



ID 716: PROTOCOLO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE DE LISBOA, PORTUGAL⁹⁷

Bárbara SILVA¹; Caio SILVA²; Teresa SANTOS³

¹Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília; barbaragomesarq@aluno.unb.br

²Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília; caiofreds@gmail.com

³CICS.NOVA, FCSH/NOVA; teresasantos@fcs.unl.pt

RESUMO: As mudanças climáticas impoem às cidades a necessidade de buscas por estratégias mitigadoras e adaptativas. Uma forma de compreensão do clima é a utilização de tecnologias que decodificam a natureza urbana, como os programas de simulação computacional que fazem o uso de arquivos climáticos, muitas vezes disponíveis em bancos de dados. Dentre diversas metodologias computacionais, o programa ENVI-met 4.3.2, desenvolvido pelo Departamento de Geografia da Universidade de Bochum na Alemanha, apresenta-se como um software de modelagem tridimensional do microclima urbano que requer dados climáticos locais para o desenvolvimento das simulações computacionais. Cria-se um modelo tridimensional da área estudada e consideram-se os parâmetros climáticos, vegetação, superfícies e estruturas para compreensão e quantificação de suas interações, baseando-se na dinâmica dos fluidos e da termodinâmica. Contudo, a falta de arquivos climáticos que suportem simulações computacionais na área de clima urbano dá margem a erros de metodologia e resultados. O objetivo do estudo é apresentar um protocolo de simulação no programa ENVI-met 4.3.2 para o clima da cidade de Lisboa, Portugal. Assim, são estabelecidos dois arquivos climáticos criados a partir de dados fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera e pela Universidade de Wyoming nos Estados Unidos, para simulações que ocorram na cidade de Lisboa, Portugal. Percebe-se a necessidade de avaliar a sazonalidade dos climas não só de Lisboa, mas de toda e qualquer cidade em que se deseja utilizar como método de pesquisa a simulação computacional, para elaboração de arquivos climáticos mais específicos que fomentem a criação de um banco de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação computacional; ENVI-met; microclima urbano; mudança climática; arquivo climático

⁹⁷ Os autores agradecem ao CNPq pela ajuda de custo.



1. INTRODUÇÃO

A simulação microclimática pode ser empregada como um método de pesquisa para a compreensão dos fenômenos relacionados ao clima urbano e avaliar as estratégias de mitigação e adaptação antes de sua implementação. Esse recurso tem sido amplamente aplicado em trabalhos e pesquisas pela facilidade do emprego em situações tanto reais quanto hipotéticas.

A qualidade do ambiente físico influencia significativamente as atividades externas, que são classificadas em: necessárias, opcionais e sociais. As “atividades necessárias” independem das condições do ambiente e estão relacionadas com o cotidiano das pessoas, que precisam usar o espaço público como trajetória obrigatória para o trabalho, a escola, entre outras; as “atividades opcionais” são influenciadas pelas condições de tempo e pelas características físicas do local e dependem das escolhas dos participantes; já as “atividades sociais”, também denominadas de “resultantes”, são consequência da presença de pessoas no espaço público. Em espaços públicos de baixa qualidade as atividades são reduzidas, em contrapartida, a alta qualidade espacial atrai usuários e favorece uma maior variedade de atividades, especialmente as “opcionais”.

Uma cidade pode ser qualificada pela característica dos seus espaços urbanos. Suas formas e intensidades são definidas a partir das condições que esse espaço proporciona para a ocorrência de vida urbana, qualificando-o como uma potência ambiental e funcional à estrutura da cidade. Desse modo, o urbanismo deve atender as necessidades humanas proporcionando mecanismos, como o conforto ambiental, para que os usuários desenvolvam atividades que sustentem a vida dos espaços livres.

O modelo ENVI-met foi desenvolvido pelo pesquisador Michael Bruse da Universidade de Mainz e seu time. Atualmente está na versão 4.3.2 e possui uma versão gratuita (basic) para aplicações não comerciais, além da versão profissional e científica. O seu prognóstico é baseado nas leis da termodinâmica e dinâmica dos fluidos promovendo simulações das interações entre o edifício isolado, superfícies e vegetação.

O modelo gerado pelo ENVI-met consiste em perfis verticais de diferentes parâmetros meteorológicos até uma altura de 2500 metros (aproximadamente a altura da camada limite planetária) e um núcleo tridimensional que inclui dados de atmosfera, solo, vegetação e construções. Uma área chamada "nesting" envolve esse núcleo e sua finalidade é criar condições estáveis de contorno.



