

ESTIMATIVA DO HORÁRIO DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA ANÁLISES CLIMÁTICAS URBANAS

Jeanne Moro (1); Eduardo Krüger (2); Silvana Camboim (3); Nicole Piaskowy (4)

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PPGEC/UTFPR, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Ecoville, CEP 81280-

340, Curitiba PR, jeannemoro@gmail.com,

(2) Dr., Professor do Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Ecoville, CEP 81280-340, Curitiba PR, ekruger@utfpr.edu.br,

(3) Dra., Professora do Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Centro Politécnico – Jardim das Américas, Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba PR, silvanacamboim@gmail.com

(4) Arquiteta, Mestranda do PPGEC/UTFPR, ni.piaskowy@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta um método baseado na utilização de ferramentas de geração de relógios de sol virtuais de modo a estimar o horário de tomada de imagens de satélite nas quais este parâmetro seja desconhecido, como por exemplo, imagens disponíveis nas plataformas Google Earth e Google Maps. Uma das aplicações para qual este parâmetro é importante é a estimativa da altura dos edifícios através do comprimento de sombra. Contudo, esse cálculo só pode ser feito tendo como base a correta posição do sol e/ou pelo horário no momento da tomada da foto. Para comprovação do método proposto, foram usadas imagens com metadados completos, permitindo a verificação de horários já conhecidos. Adicionalmente, foi usada uma ferramenta de maquete eletrônica para a projeção das sombras em uma área teste, realizando novamente a checagem do azimute das sombras geradas com relógio de sol virtual. O método mostrou-se suficientemente preciso para o desenvolvimento da pesquisa em andamento, a qual avalia o desempenho de espaços abertos pela possibilidade de uso ótimo de situações de sol e sombra, conforme parâmetros sazonais.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, relógio de sol.

ABSTRACT

This study presents a method based on the use of virtual sundial generation tools in order to estimate the time of capture of satellite images which do not provide such information, for example, images available in the platforms Google Earth and Google Maps. One of the applications where this parameter is important is the estimation of the height of buildings from shadow length. However, this calculation can only be done based on the correct position of the sun and/or on the correct time of image capturing. Testing of the proposed method was made by comparing images with complete metadata against estimated time of capture. In addition, a 3D-virtual model was used to cast shadows over a test area, thereby checking azimuth of shadows against the virtual sundial. The method was considered sufficiently precise for the development of the ongoing research, which evaluates the performance of open spaces with optimal use of sun-lit and shaded situations, in respect of seasonal parameters.

Keywords: remote sensing, image processing, sundial.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o tamanho e a proporção de espaços abertos têm grande influência sobre o microclima urbano (BOURBIA; AWBI, 2004). De acordo com esses autores, a geometria dos espaços abertos desempenha um papel decisivo no seu comportamento térmico, o qual pode ser melhorado através da organização espacial correta dos edifícios com relação ao sombreamento gerado no entorno. Em situações de clima tropical, a discussão em torno do tema espraiamento versus adensamento urbanos pode ter conotações prejudiciais para o clima urbano, quando a decisão é favorável quanto ao adensamento indiscriminado. A maior parte das cidades brasileiras de grande porte se situa próxima à costa e estratégias de adensamento mal concebidas podem trazer prejuízos à possibilidade de aproveitamento da ventilação natural em vias urbanas e espaços de permanência (SOUSA, 2014). Em cidades interioranas, a verticalização pode também aumentar a intensidade da ilha de calor urbana (NAKATA-OSAKI *et al.*, 2016). Entretanto, condições subtropicais como as de Curitiba – PR, cidade com invernos frios, trazem a necessidade de acesso solar nos períodos frios do ano (ABNT, 2005). Em espaços externos de longa permanência (praças e parques), o correto balanceamento entre espaços ensolarados e sombreados pode garantir maior frequência de visitação ao longo do ano. Desta forma, acesso ao sol em períodos frios e a garantia de áreas sombreadas no verão deveriam ser considerações importantes no projeto de tais espaços.

Com as atuais tendências de crescimento urbano, a verticalização do entorno dos espaços abertos vem se acentuando, o que gera complicações devidas ao sombreamento resultante. Sobretudo em espaços de permanência, a projeção de sombras provenientes de edificações pode ser fator de influência em seu desempenho e atratividade.

