito em ângulos próximos de 0°. Como geralmente o objetivo é avaliar o sombreamento no entorno próximo, sombras muito grandes quando comparadas com o objeto que as gera terão pouca aplicação. Assim, considerou-se razoável trabalhar com sombras menores que 2 vezes o tamanho do objeto. Para a análise do erro desconsiderou-se alturas solares menores que 26,565°.

Figura 7 – Erro percentual X Altura solar

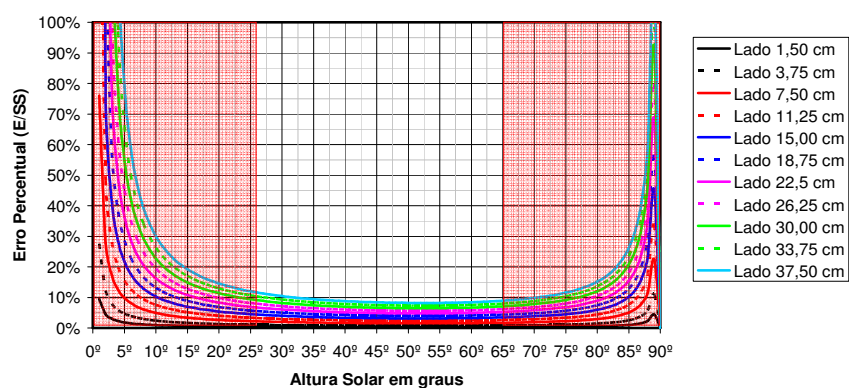


Enquanto em heliodons de arcos, com raio de 1,5 m, para trabalhar com erro menor que 10% a altura máxima da haste será aproximadamente 7,5 cm, a Figura 7 mostra que o aparelho aqui testado, tendo como fonte luminosa uma lâmpada a 10 m, propicia erros menores que 10% para hastes de até 37,5 cm. Hastes com 15 cm de altura terão erros menores que 5%. A confiabilidade das projeções aumenta com a altura solar. A altura máxima da maquete será definida em função da margem de erro aceita no experimento.

Caso 2 - Projecção no plano horizontal de sombras de um objeto com altura e largura

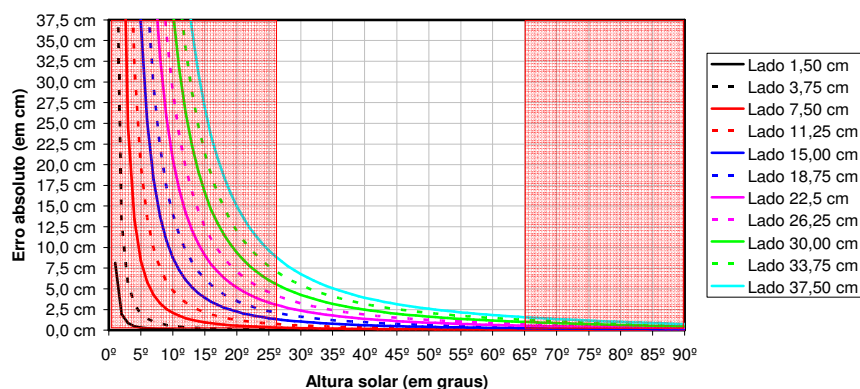
Diferente do caso anterior, neste o erro percentual (Figura 8) é grande nas alturas solares baixas (próximas de 0°) e também nas altas (próximas de 90°). O crescimento do erro em grandes altitudes solares se deve ao fato das sombras geradas pelo Sol tenderem a zero próximas de 90°, enquanto que as do aparelho embora diminuam significativamente, não chegam a zero.

Figura 8 – Erro percentual X Altura solar



Examinando a Figura 9 percebe-se que, em comparação com a altura do objeto testado, o erro em valores absolutos diminui a ponto de tornar-se insignificante próximo da altura solar 90°, embora o erro percentual apresente valores altos.