Tsoka, Tsikaloudaki e Theodosiou (2018) afirmam que o modelo computacional ENVI-met é uma ferramenta muito útil para análise urbana climática pois permite a inserção de dados climáticos locais. Neste sentido, a criação do arquivo climático representativo para o clima da cidade onde o estudo está sendo realizado é o grande desafio dos pesquisadores que trabalham com o modelo do ENVI-met. A limitação do modelo está no fato dele utilizar um arquivo climático baseado em um dia típico, ou dia representativo do clima. A elaboração do arquivo climático do dia típico requer conhecimento profundo sobre o clima da cidade, pois a escolha dos parâmetros climáticos deve ser feita a partir de pesquisas em diversas fontes oficiais de dados meteorológicos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é apresentar um protocolo de simulação no programa ENVI-met 4.3.2 para o clima da cidade de Lisboa, Portugal, em dias típicos de dois meses do ano, sendo um no verão e um no inverno.

3. MÉTODO

Este trabalho teve como base a pesquisa desenvolvida por Santos et. al (2018) que verifica as variações de temperatura do ar e humidade relativa do ar de uma área localizada na Avenida Almirante Reis em Lisboa, Portugal, considerando a situação em que a área está e o planejamento inicial, sendo a primeira com pavimentação entre os edifícios e a segunda com presença de vegetação. Em um primeiro momento modela-se a área dos dois cenários distintos: o cenário atual, denominado Courtyard Scenario, e o cenário original, Green Courtyard Scenario. Num segundo momento, desenvolvem-se os arquivos climáticos dessas áreas em duas épocas do ano: verão e inverno. Sendo assim, o método divide-se em dois momentos principais: pesquisa dos dados oficiais de clima e elaboração do arquivo climático.

O exercício da aplicação dos arquivos climáticos foi feita em outro artigo do XVI Colóquio Ibérico. Trata-se do artigo intitulado: Novos Usos Sustentáveis Dos Logradouros (Santos, Silva, Gomes e Ramalhete, 2018).

Para a criação do arquivo climático, no qual está denominado neste artigo de “Protocolo de Simulação”, utilizou-se o campo SPACES e CONFIGWIZARD do ENVI-met, onde o usuário deve preencher obrigatoriamente o campo *Meteorology: Basic settings e Simple forcing*.



3.1. MODELAÇÃO

As áreas definidas para modelação devem basear-se na versão disponível do programa. A aba *SPACES* é utilizada na primeira etapa, onde modelam-se os edifícios, vegetação e pavimentação. Para a modelação dos edifícios, utilizam-se valores de alturas obtidas por meio do programa ArcGIS 10.6. Em seguida adiciona-se a vegetação, sendo que neste estudo inserimos apenas duas tipologias: árvores densas de 10 metros e grama. Na última etapa da modelação insere-se o tipo de solo que mais se aproxima à área real: pavement, para calçadas; asphalt, para asfaltos; default, para áreas vegetadas; e loammy soil, para áreas edificadas.

3.2. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Antes de iniciar a simulação, deve-se utilizar o arquivo climático considerando as informações climáticas da cidade em que se localiza a área ou da cidade mais próxima onde exista estação meteorológica, em caso de cidades em que os dados não estejam disponíveis. Os dados climáticos utilizados nesse estudo foram obtidos por meio do Instituto Português do Mar e da Atmosfera e na Universidade de Wyoming nos Estados Unidos. São eles:

- temperatura do ar;
- humidade relativa do ar médias;
- velocidade do vento a 10 metros de altura;
- direção do vento;
- humidade específica a 2500 metros.

Todos os dados utilizados são referentes aos meses de agosto e janeiro, inverno e verão, respectivamente e a partir deles criam-se dois arquivos climáticos: Lisboa_Verão e Lisboa_Inverno. Os arquivos climáticos são individuais e não podem ser reutilizados em simulações de outras áreas, sendo assim deve-se sempre configurar um novo arquivo climático, mesmo que a nova área encontre-se na mesma cidade, diferindo-se de outros softwares de simulação que possuem os arquivos climáticos de cidades disponíveis para download e são padronizados.

4. RESULTADOS

A criação do arquivo climático é requisito para o desenvolvimento de simulações climáticas no programa ENVI-met. A fonte dos dados meteorológicos deve ser confiável para garantir a



qualidade da pesquisa desenvolvida. Neste sentido, o resultado desta pesquisa é a elaboração do protocolo de inserção de dados climáticos. No presente estudo utilizam-se os dados climáticos para a cidade de Lisboa, Portugal, para o verão e o inverno conforme Figura I e II, respectivamente. Os dados são inseridos na aba CONFIGWIZARD – Metereology: Basic settings – Initial meteorological conditions e foram coletados nas seguintes fontes:

- Wind speed measured in 10 m height (m/s) e Wind direction (deg): Portal Instituto Português do Mar e da Atmosfera;
- Roughness length at measurement site: valor default do ENVI-met 4.3.2;
- Specific humidity at model top (2500 m, g/kg): Portal Universidade de Wyoming nos Estados Unidos.