Algumas pesquisas têm se utilizado de métodos de análise através de sensoriamento remoto para definição de parâmetros climáticos urbanos, como os recentes trabalhos de Nakata-Osaki *et al.* (2016) e de Peeters (2016). Plataformas de Sistemas de Informações Geográficas - SIG são utilizadas também em análises de fenômenos relacionados ao processo de urbanização, dentre eles o clima urbano, o qual é influenciado pela morfologia urbana.

De acordo com Peeters (2016), a análise abrangente do clima urbano depende em grande parte da modelagem 3D da forma urbana. Para tanto, pode-se utilizar a metodologia de obtenção de alturas de edificações a partir de imagens de satélite contendo as sombras projetadas por edificações. Nesse sentido, Cordova (2005), Forden (2008) e Peeters (2016) apresentam métodos para determinação das alturas de objetos, com base em imagens aéreas, utilizando-se de cálculos trigonométricos a partir das sombras projetadas no solo.

2. OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa é estimar a altura de edifícios localizados em centros urbanos a partir das sombras projetadas pelas edificações no solo em imagens de satélite disponibilizadas de forma gratuita, como por exemplo, imagens disponíveis nas plataformas Google Maps/Google Earth. O objetivo do presente artigo é apresentar o método empregado para obtenção do horário de captura, para imagens cujos metadados não incluem tal informação, a partir de estimativas via relógio de sol virtual.

3. MÉTODO

O estudo de campo está em realização com foco na Praça do Japão, Curitiba, considerando as edificações em seu entorno imediato. Na fase atual, utilizam-se observações do comportamento de visitantes da praça quanto a espaços com sol ou não sombra (PIASKOWY; KRÜGER, 2016), além de medições de campo de variáveis microclimáticas.

Para que a metodologia abordada na pesquisa possa ser aplicada amplamente, foi definida a utilização de imagens disponíveis exclusivamente de forma gratuita. No entanto, uma limitação das imagens de satélite disponibilizadas gratuitamente, como, por exemplo, as disponibilizadas nas plataformas Google Maps e Google Earth, é que apenas a data de captura da imagem é informada, sem indicação do horário. Para se estimar a altura dos edifícios a partir das sombras projetadas, segundo relações geométricas e utilizando-se da geometria solar, é necessário conhecer o horário no qual essas foram capturadas, uma vez que tal horário definirá a extensão da sombra na imagem. O método adotado para se obter o horário da captura da imagem a partir da data fornecida como metadado baseia-se na estimativa do horário via sobreposição de um relógio de sol virtual sobre a imagem, metodologia sugerida também por Baird *et al.* (2015), Evans-Cowley (2015) e Tsai *et al.* (2016).

O relógio de sol, que pode ser concebido a partir de diferentes sistemas de representação geométrica, é

um dispositivo tridimensional no qual há linhas desenhadas que representam o percurso do sol em diferentes épocas e horários do ano, em particular nos solstícios e equinócios, e que contém uma haste destinada a projetar sua sombra, quando exposta ao sol, indicando assim qual sua direção e extensão no dia e horário desejado (SCARAZZATO, 2016).

O uso de relógios de sol remonta a civilizações passadas, como na Arquitetura Barroca (SPARAVIGNA, 2015), enquanto que a utilização da sombra projetada como indicador horário também tem exemplos em comunidades vernaculares, como aquelas junto a alguns picos de montanhas em regiões alpinas, cujos nomes são claras alusões a horas do dia como, por exemplo, ‘Pizzo di Mezzodi’, ‘Rocher Du Midi’ e ‘Mittaghorn’ (GEISSLER, 2014).

Atualmente, existem diferentes métodos e equações disponíveis na internet para construção de relógios de sol, para diversos fins. *Softwares* indicados para projeto, como o Auto-CAD (Autodesk, San Rafael, CA) e o Google SketchUp com módulo de projeção de sombra para objetos 3D, oferecem a possibilidade de se definir horário e data para essa projeção, com relativa precisão para a coordenada GMT local.

Para a definição do relógio de sol a ser usado, existem algumas opções que disponibilizam os ângulos dos azimutes de sombra, tais como o texto de Calil (2016), o aplicativo elaborado por Ghiorzi (2016), e o site de ferramentas de energia solar *SunEarthTools* (2016). No caso deste artigo, o estudo foi realizado com o último.

