

Potencial Solar do Espaço Público Urbano

Catarina Rodrigo^(a), Jorge Rocha^(b), Killian Lobato^(c), José António Tenedório^(d)

^(a) Centro de Estudos Geográficos (CEG), Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT), Universidade de Lisboa, crodrigo@campus.ul.pt

^(b) Centro de Estudos Geográficos (CEG), Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT), Universidade de Lisboa, jorge.rocha@campus.ul.pt

^(c) Departamento de Engenharia Geográfica Geofísica e Energia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, klobato@fc.ul.pt

^(d) Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional (e-GEO), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH), Universidade Nova de Lisboa, ja.tenedorio@fcs.unl.pt

Resumo

A energia tem um papel central na nossa vida e sobretudo nas economias dos países. Nas últimas décadas tem-se assistido a um aumento do consumo de energia muito devido à contínua expansão urbana. Esse aumento de consumo tem originado um impacto negativo sobre o ambiente, levando a uma procura por soluções energéticas alternativas que visem o equilíbrio entre a viabilidade económica e o abastecimento energético sobretudo nas áreas urbanas, como o caso da energia solar. No entanto para que seja possível promover o uso da energia solar em ambiente urbano é necessário, em primeiro lugar, conhecer as características e a distribuição geográfica das melhores localizações para se implementar sistemas solares. Neste contexto, o presente trabalho tem como objectivo criar um modelo solar que permita caracterizar, estimar e quantificar o potencial solar dos espaços públicos. Este modelo será testado numa área teste no concelho de Lisboa recorrendo aos Sistemas de Informação Geográfica.

Palavras chave: Parametrização; Modelação; Potencial Solar; Espaço Público

1. Introdução

A energia solar é das que possui menor impacto negativo no ambiente, fazendo dela a melhor das energias renováveis (Solangi *et al.*, 2011). Como tal, têm vindo a ser desenvolvidos modelos solares que permitem estimar a radiação solar dando acesso ao potencial solar das cidades através de um mapa solar, mapa esse que constitui uma valiosa ferramenta analítica que permite quantificar as capacidades locais para a produção de energia e usar esses resultados para a elaboração e implementação de estratégias de energia de planeamento urbano, como por exemplo sistemas fotovoltaicos descentralizados ou seja sistemas solares fotovoltaicos inseridos no edificado ou nos espaços livres envolventes, sempre em consonância com as metas e os objectivos de desenvolvimento sustentável.

A irradiação solar (energia solar) depende de variáveis como a localização geográfica, a época do ano, a hora do dia, poluição, sombreamentos, entre outras variáveis. A potência da radiação solar é normalmente apresentada com unidades de potência por unidade de área W/m^2 ou kW/m^2 . Quando falamos de energia solar, as unidades são energia por unidade de área, usando-se normalmente kWh/m^2 .

Tendo em conta as variáveis descritas, para que a integração no “mercado” das energias renováveis seja bem-sucedida esta está dependente da estimativa do potencial solar, do potencial de implementação e da viabilidade

económica. Assim, o conhecimento da quantidade de radiação solar de um determinado lugar, possibilita a avaliação do potencial solar e permitirá um “mapeamento” da energia disponível nesse local.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objectivo geral criar um modelo de irradiação solar que permita estimar a radiação solar directa. É realizado um teste na área geográfica da Alta de Lisboa.

Esta área prefigura diferentes morfologias urbanas, capazes de influenciar de forma diferenciada a radiação incidente sobre a superfície. É dada ainda especial importância aos espaços públicos existentes, sejam de uso livre ou não, como potenciais espaços de implementação de estruturas de aproveitamento de energia solar descentralizadas; considera-se que estes representam um activo muito importante e ainda por explorar. Pretende-se, assim, elaborar um modelo solar bem parametrizado, para futuros estudos de radiação solar fornecendo uma informação detalhada sobre a disponibilidade dos recursos energéticos em espaços públicos.

2. Metodologia

A metodologia adoptada divide-se em duas fases. A primeira fase foi a calibração (parametrização e teste) do modelo de irradiação solar bem como a escolha do método a utilizar, uma vez que nas últimas décadas têm sido desenvolvidos diversos modelos, e.g. SolarFlux, Solei-32; SRAD; r.sun. Para este estudo, o modelo escolhido foi o *Solar Analyst* (Fu & Rich, 2000) inserido na extensão solar do *ArcGIS* 10.2.