Initial meteorological conditions	
Wind uvw	
Wind speed measured in 10 m height (m/s):	3,9
Wind direction (deg):	0 (0= from North... 180= from South...)
Roughness length at measurement site:	0.01
Temperature T	
Initial temperature of atmosphere (°C):	23.00 (Calculated when forcing is used)
Humidity q	
Specific humidity at model top (2500 m, g/kg):	3,48
Relative humidity in 2m (%):	50 (Ignored when forcing is used)

Figura 253 Basic settings para o verão de Lisboa, Portugal | Fonte: Imagem exportada do ENVI-met 4.3.2

Initial meteorological conditions	
Wind uvw	
Wind speed measured in 10 m height (m/s):	2,91
Wind direction (deg):	315 (0= from North... 180= from South...)
Roughness length at measurement site:	0.01
Temperature T	
Initial temperature of atmosphere (°C):	10.50 (Calculated when forcing is used)
Humidity q	
Specific humidity at model top (2500 m, g/kg):	1,21
Relative humidity in 2m (%):	50 (Ignored when forcing is used)

Figura 254 Basic settings para o inverno de Lisboa, Portugal | Fonte: Imagem exportada do ENVI-met 4.3.2



Os dados de Initial temperature of atmosphere (°C) e Relative humidity in 2m (%) foram obtidos por meio do Portal Instituto Português do Mar e da Atmosfera, porém são inseridos da aba Metereology: Simple Forcing conforme figura III e IV para o verão e o inverno, respectivamente. Quando habilitado, o simple forcing automaticamente inabilita as opções de temperatura (Temperature T) e humidade (Humidity q) presente no Basic settings, sendo assim a simulação torna-se mais precisa, já que o Simple forcing possui a função de forçar o que seria a variação de temperatura diária do clima da área de estudo, ao invés de considerar um valor médio fixo de temperatura e humidade.

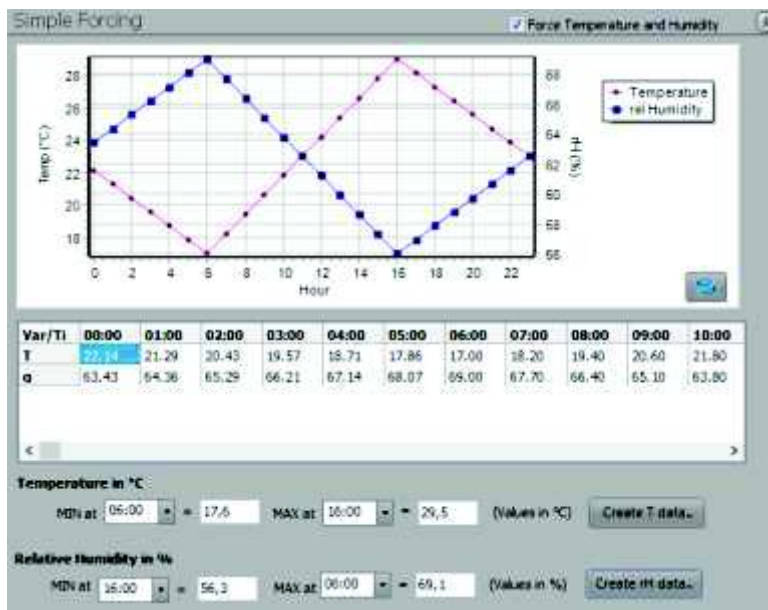


Figura 255 Simple forcing para o verão de Lisboa, Portugal | Fonte: Imagem exportada do ENVI-met 4.3.2

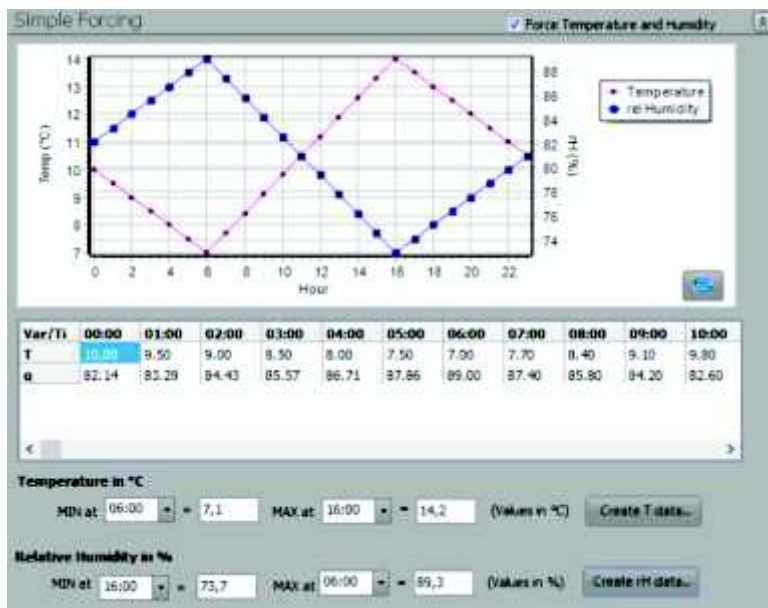


Figura 256 Simple forcing para o inverno de Lisboa, Portugal | Fonte: Imagem exportada do ENVI-met 4.3.2



Nos demais menus de configuração do arquivo climático, consideram-se os valores de default. O arquivo criado será uma extensão SIM e deverá ser utilizado para dar-se início à simulação computacional do microclima desejado.

