

PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA NA DETERMINAÇÃO DA GEOMETRIA URBANA: ESTIMANDO O FATOR DE VISÃO DO CÉU EM UM SIG-3D

Léa Cristina Lucas de Souza¹

Daniel Souto Rodrigues²

José Fernando Gomes Mendes³

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. Projeção estereográfica na determinação da geometria urbana: estimando o fator de visão do céu em um SIG-3D. *Revista Educação Gráfica*, Bauru, n.7, p.133-141, 2003.

Resumo

Estabelecendo uma integração entre um SIG-3D e uma ferramenta ambiental de avaliação térmica urbana, a pesquisa apresentada neste artigo propõe uma sub-rotina de cálculo para visualização e quantificação do fator de visão do céu (FVC). Este fator representa um parâmetro geométrico urbano diretamente relacionado às condições térmicas de um determinado local, pois influi na troca de calor na malha intra-urbana. Um ambiente SIG-3D é

¹ Profa. Doutora da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Departamento de Arquitetura, Urbanismo e paisagismo, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/no – Bauru – SP – 17.033-360 e-mail: leacrist@faac.unesp.br

² Prof. Mestre da Universidade do Minho, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil – Campus de Gualtar, Braga – PT e-mail: dsr@civil.uminho.pt

³ Prof. Associado da Universidade do Minho, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil – Campus de Gualtar, Braga – PT e-mail: jmendes@civil.uminho.pt

apropriado para este tipo de integração, uma vez que possibilita o armazenamento, tratamento e análise de dados tridimensionais do espaço urbano e, associado a uma rotina de cálculo nele implantada, pode otimizar a determinação daquele fator, reduzindo o seu tempo de cálculo e representação gráfica. Desta forma, procedimentos de manipulação de dados espaciais para cálculo de FVC são propostos para incorporação ao *software ArcViewGIS 3.2⁴*, explorando-se assim as potencialidades deste SIG-3D. Uma extensão denominada 3DSkyView é desenvolvida, permitindo obter de forma automatizada o delineamento e a determinação de fatores de visão do céu.

Palavras-chave: fator de visão do céu, projeção estereográfica, geometria urbana

Abstract

This paper suggests a calculation routine for assessment and visualization of sky view factors (SVF), integrating in this way a 3D-GIS and an environmental tool. This factor is a geometrical parameter related to urban thermal conditions and influences on the heat exchange of urban canyons. A 3D-GIS is a suitable environment for this kind of simulation, as it allows the storage, treatment and analysis of tri-dimensional data of urban areas. The connection of the calculation routine with the 3D-GIS can substantially reduce the time needed for the calculation and graphic representation of the parameter studied. Therefore, this work proposes subroutines for the manipulation of spatial data in order to determine SVFs in *ArcviewGIS software*, thus applying the

potentialities of the 3D-GIS. An extension named 3DSkyView is developed, allowing the automatic delineation and determination of sky view factors.

Keywords: sky view factor, stereographic projection, urban geometry.

Introdução

A crescente divulgação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta para a compreensão e manipulação do espaço geográfico tem acarretado uma vasta expansão de seu uso nas mais diversas áreas do conhecimento científico. Baseado numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais e não espaciais (e eventualmente temporais) que permite a obtenção de informações que os correlacionem, possibilitando realizar análises rápidas e precisas, os SIG constituem-se instrumentos capazes de agilizar cálculos e tarefas, além de reduzir o tempo para tomada de decisões.

A utilização de SIG para fins de planejamento ambiental urbano no Brasil demorou a ser explorada, em virtude das limitações iniciais causadas pela falta de recursos, tanto em termos de equipamentos, quanto em termos de mão-de-obra qualificada. Hoje, porém, existem inúmeras empresas e instituições que utilizam os SIG. Apesar de ainda não plenamente explorados na prática, uma vez que em passado recente, mesmo em países onde os SIG praticamente surgiram, como os Estados Unidos, poucos eram os exemplos de instituições públicas de planejamento que realizaram experiên-

⁴ *ArcViewGIS* é uma marca registrada da *ESRI – Environmental Systems Research Institute*

cias bem sucedidas de implementação de SIG para planejamento em larga escala, muito já foi desenvolvido.