A segunda fase, assenta na ideia de que existem diversos parâmetros que influenciam a quantidade de energia solar incidente na superfície terrestre, entre eles o céu visível (resolução), as direcções de cálculo, as divisões zenitais, as divisões azimutais, a proporção de energia difusa e a transmissividade. A forma como estes parâmetros influenciam o modelo final de cálculo ainda está pouco estudada. Neste contexto, pretendeu-se estudar as implicações da variação conjugada de 2 destes parâmetros no cálculo da radiação solar. Para o efeito recorreu-se a uma área teste localizada no concelho de Lisboa, mais precisamente na Alta de Lisboa.

2.1. Preparação da área de teste

A execução do cálculo da radiação solar incidente necessita de um modelo digital de superfície (MDS) como variável de entrada e da parametrização de valores de calibração. A conjugação de diferentes dados geográficos (Tabela I) possibilitou a criação de um MDS corrigido que permite identificar os edifícios com maior probabilidade de influenciar os cálculos, i.e. maior capacidade de intersectar a radiação, impedindo que esta incida sobre o espaço público.

Tabela I – Dados de Base e Derivados

Dados Base	Modelo/Estrutura	Escala/Resolução	Fonte	Dados Derivados	
Pontos Cotados	Pontos (Vectorial)	1:5000	CML	Modelo Digital de Elevação (matricial – célula de 1 metro)	Modelo Digital de Superfície (MDS) Corrigido
Curvas de Nível	Linhas (Vectorial)	1:5000	CML		
Edificado	Polígono (vectorial)	1:5000	CML	Modelo 3D do Edificado (matricial – célula de 1 metro)	
MDS	Quadricula Matricial	Pixel 1metro	Lidar		

2.2. Cálculo da radiação solar

Após a elaboração do MDS corrigido passou-se ao cálculo da radiação solar. O modelo escolhido, como já referido, foi o *Solar Analyst*. Este modelo espacial de radiação solar calcula mapas de insolação a partir de MDS, no qual algoritmos otimizados representam as influências do *Skysize* (abertura do céu ou céu visível), orientação da superfície, altitude e condições atmosféricas sendo categorizado em dois métodos: i) radiação solar em pontos; ii) radiação solar em área.

Sendo que método de radiação solar em pontos permite calcular a quantidade de irradiação solar num determinado local, i.e. permite calcular os valores de irradiação solar para um ficheiro de pontos tendo em consideração a orientação da superfície e o céu visível (*Skysize*). Por sua vez, o método de radiação solar em área é utilizado para calcular a irradiação incidente numa determinada área, sendo que este tem em conta não só a orientação da superfície mas também as sombras originadas pelo MDS (Fu & Rich, 2000). Para o presente trabalho, tendo em conta os objectivos propostos, adoptou-se o método de radiação solar em área, pois permite gerar outputs de radiação global, radiação directa, radiação difusa, e duração directa da radiação para um período específico de tempo.

Como o objectivo final é o de identificar os espaços públicos com maior potencial de aproveitamento da radiação solar, optou-se por trabalhar apenas com os outputs da radiação directa para o dia mais curto do ano (21 de Dezembro, i.e. 355 em dias Julianos). Os valores de radiação solar são, como é lógico, influenciados pela localização exacta do Sol, definida pela sua altitude e azimute. Por convenção, o azimute de 0° ($\alpha=0^\circ$) identifica o Sul, os ângulos orientados a Este e a Oeste correspondem respectivamente ao $\alpha=-90^\circ$ e $\alpha=90^\circ$. A altura solar varia entre 0° (horizontal) e 90° (zénite). A inclinação do eixo da Terra relativamente ao plano definido pela Terra e o Sol origina a que os dias de Verão tenham mais horas de radiação solar que os de Inverno, e que a altura solar média seja mais elevada nos meses de Verão do que no Inverno. Assim, garantimos que se está a modelar o pior cenário possível.

Quanto à radiação directa, esta é calculada, para cada local (célula) da área de estudo que não esteja completamente obstruída, com base na fração de abertura, posição do sol, atenuação atmosférica e no terreno. O *Solar Analyst*, utiliza um modelo simples de transmissão de radiação (Monteith & Unsworth, 1990), que recorre a uma constante solar e a efeitos atmosféricos com base na transmissividade e profundidade das massas de ar.