5. DISCUSSÃO

A partir da criação do protocolo, é possível definir dois períodos típicos de modo a caracterizar o clima da cidade de Lisboa representados nos meses de Janeiro e Agosto; um mês simbolizando o período frio e o outro mês, o período quente, respectivamente. Dessa forma, são apresentados os dois arquivos climáticos da cidade. Os dados mínimos necessários para a elaboração do arquivo climático são: velocidade do vento (10m); direção do vento (Orientação); rugosidade do solo (estação): utiliza-se o default; temperatura do ar (2m); umidade atmosférica (2.500m) e umidade relativa (2m). A fonte para a obtenção dos arquivos climáticos para o modelo ENVI-met foram as médias mensais das normais climatológicas, publicadas nos portais do Instituto Português do Mar e da Atmosfera e da Universidade de Wyoming nos Estados Unidos. Os dados utilizados são originais de banco de dados climáticos de alta precisão e confiabilidade. Neste sentido, os arquivos climáticos elaborados nesta pesquisa podem ser utilizados em softwares que analisam o microclima urbano da cidade de Lisboa, conforme discutido também por Santos e Gonçalves (2015) e Santos, Silva, Gomes e Ramalhete (2018).

6. CONCLUSÃO

Sabe-se que a falta de arquivos climáticos que suportem simulações computacionais na área de clima urbano dão margem a erros de metodologia e resultados. Assim, foram estabelecidos dois arquivos climáticos criados a partir de dados fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera e pela Universidade de Wyoming nos Estados Unidos, para simulações que ocorram na cidade de Lisboa, Portugal. Percebe-se a necessidade de avaliar a sazonalidade dos climas não só de Lisboa, mas de toda e qualquer cidade em que deseja-se utilizar como método de pesquisa a simulação computacional, para elaboração de arquivos climáticos mais específicos e padronizados para determinadas cidades que fomentem a criação de um banco de dados.

Uma limitação da criação do arquivo climático (CONFIGWIZARD) no âmbito do programa ENVI-met é que os arquivos climáticos são individuais e não podem ser reutilizados em simulações de outras áreas, uma vez que carregam a área modelada junto do arquivo. Cada simulação requer a criação de um novo arquivo climático, o que abre margem para erros no momento da inserção dos dados pelo usuário.

Recomenda-se como trabalhos futuros a análise dos arquivos climáticos de Lisboa em áreas da cidade que possam ter o monitoramento por termômetros, a fim de validar os dados dos arquivos climáticos do ENVI-met.

Além disso, é importante lembrar que o usuário deve sempre alertar-se para a pasta onde ficam salvos os resultados da simulação. Lá existe uma pasta chamada *atmosphere* com os arquivos gerados por meio da simulação dos dados climáticos de saída por horário. Esse arquivo deverá ser inserido no plugin *Leonardo* para extração de mapas com dados para análise que podem ser exportados em formatos de imagem e utilizados como dados comparativos em diferentes cenários.

7. BIBLIOGRAFIA

Bruse, M.; Brazel, A.J.; Crewe, K.; Ozkeresteci, I. (2013). Use and Evaluation of the Envi-met Model for Environmental Design and Planning: An Experiment on Linear Parks. 21^o International Cartographic Conference. Durban, Africa do Sul. pp. 402-409.

Herath, H. M. P. I. K.; Halwatura, R. U.; Jayasinghe, G. Y. (2018). Evaluation of green infrastructure effects on tropical Sri Lankan urban context as an urban heat island adaptation strategy. *Urban Forestry and Urban Greening* 29, 212-222.

Santos, T.; Silva, Caio; Tenedório, J. A. (2017) Modelling Urban Thermal Comfort: Evaluating the Impact of the Urban Requalification Project of Praça Duque de Saldanha and Avenida Da República in Lisbon. 3^o International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management. Lisboa, Portugal. pp. 70-80.

Santos, T.; Silva, C.; Gomes, B.; Ramalhete, F. (2018) Novos usos sustentáveis dos logradouros. XVI Colóquio Ibérico de Geografia. Lisboa, Portugal.

Tsoka, S.; Tsikaloudaki, A.; Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications-a review. *Sustainable Cities and Society*.