

## AValiação DA INTERFERÊNCIA DA COBERTURA ARBÓREA NO DESEMPENHO TÉRMICO POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Léa Y. Dobbert (1); Alessandra R. Prata-Shimomura (2); Flávio H. Mendes (3); Demóstenes F. da Silva Filho (4)

- (1) Arquiteta, PhD pelo Departamento de Recursos Florestais da Escola Superior “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, [leadobbert@gmail.com](mailto:leadobbert@gmail.com)
- (2) PhD, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, [arprata.shimo@gmail.com](mailto:arprata.shimo@gmail.com)
- (3) Engenheiro Florestal, Mestrando em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, [friquemendes@usp.br](mailto:friquemendes@usp.br)
- (4) PhD, Professor do Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, [dfilho@usp.br](mailto:dfilho@usp.br)

Universidade de São Paulo-ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Métodos Quantitativos, Av. Pádua Dias, 11, Cx Postal 9, Piracicaba, CEP.: 13418-900, Tel.: (19) 2105-8676

### RESUMO

A cobertura arbórea pode melhorar de forma significativa a qualidade dos ambientes urbanos, interferindo de forma positiva no conforto térmico humano. O objetivo desta pesquisa foi verificar a influência da cobertura arbórea na temperatura do ar e analisar as variações microclimáticas à sombra e a pleno sol, por meio de simulações computacionais realizadas com a utilização do modelo micro meteorológico ENVI-met versão 3.1. A área de estudo situa-se no centro da cidade de Campinas, estado de São Paulo, Brasil. Verificou-se que a variável climática temperatura do ar foi alterada devido ao acréscimo de 20% de árvores. Outro ponto importante foi a comparação de dados climáticos obtidos ao Sol e à sombra na qual, para este trabalho, recomenda-se observar os dados ao Sol, visto que a estação meteorológica instalada alocou-se neste local. Este modelo de simulação pode ser usado para analisar diversos parâmetros em ambientes urbanos, como tipos de pavimento, diferentes tipologias urbanas e cobertura arbórea e seus efeitos (evapotranspiração e atenuação da radiação solar). Indica-se este modelo computacional como uma importante ferramenta para arquitetos e urbanistas à medida que permite estabelecer metas específicas para melhorar a qualidade do desenho urbano.

Palavras-chave: cobertura arbórea, ENVI-met®, simulação computacional, temperatura do ar.

### ABSTRACT

#### ABSTRACT

Tree canopy cover can have a positive influence on the quality of urban environments by improving the human thermal comfort. The aim of this study was to investigate the interference of tree canopy cover on air temperature and to analyze the microclimate variations. The computer simulations were made under the shade and full sun in Campinas city downtown, São Paulo state, Brazil, using the micrometeorological model ENVI-met 3.1 version. It was found that the climatic variables were changed due to the increase of 20% of trees. Another important point was the comparison of climatic data obtained under the Sun and shade. On this research, we recommend to use the data observed under the Sun, since the meteorological station was on this place. This simulation model can be used to analyze several parameters in urban environments, such as pavements, different urban typology, tree canopy cover and its effects (e.g. evaporation and attenuation of solar radiation). The study pointed out that this computational model is an important tool for architects and urban planners since it allows establishing specific targets for the improvement of quality of urban design.

Keywords: tree canopy cover, ENVI-met®, computer simulation, air temperature.

## INTRODUÇÃO

O ambiente urbano interfere significativamente na qualidade de vida das pessoas, dependendo de seus elementos ambientais, como a qualidade do ar, níveis de ruído, condições climáticas, disponibilidade de espaços verdes entre outros fatores. Os efeitos do desenho urbano geram climas específicos em diferentes áreas devido às alterações decorrentes da presença de edifícios e de vegetação, como observam Shashua-Bar et al. (2010). Alguns impactos causados pela urbanização como a impermeabilização do solo e a redução drástica da vegetação original, aumentam a temperatura do ar, interferindo de forma direta no conforto térmico humano.