A radiação direta total (R_D) para um determinado local é a soma da radiação directa ($R_{DS(\theta,\alpha)}$) proveniente de todos os sectores do mapa solar:

$$R_D = \sum R_{D(\theta,\alpha)} \quad (1)$$

Onde ($R_{DS(\theta,\alpha)}$) é a radiação solar direta em cada sector do mapa solar, (θ) o ângulo Zenital e (α) o ângulo azimutal.

3. Análise de resultados

A complexidade do algoritmo de cálculo da radiação directa, leva a que por vezes a sua aplicação seja inexequível. Deste modo, apesar de teoricamente, quanto melhor for a resolução adoptada melhores serão os resultados obtidos, podem ocorrer casos em que o *software* não responde convenientemente às solicitações do utilizador. Assim, o primeiro passo consistiu em correr o algoritmo, mantendo todos os parâmetros fixos, com a excepção de dois: a direcção e o *sky size*. Fez-se variar a direcção entre 16 e 360° e o *sky size* entre 200 e 4000.

Da relação entre a variação dos dois parâmetros e o tempo de processamento (Figura 1) resultou que a direcção praticamente não tem influência no tempo de processamento, enquanto o aumento do *sky size* o faz aumentar em muito (13min para uma resolução de 200 e 7h58min para uma resolução de 4000).

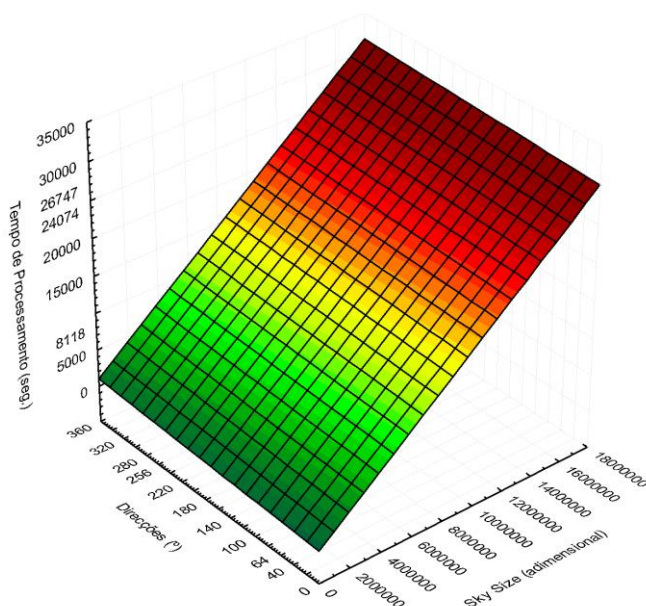


Figura 1 – Relação ente o tempo de processamento e os parâmetros de direcção e *sky size*

Considerando as quase 8 horas de processamento como aceitáveis, optou-se por fixar a resolução de *sky size* de 4000 (máximo permitido pelo software) como referência, valor que nos permite obter os melhores resultados. Já quanto aos valores da direcção, a sua influência na qualidade dos dados modelados não se encontra estudada. Este facto, associado à constatação de que a sua influência no tempo de processamento é mínima, levou-nos a testar vários valores deste parâmetro (16, 64, 256 e 360), sempre com uma resolução de 4000.

Depois de concluídos os cálculos para os diferentes valores de direcção foi necessário somar os valores diários apurados, já que estes foram criados com um intervalo de 30 min (19 *layers* correspondentes às horas de sol). Para aquilatar qual o melhor resultado fez-se a comparação de cada um dos modelos com o modelo teoricamente de maior potencial, i.e. maior resolução (360°). Esta comparação foi realizada par-a-par através da expressão:

$$\frac{M_{360} - M_x}{M_{360} + M_x} \quad (2)$$

Onde M_{360} é o modelo feito para os 360° e M_x o modelo em avaliação.

Na Figura 2 pode-se observar que à medida que diminui o valor da direcção os valores modelados são mais grosseiros e as transições mais abruptas. Na comparação par-a-par, verifica-se que os valores mais baixos dão azo a uma subestimação da radiação recebida, principalmente das áreas em torno dos edifícios.