Figura 9 – Erro absoluto X Altura solar



Para uma análise objetiva do erro percentual, excluindo alturas solares em que o erro percentual é grande mas o erro absoluto é pouco significativo, resolveu-se desconsiderar também os erros percentuais relativos aos ângulos maiores que 65° (Figura 9).

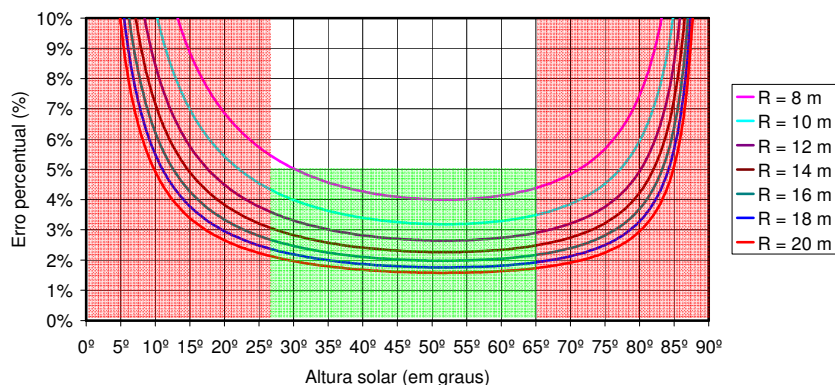
Pode-se afirmar que objetos com altura de até 37,5 cm apresentarão sombras com erro em torno de 10% para alturas solares entre 26,565° e 65°. Para alturas solares maiores que 65° o erro também será pouco significativo pois em termos absolutos é pequeno.

Objetos com altura de até 15 cm apresentarão sombras com erro menor que 5% para alturas solares entre 26,565° e 65°. Para alturas solares maiores que 65° o erro também será pouco significativo.

3.5 Variação da precisão em função da distância da fonte luminosa (R).

Tomando um objeto com altura e largura fixos (15 cm) e variando o R verificou-se que para medidas de R maiores que 10 m, na faixa de alturas solares de interesse, o erro será menor que 5%. O que para os autores é compatível com as necessidades da construção civil e seus usuários. Para R maior que 14 m o erro será menor que 3% (Figura 10).

Figura 10 – Erro % X Altura solar



3.6 Utilização em sala de aula

Os apontamentos dos professores de projeto, dos monitores de conforto ambiental e dos demais alunos permite afirmar que:

- o equipamento é avaliado como importante e funcional. No entanto poucos professores dedicaram tempo para compreender efetivamente como operá-lo. Tem sido solicitado aos monitores de conforto ambiental que dêem suporte aos alunos de projeto.
- os estudantes dão preferência a utilizar o Sol como fonte luminosa ao invés da lâmpada instalada em um dos ateliês, provavelmente por possibilitar maior precisão.
- o equipamento é adequado para a avaliação da insolação em áreas urbanas, tendo sido utilizado com maquetes leves de grande porte.
- os estudantes tem apresentado mais dificuldades para gravar os procedimentos relativos ao aparelho em questão que os relativos ao heliodon de haste graduada (H1).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo relata estudos com objetivo de desenvolver simulador de trajetória solar mais preciso, em termos de dimensões e formas das sombras, que os modelos utilizados hoje no Brasil. Apresenta os requisitos do projeto, as etapas do processo de desenvolvimento, os protótipos construídos, a versão acabada do aparelho e os procedimentos para validação.

Tomando o Sol como fonte luminosa o aparelho sabidamente possibilita grande precisão, no entanto havia dúvidas quanto às margens de erro quando adotadas fontes luminosas artificiais e relativamente próximas. A comparação da projeção de sombras pelo aparelho com as sombras projetadas pelos movimentos solares aparentes através de modelagem matemática mostra que, com fontes luminosas a partir de 10 m, é possível obter, para os autores, precisão compatível com a necessária em projetos de dispositivos, edificações e mesmo áreas urbanas.