O calor antropogênico muda a temperatura do ar e aumenta as ilhas de calor, cujos efeitos sobre o meio ambiente podem afetar o balanço de energia e a saúde humana (OLGYAY, 1998). Vários autores destacam a importância da vegetação para mitigar os efeitos das ilhas de calor (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000; DIMUND; NIKOLOPOULOU, 2003; NIKOLOPOULOU; LYKLOUDIS, 2006; NOWAK, 2010, LOMBARDO, 1985). A influência de árvores isoladas (BUENO-BARTHOLOMEI; LABAKI, 2003) e árvores agrupadas (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000; STREILING; MATZARAKIS, 2003, DOBBERT et al., 2014), em diferentes cenários urbanos, confirmam os efeitos positivos da vegetação no microclima em razão da redução da temperatura do ar. Dentro deste contexto, o paisagismo apresenta-se como importante ferramenta para promover a qualidade do desenho urbano. Ao satisfazer as necessidades humanas trazendo um pouco de seu ambiente natural, proporciona maior bem-estar aos seus habitantes (MAGALHÃES, 2001).

Além disso, as árvores no ambiente urbano têm um papel importante, na medida em que melhoram o escoamento superficial e reduzem a poluição do ar e uso de energia (MCPHERSON et al., 2011, NOWAK et al., 1996).

Este estudo destaca a importância do uso de programas de simulação computacional, por possibilitarem a criação de diferentes cenários, alterando a forma urbana, a fim de verificar a interferência da vegetação na qualidade ambiental, visando melhor qualidade de vida a seus habitantes.

Projetos paisagísticos devem observar diversos fatores que interferem no conforto térmico do usuário, levando em conta os aspectos físicos do local. Em ruas estreitas e adensadas com altos edifícios, como observaram Gómez et al. (2013), as árvores podem provocar efeitos contrários, causando um efeito de estufa ao impedir a passagem das brisas. De igual modo, Amorim et al. (2013) relatam a influência dos ventos na dispersão de poluentes, baseados na orientação da rua, onde, dependendo da maneira que se encontram dispostas, as árvores tornam-se obstáculos ao vento. É necessário, portanto, avaliar o local adequado para o plantio de árvores, bem como avaliar as espécies e portes mais adequados para alcançar o efeito desejado.

Os espaços livres urbanos devem ser planejados a fim de proporcionar conforto e bem estar aos seus usuários, reforçando a relevância de investigações empíricas relacionadas ao conforto térmico nas cidades. A simulação computacional utilizada no presente estudo investiga a relação entre porcentagem de área verde e a temperatura do ar destacando a importância da abundância e distribuição a ser inserida no ambiente urbano, possibilitando assim estabelecer diretrizes e metas específicas para projetar e planejar de forma eficiente os espaços verdes (DOBBERT, 2015).

## 2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi verificar a influência da cobertura arbórea na temperatura do ar e analisar as variações microclimáticas à sombra e a pleno sol, por meio de simulações computacionais realizadas com a utilização do modelo ENVI-met v. 3.1, em uma praça da cidade de Campinas/SP/Brasil.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Descrição da área de estudo.
2. Uso do modelo computacional ENVI-met v.3.1.
3. Análise dos resultados das simulações computacionais

### 3.1. Descrição da área de estudo

A cidade de Campinas localizada no estado de São Paulo, Brasil, possui latitude leste a 22°53'20" e longitude sul a 47°04'40", com altitude de 689 m, perfazendo uma área de 796.4 km<sup>2</sup>, com população aproximada de 1.091.946 de habitantes, de acordo com os dados da SEMA/Campinas (CAMPINAS, 2011). O Largo do Rosário, objeto deste estudo, encontra-se situado na região central cidade de Campinas (Figura 1).