Tomando por base o avanço até aqui experimentado pelos países desenvolvidos nesta matéria na última década, parece evidente, que uma vez conquistada uma etapa favorável para as aplicações de SIG no Brasil, em que as informações estejam mais acessíveis a pesquisadores e instituições de ensino, o seu uso como ferramenta deve também aqui se consolidar. Deve mais ainda, se constituir como alternativa para substituir tarefas que possam representar dependência em tecnologias de alto custo e não simplesmente para repetir metodologias e procedimentos que foram desenvolvidas com base em outra realidade. Sob este aspecto, este é o enfoque da pesquisa ora apresentada, que se utiliza do ambiente de um SIG para simular uma representação espacial e efetuar cálculo de um fator, para a qual são encontrados diversos métodos de determinação, normalmente dependentes de equipamentos fotográficos de alto custo.

Trata-se da substituição, por exemplo, de uma câmera digital equipada com lente tipo "olho de peixe" com abertura angular de 180°, por um algoritmo de cálculo e de visualização em um *software* de manipulação de informações geográficas em três dimensões. Em aplicações científicas, as lentes tipo "olho de peixe" são utilizadas em estudos do ambiente térmico urbano, para verificação da área de céu obstruída pelas edificações, uma vez que esta obstrução causa a alteração no balanço de energia entre a Terra e o espaço. Chamada de fator de visão do céu (ou *sky view factor*), a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste, esta característica espacial é uma das mais importantes causas da "ilha de calor urbana", principalmente se

consideradas as temperaturas noturnas alcançadas em determinados locais. Ressaltando-se que a ilha de calor é um indicador de sustentabilidade urbana, o fator de visão de céu constitui-se como um parâmetro ambiental, que deve ser identificado, quantificado e integrado a estudos que busquem a compreensão das complexidades urbanas.

Fator de visão do céu e a projeção estereográfica

O fator de visão do céu (FVC) é um parâmetro adimensional também chamado de fator de configuração ou ainda fator angular, tendo sido utilizado por vários autores (Barring, Mattsson & Lindqvist, 1985; Johnson & Watson, 1984; Oke, 1981 e 1888; Steyn, 1980, Souza, 1996). É um fator que indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e que representa uma estimativa da área visível de céu. Esta unidade pode ser relacionada com o fluxo de radiação, sendo definida como a razão entre a radiação do céu recebida por uma superfície plana e aquela proveniente de todo ambiente radiante. O fator de visão do céu é uma das principais causas da ilha de calor urbana, porque o resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível a partir desta superfície.

Em termos geométricos, qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano, pertencente ao plano do observador posicionado na camada intra-urbana, representa uma obstrução à abóbada celeste. A sombra (projeção) dessa edificação na abóbada celeste é a fração do céu por ela obstruída para o observador (ou ainda, representa a parte obstruída do fluxo de radiação, que deixa o observador, em direção ao céu). Seu valor numérico é sempre menor que a unidade, pois dificilmente se

encontram regiões urbanas, que não apresentem nenhuma obstrução do horizonte (situação para a qual seu valor seria a unidade).

Utilizando-se de métodos como a projeção estereográfica (Figura 1) da abóbada celeste, edificações podem ser projetadas no plano horizontal e, assim, representada a área de céu visível para um ponto de observação qualquer na camada intra-urbana (Figura 1). Uma vez determinada a área de obstrução da abóbada celeste, esta é relacionada a área de céu total, para que seja estimado o valor do FVC. Normalmente, para a representação da área total de céu, a abóbada celeste deve ser dividida em áreas de igual tamanho e depois projetada sobre o plano do observador.

Uma das etapas mais problemáticas na determinação do FVC é a determinação angular dos pontos de obstrução em relação à posição do observador. Em um SIG, no entanto, este problema poderia ser evitado, substituindo assim as câmeras fotográficas ou equipamentos topográficos utilizados para este fim. Este tipo de proposta é factível, desde que as bases de dados contenham os valores das três dimensões envolvidas (x, y e z).

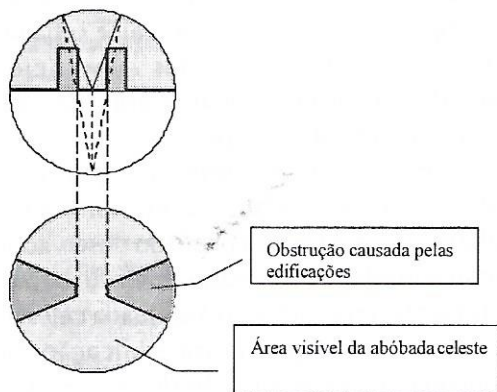


Figura 1 - Projeção estereográfica da área de céu obstruída.