A utilização em sala de aula ocorreu de forma proveitosa nas disciplinas de projeto, mas demandou a participação de monitores. É necessário elaborar um “manual do usuário” para alunos e professores. Porém, diante da facilidade de operação do aparelho, fica a pergunta: os professores de projeto arquitetônico realmente valorizam o desempenho ambiental ou apenas reproduzem discursos e práticas politicamente corretas?

Quanto à luminosidade, em experimento em laboratório este tipo de equipamento não simulará com fidedignidade as variações de luminosidade do céu natural e dos elementos refletores de luz do ambiente urbano. Sugere-se o estudo desse problema com experimentos no ambiente externo, ao Sol, e em horários específicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Mecânica Industrial Perosa pela atenção especial dada à execução dos protótipos.

REFERÊNCIAS

- BIEG, H. C. **Sun Simulator for Architects**. US3068574. United States of America: United States Patent Office, 1962. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 15 abr. 2011.
- BUENO, M.; DENISE, D.; REGINALDO, R. 183 - Pesquisa , Projeto e Construção de Ferramentas de Ensaio para Modelos Físicos em Conforto Ambiental – Heliodon. In: 7º Seminário Internacional - NUTAU 2008. **Anais do NUTAU2008**. São Paulo: USP, 2008. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/CD/183.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

CHEUNG, K. P. **Universal Heliodon-Sundial**. US20030029047. United States of America: United States Patent Office. 2003. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

CHVATAL, K. M. S.; REGOLÃO, R. Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos. IV Conferencia Latino Americana de Energia Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energia Solar (XVII- SPES). **Anais do IV ISES_CLA**. Cusco: 2010 p.1-5. Disponível em: <[http://perusolar.org/17-spes-ponencias/05-Ambiente-Construido/ChvatalKarinMariaSoares/chvatal_\(Brasil\).pdf](http://perusolar.org/17-spes-ponencias/05-Ambiente-Construido/ChvatalKarinMariaSoares/chvatal_(Brasil).pdf)>. Acesso em: 2/5/2014.

DEROME, J. H. **Sunshine Simulator for Small Scale Models**. US4881899. United States of America: United States Patent Office. 1989. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

FERNANDES, L. C.; CUNHA, E. DA. 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. **Anais do ENCAC e ELACAC 2011**. Armação de Búzios: 2011.

_____, L. C.; GRZYBOWSKI, J. M. V; RIBEIRO, A. A. G. A. Desenvolvimento, Execução e Teste de Simulador de Trajetória Solar Aparente. In: XII Encontro Nacional e VIII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC e ELACAC 2013). **Anais do ENCAC e ELACAC 2013**. Brasília: 2013.

FRUHLING, G. **Heliodon**. US3090124. United States of America: United States Patent Office. 1963. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

MASSARO, J. **Heliodon-Type Device**. USD271824. United States of America: United States Patent Office. 1983. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

MIGANI, J. C.; BENTON, C. C. **Heliodon**. USD267837. United States of America: United States Patent Office. 1983. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

MORSE, J. F. **Educational Apparatus**. US832331. United States of America: United States Patent Office. 1906. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

POTTER, E. C. **Architectural Shadow Indicator**. US3568320. United States of America: United States Patent Office. 1971. Disponível em: <<http://www.google.com/patents>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

RICHTER, H. **USD530333S1**. United States Of America: United States Patent Office. 2006. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/USD530333>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

SZOKOLAY, S. Solar Geometry. **PLEA Notes**. Passive and Low Energy Architecture International em associação com University of Queensland: Department of Architecture. 2007. Disponível em: <<http://www.arct.cam.ac.uk/PLEA/Document>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

VIANNA, H.; POUEY, M. Montagem e teste de um simulador físico de insolação - Heliodon - a ser usado como recurso didático no ensino de conforto. In: XV Congresso de iniciação Científica - VIII Encontro de Pós-Graduação. **Anais do XV CIC e VIII ENPOS UFPEL2006**. Pelotas: UFPEL, 2006. Disponível em: <http://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/EN/EN_01701.pdf>. Acesso em: 2/5/2014.