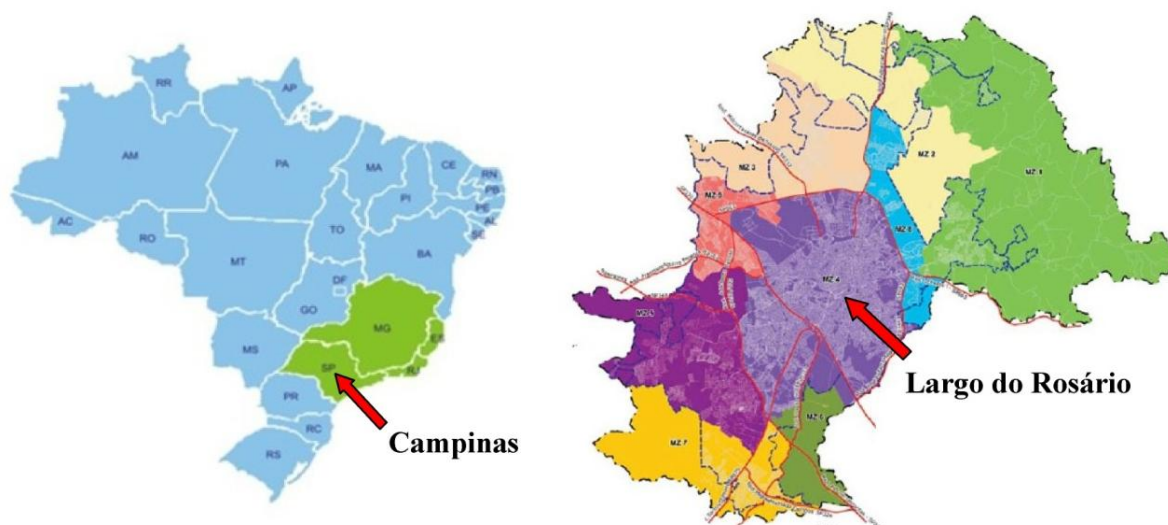


Figura 1 - Localização da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. A área de estudo é o Largo do Rosário e seu entorno imediato (Fonte: imagem adaptada de TEL-NT Brasil e da Prefeitura de Campinas, 2011).

Os primeiros Largos da cidade (do Carmo e do Rosário) eram espaços originariamente de terra batida que tiveram seus jardins implantados no início do século XX. A nova hierarquia urbana imposta pelas avenidas foi marcada pela derrubada das árvores destes dois largos, que hoje se constituem em praças secas, totalmente pavimentadas (MONTEIRO, 2007). A praça Largo do Rosário (Figuras 2A e 2B), área de estudo, localiza-se no centro de Campinas, área praticamente desprovida de árvores, predominantemente comercial e bastante verticalizada. A falta de planejamento urbano fez com que a cidade de Campinas crescesse de forma desordenada. A carência de áreas permeáveis e o adensamento nesta região devido à concentração de altos edifícios provocaram o aumento das ilhas de calor, alterando as condições microclimáticas do local.



Figura 2 - A e B: Área de estudo localizada no centro da cidade de Campinas, SP, Brasil  
A seta branca indica a posição da estação meteorológica portátil.

### 3.2. Modelo ENVI-met

Programas computacionais como RayMan (MATZARAKIS et al., 2007, 2010) e o ENVI-met (BRUSE; FLEER, 1998; BRUSE, 2009) foram desenvolvidos para dar suporte a estudos ambientais permitindo fazer uma análise da qualidade do espaço urbano.

O *software* ENVI-met proposto por Bruse (1998) permite inserir vegetação modificando o tecido urbano. A escala do modelo ENVI-met possibilita a criação de diferentes cenários urbanos, permitindo elaborar um modelo detalhado de acordo com as necessidades especiais de cada projeto a ser avaliado. Este é um modelo de computação tridimensional que simula as interações entre a superfície-vegetação-atmosfera, e analisa a interação entre o desenho urbano e o microclima em uma microescala.

Foram feitas as seguintes simulações para este estudo:

- a) Simulação 1: situação original contendo 3% de cobertura arbórea;
- b) Simulação 2: situação original alterada com acréscimo de 20% de cobertura arbórea distribuída na praça e nas ruas.

Para este estudo, os dados utilizados para executar as simulações encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1– Dados de entrada no modelo, para ambas as simulações.

Dados de entrada	Valores
Dia de início da simulação (DD.MM.YYYY)	16.02.2013
Hora de início da simulação (HH:MM:SS)	21:00:00
Total de horas de simulação	48.00
Salvar modelo a cada (min)	120
Velocidade do vento a 10 m (m.s-1)	1.7
Direção do vento (°)	223
Rugosidade z0 no ponto de referência	0.1
Temperatura atmosférica inicial [K]	312.23
Umidade específica a 2500 m (g/kg)	11.3
Umidade relativa a 2m (%)	72.3
Tamanho do modelo	120x100x20
Tamanho da malha utilizada	180x180x30
Fator de ajuste de radiação	0.6