3.1. Imagens utilizadas

A partir de imagens de satélites de alta resolução das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, disponibilizadas como amostras pela Digital Globe (<https://www.digitalglobe.com/resources/imagery-product-samples>), as quais forneciam metadados completos sobre a aquisição da imagem, como data, horário, latitude e longitude (Tabela 1), foram testados alguns métodos disponíveis para determinação do horário de captura a partir da sobreposição de relógio de sol.

Tabela 1 - Metadados das imagens

	Rio de Janeiro	São Paulo
Longitude	-43.21839	-46.56262
Latitude	-22.96665	-23.55697
Data	18/03/2011	10/09/2014
Horário (GMT)	13:23	13:07

Uma vez verificada a correspondência entre horário real e aquele estimado pelo relógio de sol, realizou-se complementarmente um teste no *software* SketchUp para comprovar o posicionamento da sombra em relação aos ângulos do relógio de sol virtual para o Rio de Janeiro e para São Paulo. Foi levantado um volume sólido do mesmo edifício escolhido na imagem de satélite, assumindo-se uma altura aleatória. No caso, as sombras foram ativadas para o mesmo horário da imagem de satélite, de acordo com o metadado de cada uma.

Sobre esta simulação, foi aplicado novamente o relógio de sol virtual com o gráfico de ângulos de azimute da sombra gerado pelo *SunEarthTools* com o intuito de verificar também os ângulos das sombras no *software*. No caso, foram escolhidos edifícios cujas sombras eram visivelmente projetadas no solo.

4. RESULTADOS

Primeiramente, sobre o volume sólido de um edifício de altura aleatória escolhido da imagem de satélite, foram atestados que os ângulos de azimute de sombra fornecidos pela ferramenta online *SunEarthTools* eram coincidentes com os ângulos das sombras da simulação do Sketchup.

Para isso, foram localizados edifícios nas imagens de satélite da Digital Globe, a partir dos quais fosse possível a visualização integral da sombra no solo, tanto nas imagens do Rio de Janeiro (Figura 1a) quanto nas de São Paulo (Figura 1b).