Portanto, para que o cálculo do FVC fosse incorporado a um SIG, foi necessária

a escolha de um *software* capaz de armazenar e possibilitar manipulação de dados espaciais em 3D (três dimensões x, y e z), para que posteriormente aos cálculos, a visualização em 2D (duas dimensões, x e y) pudesse ser criada. O *software* utilizado foi o *ArcView GIS 3.2*, juntamente com sua extensão *ArcView 3D Analyst*, produzidos pela *ESRI – Environmental Systems Research Institute*. Através de sua linguagem de programação *Avenue*, o *ArcView* permite a personalização de menus, botões e ferramentas, possibilitando automatizar tarefas e incorporá-las à interface com o usuário.

Denominada *3DSkyView*, a extensão criada por Souza et al (2003) tem como princípio básico de cálculo a sobreposição espacial de uma malha estereográfica (Figura 2) de pontos da abóbada celeste com a projeção estereográfica da camada intra-urbana em plano horizontal. Em termos práticos a sub-rotina obtém novas coordenadas cartesianas para pontos que representem os vértices das arestas das edificações ou elementos urbanos que compõem a cena. Assim a área total da malha estereográfica pode ser comparada a área obstruída pelos elementos urbanos.

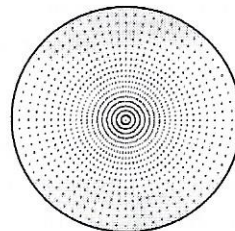


Figura 2 - Malha Estereográfica da Abóbada Celeste

O novo sistema de coordenadas da projeção estereográfica refere-se à relação tri-dimensional na camada intra-urbana. Existem nesta relação três ângulos importantes, que podem ser observados na

Figura 3: o ângulo α entre o plano vertical que contém o observador (O) e o eixo Norte-Sul e aquele que contém o observador e o ponto de A de interesse na edificação (ou sua projeção C); o ângulo β entre o plano horizontal do observador e o plano inclinado que contém o observador e o ponto A; e o ângulo θ , entre o plano que contém o observador e o ponto de fuga situado no Nadir e a linha de projeção do ponto A até o Nadir.

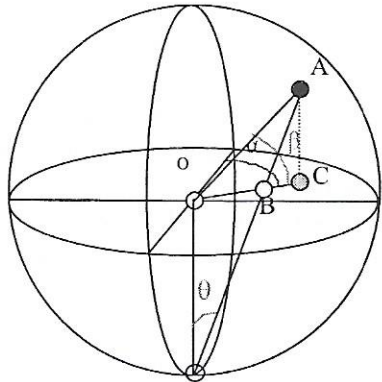


Figura 3 – Ângulos na Projeção Estereográfica

Considerando que o observador está em posição móvel e que α deve sempre estar relacionado ao plano vertical que contém o observador e β deve estar sempre relacionado ao plano horizontal do observador, estes ângulos são comparáveis ao azimute e à altitude, que podem ser facilmente determinados. O ângulo θ pode então ser calculado pela Equação 1, uma vez que pertence a um triângulo isósceles.

$$\theta = \frac{90 - \beta}{2} \quad (1)$$

A projeção estereográfica no plano equatorial determina o segmento (\overline{OB}), que liga o ponto O do observador ao ponto B projetado na Figura 3, podendo ser calculado

pela Equação 2. Nela a variável r é o raio do círculo considerado para a representação da projeção estereográfica.

$$\overline{OB} = r \cdot \tan \theta \quad (2)$$

As novas coordenadas expressas pela Equação 3 e 4 compõem o sistema de coordenadas da projeção estereográfica. O ângulo α é submetido a um ajuste para se igualar a mesma origem das relações trigonométricas. Isto é feito porque α é calculado considerando-se que o lado norte corresponde ao ângulo 0° , enquanto o mesmo ângulo para a trigonometria corresponde ao lado leste. Esta rotação é a razão para que 90° sejam subtraídos de α nas Equações 3 e 4.

$$x = \cos(90 - \alpha) \cdot \overline{OB} \quad (3)$$

$$y = \sin(90 - \alpha) \cdot \overline{OB} \quad (4)$$

Estas novas coordenadas permitem a representação estereográfica de qualquer ponto em um plano horizontal no ArcView GIS. A estimativa do FVC torna-se, portanto, uma questão de manipulação espacial para sobreposição de uma malha estereográfica do céu de igual raio. Seu valor é calculado pela Equação 5, onde q é a área de céu visível e Q é o total da área de céu definida pela área do círculo adotado para a projeção estereográfica.