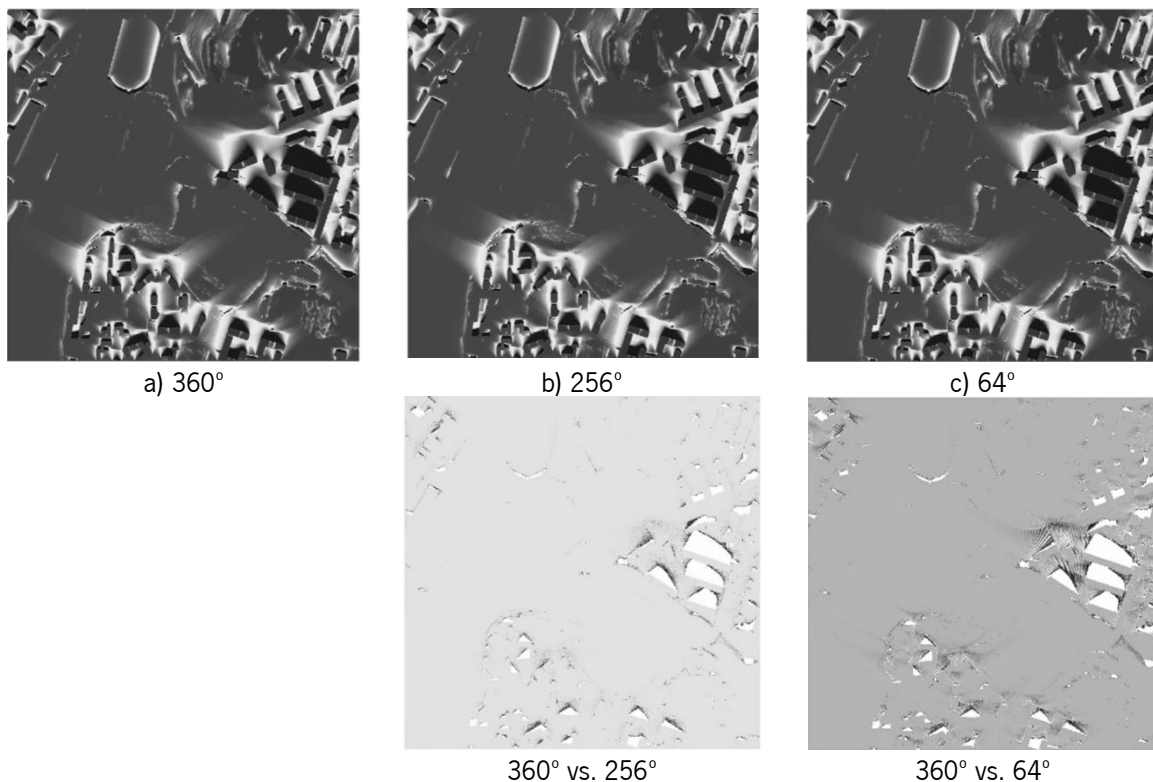


Figura 2 – Comparação de modelos de radiação solar com diferentes direcções

4. Conclusões

Apesar deste trabalho ainda se encontrar numa fase embrionária, já foi possível estabelecer que os melhores parâmetros de modelação da radiação solar são uma direcção de 360° e uma resolução de céu de 4000. Considerando a área de estudo de 1,44 km², esta demora cerca de 8 horas a ser processada. Como temos uma matriz de 1201 linhas x 1201 colunas (píxel de 1 metro), isto traduz-se num tempo de processamento de 0,02 seg/píxel. O seguimento do trabalho irá centrar-se na avaliação da radiação solar a diferentes alturas do solo, para averiguar qual a dimensão óptima dos equipamentos de captação e na validação dos dados através de comparação com três novas áreas de teste. Estas novas áreas foram escolhidas por representarem áreas geográficas da cidade de Lisboa diversificadas do ponto de vista da sua morfologia.

5. Bibliografia

Fu, P., Rich, P.M., (1999). Design and implementation of the solar analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. In: Proceedings of IX Annual ESRI User Conference.

Monteith, J.L. & Unsworth, M.H. (1990). *Principles of environmental physics*. 2 ed. London: Edward Arnold.

Solangi, K.H., Islam, M.R., Saidur, R., Rahim, N. A., & Fayaz, H. (2011). A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2149-2163.