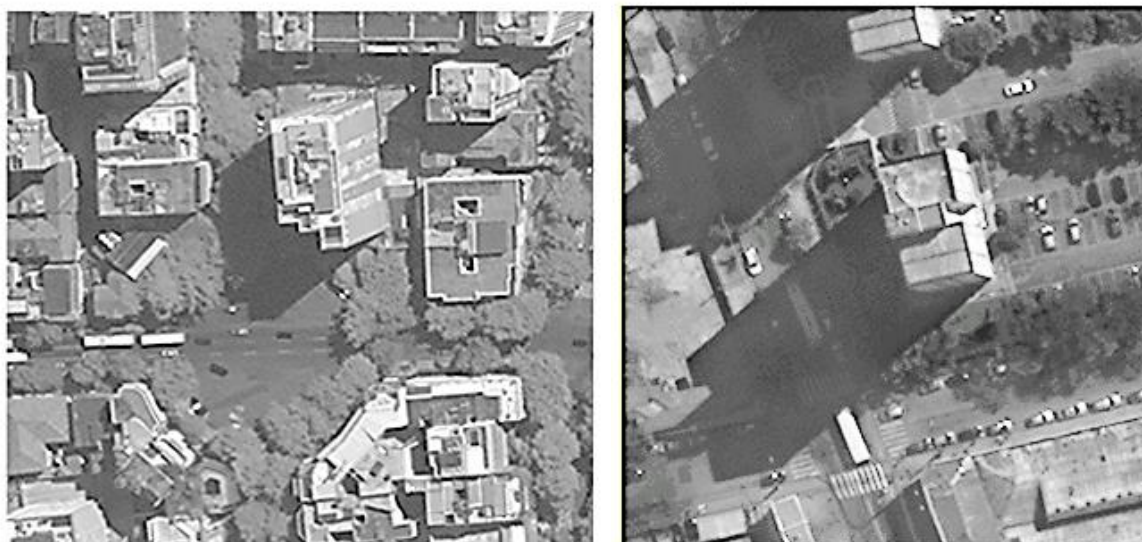
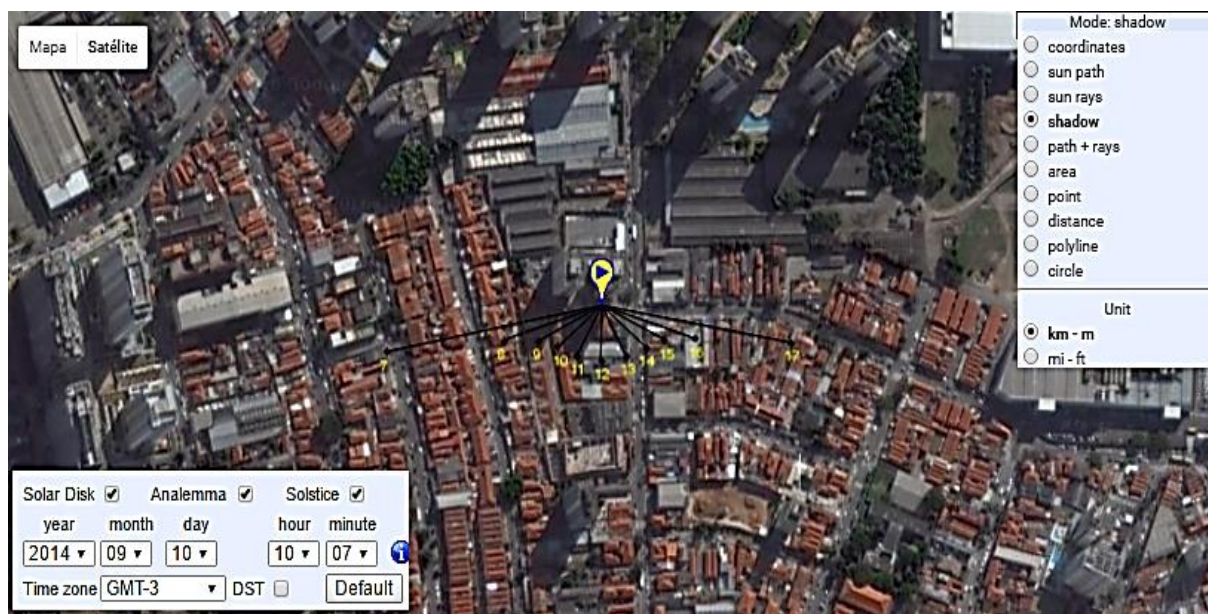
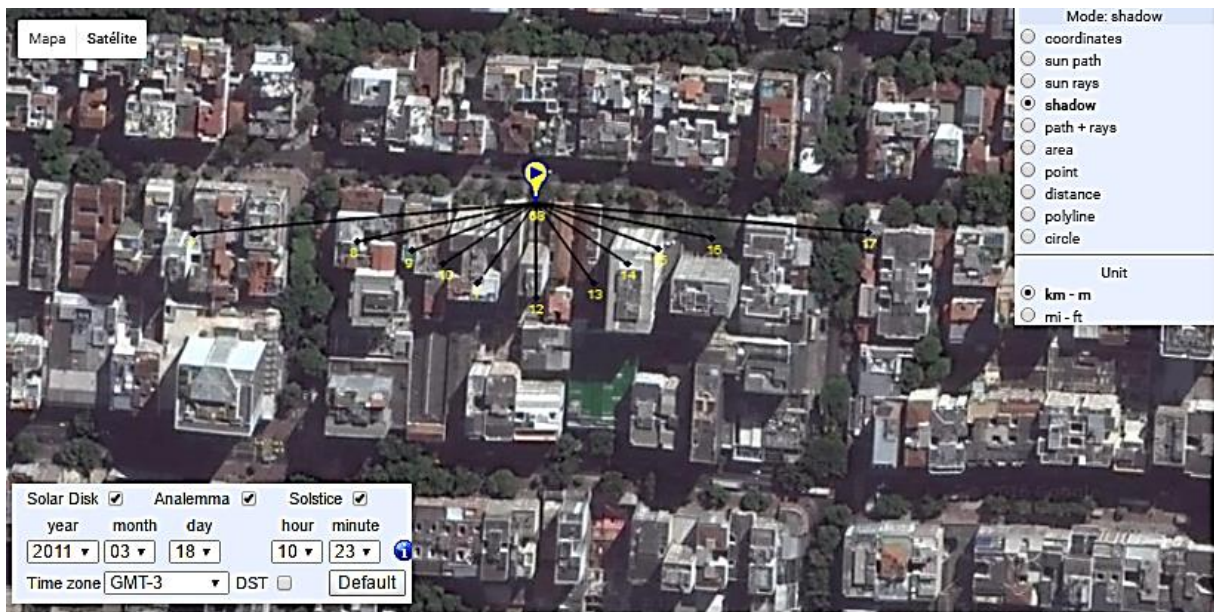