$$\varphi = \frac{q}{Q} \quad (5)$$

A Extensão 3DSkyView

Disponibilizada em site da ESRI (www.esri.com) para *download*, para a

aplicação da extensão 3DSkyView é necessário que os arquivos estejam preparados de forma a que os elementos urbanos estejam representados por polígonos e os atributos referentes à elevação (nível do polígono) e à altura (coordenada Z do polígono) estejam pré-definidos. Por outro lado, as coordenadas X e Y dos polígonos são identificadas automaticamente, não havendo necessidade de serem extraídas preliminarmente. Em caso de arquivos gerados em CAD existem sub-rotinas específicas que podem transformar linhas em polígonos. No processo de simulação do 3DSkyView os seguintes passos são destacados:

- * Os dados de entrada para a simulação são baseados em um tema de polígonos representativos das edificações e um tema representativo do observador. Através destes temas a sub-rotina identifica as coordenadas XY do observador e dos vértices dos polígonos;

- * De acordo com as coordenadas do observador, as coordenadas XY dos polígonos são transformadas em projeções estereográfica e ortográfica;

- * As novas coordenadas são unidas por arcos ou linhas, dependendo de suas características originais;

- * As fronteiras entre o céu visível e a obstrução causada pelas edificações são delineadas automaticamente, criando dois novos temas;

- * Com ferramentas de SIG, pontos da malha estereográfica de todo o céu são espacialmente comparados a cada um destes novos temas, possibilitando o cálculo de suas áreas e gerando uma tabela de resultados para o valor de FVC;

- * Uma cena simulando a reflexão das edificações em uma lente de superfície

hemisférica em 3D é criada.

Ao final do algoritmo é possível obter-se os seguintes resultados: cálculo de FVC; projeção estereográfica da cena; projeção ortográfica da cena; visualização de toda a cena (abóbada celeste e solo) em 3D. Através da interface com o usuário do 3DSkyView, que é demonstrada na Figura 4, o processo de simulação é iniciado. Para o usuário existem quatro tipos de informações necessárias: informações de processamento; informações sobre o observador, informações sobre os polígonos e raio de projeção. As informações sobre o processo referem-se à identificação de nomes de arquivo e localização (path). As informações quanto ao observador requerem a identificação de colunas da tabela de conteúdo que informem os atributos do observador, tais como, altura (coordenada Z) e elevação (nível do solo). Como o tema contendo o observador já deverá estar pré-selecionado, as coordenadas XY já se encontram automaticamente identificadas na janela de interface. A informação sobre os polígonos corresponde aos atributos das edificações, cujo tema também já deve se encontrar pré-selecionado. O usuário deverá informar as colunas que contenham a altura e a elevação destes polígonos. E por fim é informado o raio do círculo desejado para que as projeções estereográfica e ortográfica sejam geradas. Baseados no cenário da Figura 5 e 6, que representa a situação de uma via urbana na cidade de Braga-PT, os resultados gerados com a aplicação da extensão 3DSkyView são apresentados na Figura 7 e 8 e na Tabela 1. Na Figura 6 o ponto escuro ao centro da cena representa o posicionamento do observador, ao lado de um chafariz implantando na praça considerada.

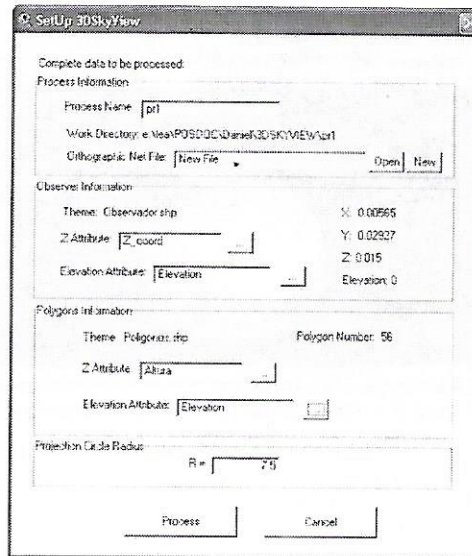


Figura 4 – Interface do 3DSkyView



Figura 5 – Foto de uma via urbana em Braga

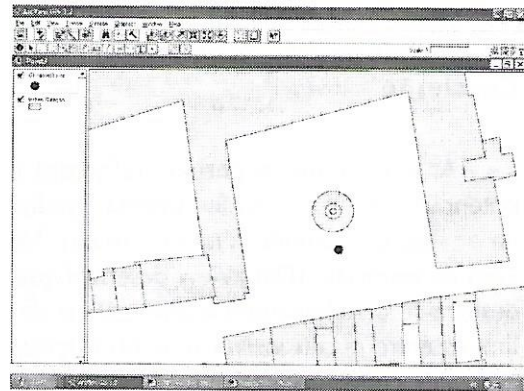


Figura 6 – Cenário simulado na 3DSkyView

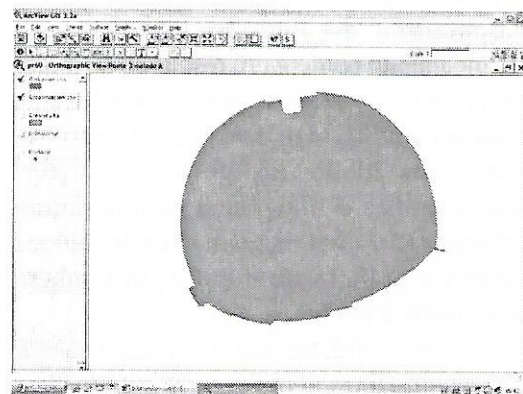
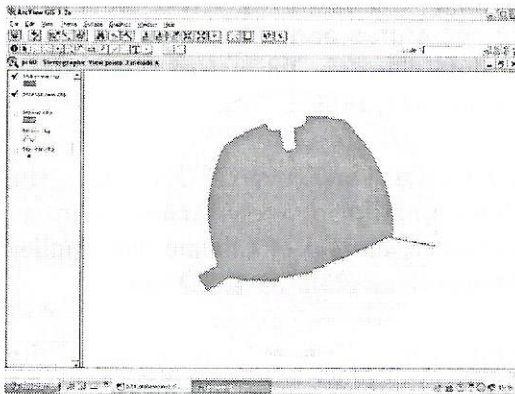


Figura 7 – Representação dos polígonos temáticos gerados em projeção estereográfica e em projeção ortográfica.

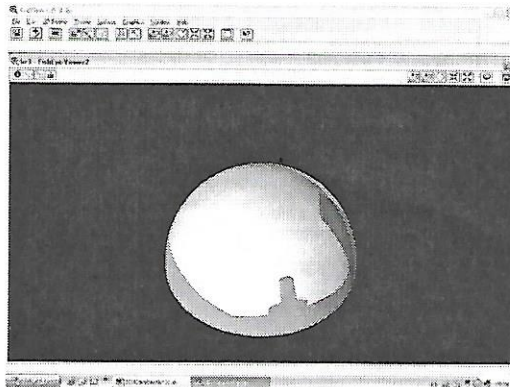


Figura 8 – Reflexão da cena em um hemisfério.

Tabela 1 – Tabela de Resultados para Valor do Fator de Visão do Céu

Conclusão

As sub-rotinas sugeridas reforçam o potencial dos SIG como ferramenta auxiliar na análise do conforto térmico urbano. No caso da extensão 3DSkyView desenvolvida, destaca-se o delineamento automático dos limites entre o céu visível e as obstruções, até então só possível manualmente ou através de processamento de fotografias digitais. Esta é uma das grandes vantagens da sub-rotina. Comparada ao método manual, este delineamento confere um resultado de maior precisão e, conseqüentemente, estimativa de valores para FVC mais confiáveis. Além disso, sua capacidade de gerar projeções estereográfica e ortográfica permite futura sobreposição com diagramas de trajetórias solares e gráficos de iluminação também associados a um SIG.

Ainda, didaticamente a 3DSkyView serve como ferramenta que permite melhor compreensão da geometria urbana através da criação da cena em 3D. Por muitas vezes

é possível verificar, entre os alunos de Arquitetura, a dificuldade de visualização da representação estereográfica ou ortográfica em 2D, sendo, no entanto, um elemento imprescindível para a aprendizagem do comportamento térmico urbano.

Referências Bibliográficas

BÄRRING, I.; MATTSSON, J.O.; LINDQVIST, S. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. **Journal of Climatology**, (5):433-444, 1985.

JOHNSON, G.T.; WATSON, I.D. The determination of view-factors in urban canyons. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, (23):329-335, 1984.

OKE, T.R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, 1(1-4):237-254, 1981.

OKE, T.R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**, 11(1-3):103-113, 1988.

SOUZA, L.C.L. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre**. São Carlos, 1996. 125p. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo.

SOUZA, L.C.L; RODRIGUES, D. S; MENDES, J.F.G. A 3D-GIS extension for sky view factors assessment in urban environment. In: **Proc. of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, Sendai, 27-29 May, 2003: Japan.

STEYN, D.G. The calculation of view factors from fisheye-lens photographs. **Atmosphere-Ocean**, 18(3):254-258, 1980.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP, no Brasil e ICCTI, em Portugal, pelo apoio concedido para esta pesquisa.