Figura 1 - 1a (Esquerda) e Figura 1b (Direita). Recorte das imagens amostrais de satélite da Digital Globe, em edifícios nas cidades do Rio de Janeiro (a) e São Paulo (b) com projeção total da sombra em solo.

Posteriormente, foi posicionado sobre as imagens o diagrama do relógio do sol, o qual representa graficamente os azimutes de sombra calculados pela ferramenta SunEarthTools (SUNEARTHTOOLS, 2016). Os gráficos foram gerados online a partir dos mesmos metadados fornecidos pelas imagens de satélite do Rio de Janeiro e de São Paulo, a saber: como data, horário, *time zone*, latitude e longitude (Figuras 2a e 2b), com a finalidade de verificar a compatibilidade entre estes e o horário resultante do gráfico.



a)



b)

Figura 2 - Gráficos do relógio de sol para as cidades do Rio de Janeiro (a) e São Paulo (b) gerado pela ferramenta online SunEarthTools, sobre a base do Google Maps.

Observa-se que, nas imagens, os horários fornecidos pela empresa Digital Globe estão em GMT, enquanto que os horários locais são GMT-3. Nas imagens, pode-se averiguar ainda que os ângulos fornecidos pelo site SunEarthTools correspondem ao horário local. Nas duas imagens, tanto para o Rio de Janeiro quanto em São Paulo, os horários obtidos através do gráfico do relógio de sol virtual confirmaram os horários fornecidos nos metadados, entre 10 e 11 horas no horário local. Com isso, comprovou-se a possibilidade de utilizar a ferramenta de geração do relógio de sol para estimativa de horário da tomada das imagens (Figuras 3a e 3b).

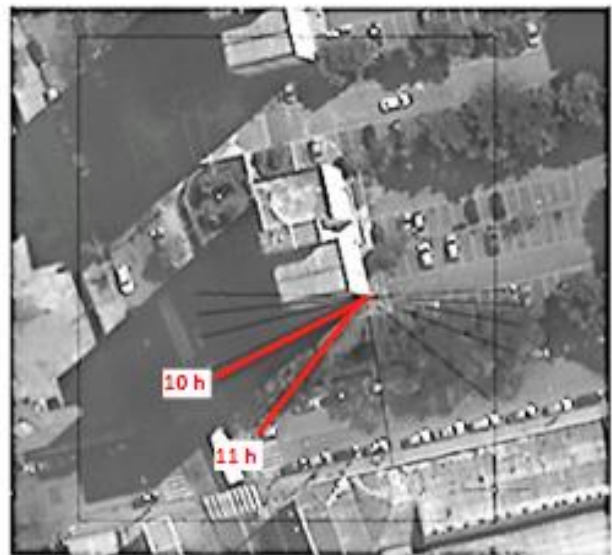
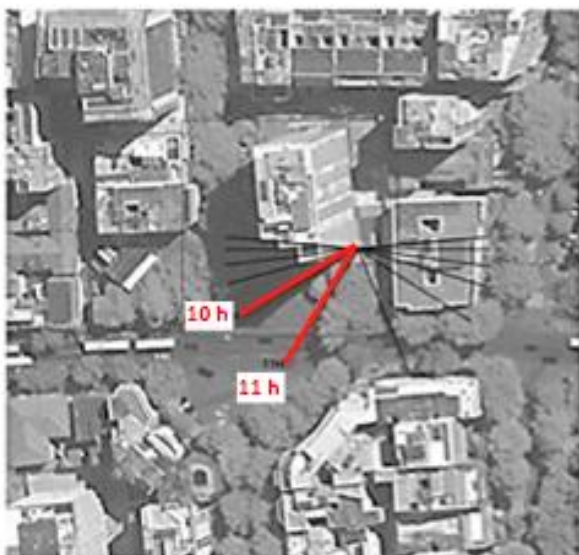


Figura 3 - 3a (Esquerda) e Figura 3b (Direita). Imagens de satélite das cidades do Rio de Janeiro (a) e São Paulo (b) com o gráfico do relógio de sol.

Por fim, foi elaborada uma maquete eletrônica utilizando o *software* SketchUp, para o entorno da Praça do Japão em Curitiba, com o intuito comparar a geração das sombras na maquete com os graus de azimute de sombra obtidos no relógio de sol do SunEarthTools. Para tanto, utilizou-se o mapa de arruamento de Curitiba disponível no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC de 2013 a fim de delimitar as quadras, e as imagens do Google Maps para as edificações. A medição do gabarito do entorno foi realizada de forma visual *in loco*, considerando-se 3 m como altura média de pavimento.

O modelo de SketchUp foi georreferenciado para a área em questão e, como a área possui pontos de diferentes alturas topográficas, foi utilizada a opção “Toggle Terrain”, a qual importa do Google Maps o relevo aproximado do local.

Para a análise da praça, foram inseridos dados de longitude e latitude da cidade de Curitiba, na data do solstício de inverno – 21 de junho, e acrescentado o gráfico do relógio de sol gerado pela ferramenta SunEarthTools (Figura 4).

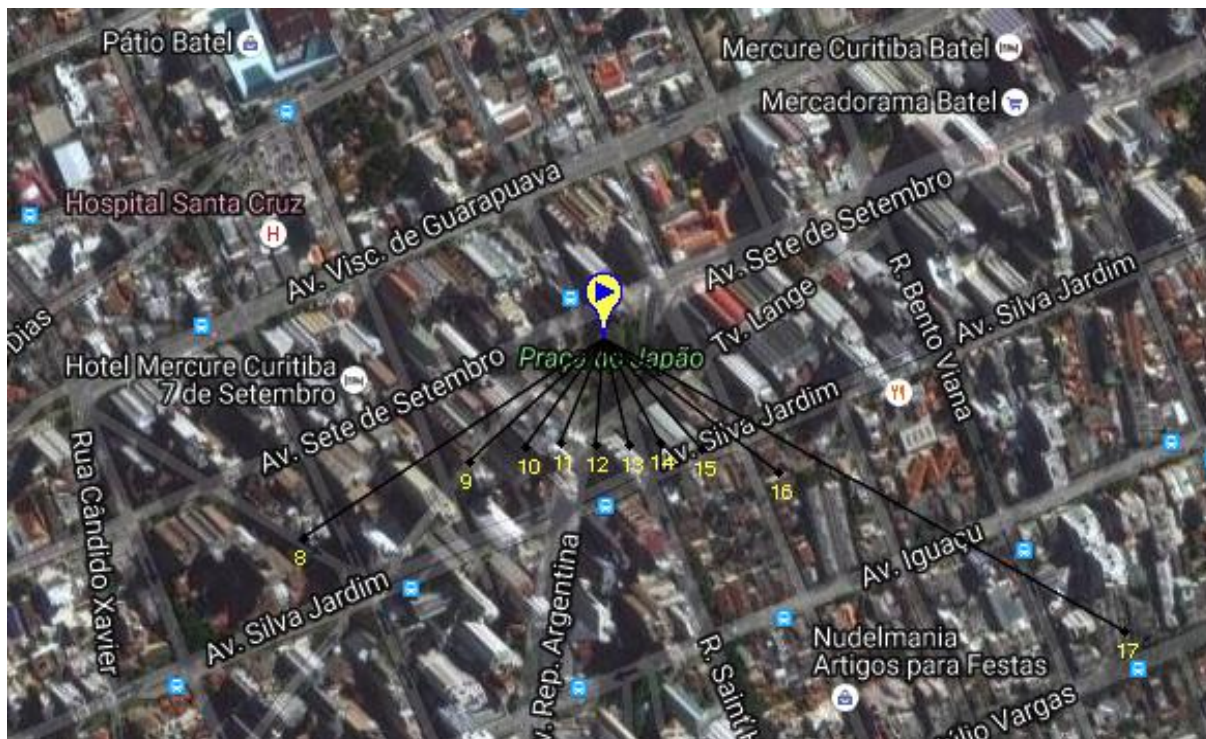


Figura 4 - Gráfico do relógio de sol para a cidade de Curitiba na data de 21/06 gerado pela ferramenta SunEarthTools plotado sobre imagem do Google Maps.

Foram realizadas representações gráficas para os horários das 14:00 horas e 15:00 horas. Os resultados mostraram que o relógio de sol virtual apresentou azimutes de sombra coincidentes com os ângulos de sombra projetados segundo os horários especificados na simulação com o SketchUp (Figuras 5 e 6).

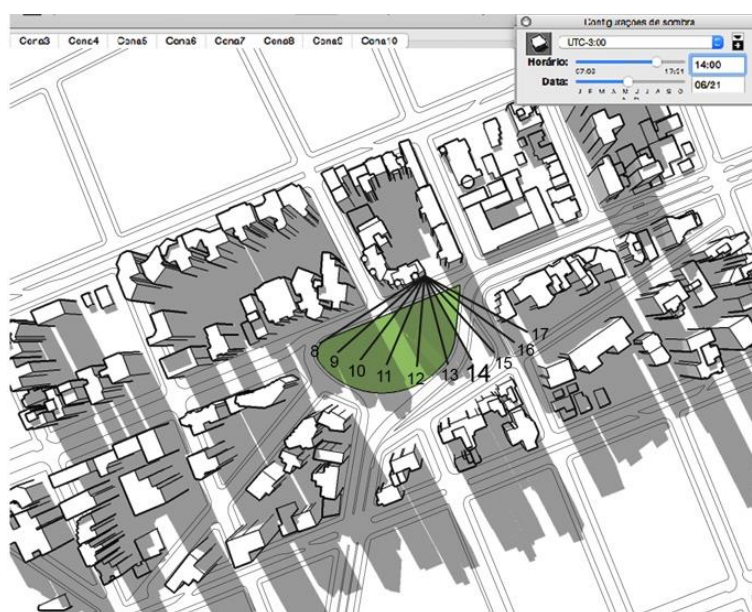


Figura 5 - Simulação no software SketchUp com o gráfico do relógio de sol para a cidade de Curitiba na data de 21/06 no horário das 14:00 horas.

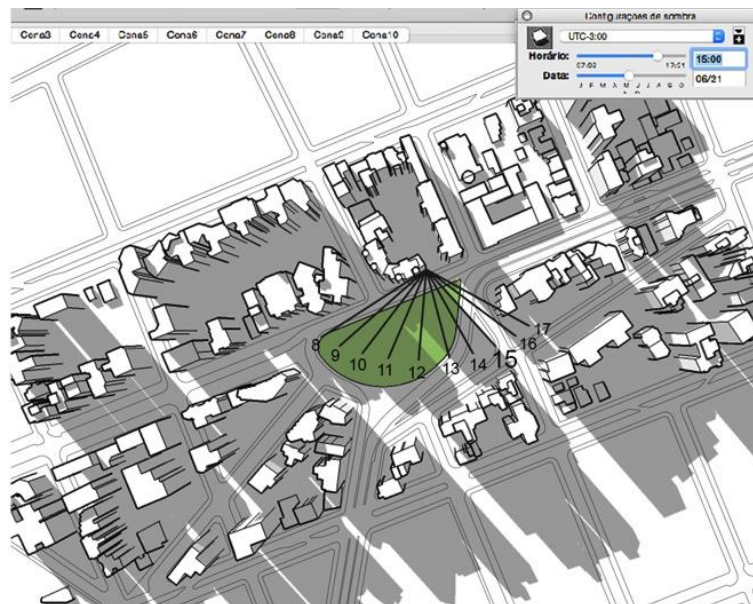


Figura 6 - Simulação no software SketchUp com aplicação do Gráfico do relógio de sol para a cidade de Curitiba na data de 21/06 no horário das 15:00 horas.

5. CONCLUSÕES

Através do método apresentado, podemos observar que ferramentas de geração de relógio do sol podem ser utilizadas para estimar o horário de tomada de imagens de satélite quando tal informação não estiver disponível. Para confirmar tal possibilidade, foram utilizadas imagens com metadados completos para verificação dos cálculos gerados pelas sombras. Adicionalmente, foi testada a ferramenta de projeção de sombras no *software* de maquetes eletrônicas SketchUp, que apresenta resultados coerentes com os obtidos através das ferramentas astronômicas. Os próximos passos desta pesquisa serão utilizar tais parâmetros para a estimativa da altura dos prédios através das sombras e a geração de modelos de sombreamento para espaços públicos, utilizando exclusivamente ferramentas e dados disponibilizados gratuitamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- Baird, W. H.; Padgett, C. W.; Secrest, J. A. **Google Earth science**. *Physics Education*, v. 50, n. 2, p. 224, 2015. Disponível em: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/2/224/meta#artAbst>
- Bourbia, F.; Awbi, H. B. Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements. **Renewable energy**, v. 29, n. 2, p. 249-262, 2004.
- Calil, M. R. **Relógio Solar Horizontal**. LECT – Laboratório de Ensino de Ciências e Tecnologia, USP. 2016. Disponível em: <http://darwin.futuro.usp.br/site/sky/Pe%E7a%20rara/REL%D3GIO%20SOLAR%20HORIZONTAL.doc>.
- Cordova, H. **Elevation Determination by shadow measurement from vertical monoscopic aerial imagery**. Pecora 16 "Global Priorities in Land RemoteSensing". Sioux Falls, South Dakota. EUA. 2005. Disponível em: http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora16/Cordova_H.pdf Acesso em: Outubro/2016
- Digital Globe. **Imagery Product Samples**. Disponível em: <https://www.digitalglobe.com/resources/imagery-product-samples> . Acesso em Outubro/2016.
- Evans-Colwey, J. **Using Google Earth to Understand Parking Utilization**. Blog Post. Planetizen. (2015). Disponível em: <http://www.planetizen.com/node/73063/using-> . Acesso em: Outubro/2016
- Forden, G. **Calculate Height from shadow: A Stand-alone program for calculatin object heights from Google Earth**. MIT's Program on Science, Technology, and Society. Disponível em: http://web.mit.edu/stgs/pdfs/CalculateHeightFromShadow--A_Stand-alone_Program.pdf (2008) Acesso em Outubro/2016.
- Geissler, K.A. **Alles hat seine Zeit, nur ich hab keine**. Oekom Verlag, Munique, 2014.
- Ghiorzi, T. **Astronomia e Astrologia – Relógio Solar**. 2016. Disponível em: <http://ghiorzi.org/relogio.htm>
- Nakata-Osaki, C. M.; Souza, L. C. L. de; Rodrigues, D. S. **Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG**. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 3, p. 73-87, jul./set.2016.
- Peeters, A. **A GIS-based method for modeling urban-climate parameters using automated recognition of shadows cast by buildings**. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 59, p. 107-115, 2016.
- Piaskowy, N.A.; Krüger, E.L. **Analysis of shading and usage of sun-lit areas in an urban square in a subtropical location**. In: 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant, 2016, Windsor, Inglaterra. Windsor Conference Proceedings. Londres: NCEUB, 2016.

- Scarazzato, P. S. **Iluminação Natural – O relógio de Sol como recurso auxiliar de projeto**. FAU-USP. 2016. Disponível em: http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/009_Cecace_2006_Relogio_de_Sol.pdf
- Sousa, J.P.M. **Influência da forma urbana na ventilação natural: Um estudo de caso no Cais José Estelita, Recife**. 2014. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal da Pernambuco.
- Sparavigna, A. C. Light and Shadows in Bernini's Oval of Saint Peter's Square. **PHILICA** (article 540). 2015. Disponível em: http://www.philica.com/display_article.php?article_id=540.
- Sunearthtools. **Ferramentas para designers e consumidores de energia solar**. 2016. Disponível em: <http://www.sunearthtools.com/>
- Tsai, T. H., Jhou, W. C., Cheng, W. H., Hu, M. C., Shen, I. C., Lim, T., Hua, K.L, Ghoneim, A., Hossain, M., Hidayati, S. C. (2016). **Photo sundial: Estimating the time of capture in consumer photos**. *Neurocomputing*, 177, 529-542.