Os principais dados climáticos (temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar) foram obtidos a partir do IAC- Instituto de Agricultura de Campinas. A variável z0 no ponto de referência adotada foi padrão do *software* ENVI-met (0,1). A vegetação utilizada nesta simulação foram árvores de 10 a 15 m de altura com copa de alta densidade. Esta vegetação foi escolhida a partir da base de dados do programa. Considerando-se que o banco de dados está relacionado com a vegetação europeia, buscou-se selecionar a morfologia de árvore mais apropriada para a área de estudo. Os mapas gerados pelo software descrevem os valores encontrados na altura do pedestre, a 1,60 m do solo. O modelo de simulação computacional do ambiente ao ar livre seguiu as seguintes etapas:

- Monitoramento microclimático: utilizou-se estação meteorológica (Figura 3) para aferição das seguintes variáveis: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s) e temperatura de globo (°C). Os dados foram registrados de 15 em 15 minutos, entre 9h e 17h, durante cinco dias consecutivos em fevereiro de 2013. Os equipamentos utilizados foram fixados em um carrinho, na altura de 1,50 m, contendo um registrador de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Testo 175, protegido da radiação; um sensor de temperatura de globo, modelo Testo 175-T2; um anemômetro/termômetro digital Testo 445 com sensor 0635-1549. Os dados foram registrados de 15 em 15 minutos, entre 9h e 17h, durante cinco dias consecutivos, no mês de fevereiro de 2013 (verão), permitindo comparar os resultados da simulação com a situação real. A umidade relativa do ar no horário das 21h foi obtida da estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). A velocidade e a direção predominante do vento foram medidas in loco. A umidade específica e a temperatura potencial a 2500 m foram obtidas da Universidade de Wyoming (estação Campo de Marte – SBMT 83779). Em relação à umidade específica foi preciso realizar regressão exponencial com dados de altitude e umidade específica ( $R^2 = 0,9669$ ), enquanto que, para a temperatura potencial, além da regressão exponencial ( $R^2 = 0,9986$ ), foi feita a correção em função da pressão, pelo *site Shodor*.

- Caracterização das condições locais: levantamento da largura de ruas e altura dos edifícios, além do mapeamento dos elementos arbóreos e dos diferentes tipos de piso para possibilitar a simulação do ambiente em análise.
- Os resultados obtidos possibilitaram uma análise da situação real e das simulações verificando a interferência do elemento arbóreo na temperatura do ar do espaço analisado.



Figura 3 - Estação meteorológica portátil utilizada neste estudo.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicialmente, foram realizadas simulações teste, a fim de calibrar o modelo para as condições locais da área de estudo. Durante a calibração, percebeu-se que a versão do *grid* escolhida para a simulação (100x100x30, 180x180x30 ou 250x250x30) não influenciou nos resultados, mas foi preciso adequar a um tamanho mínimo disponível no modelo ENVI-met. Desta forma para as simulações realizadas neste estudo foi utilizado o *grid* 180x80x30.

Outra característica analisada no modelo foi a quantidade de horas a serem simuladas: a simulação ocorre em ordem cronológica, ou seja, os horários já simulados não mudam em função das horas que ainda restam simular. As simulações foram iniciadas no dia 16/02/2013, às 21h00, e finalizadas dia 18/02/2013, às 21h00, descartando as primeiras 24 horas simuladas, conforme metodologia utilizada por Assis et al. (2013). O horário que mais se aproximou da situação real foi às 15h00 do dia 18/02/2013, cuja diferença foi de 0,8 K na temperatura do ar, sendo este valor correspondente ao limite do erro. O *software* MultiSpec® v.3.1, possibilitou quantificar a porcentagem de cobertura arbórea no recorte estudado, encontrando o valor de 3% na situação original. A simulação permitiu comparar a situação original com a simulada, cuja diferença foi de 0,8 K, constatada pela diferença dos dados medidos pela estação meteorológica instalada na área.

Um novo cenário foi simulado com acréscimo de 20% de árvores sendo distribuídas nas ruas e na praça. Na praça, foram inseridas árvores com copa densa e h=15m e nas ruas foram inseridas árvores com copa densa e h=10m. As áreas simuladas podem ser observadas na Figura 4 (situação original e situação com acréscimo de 20% de árvores, respectivamente).

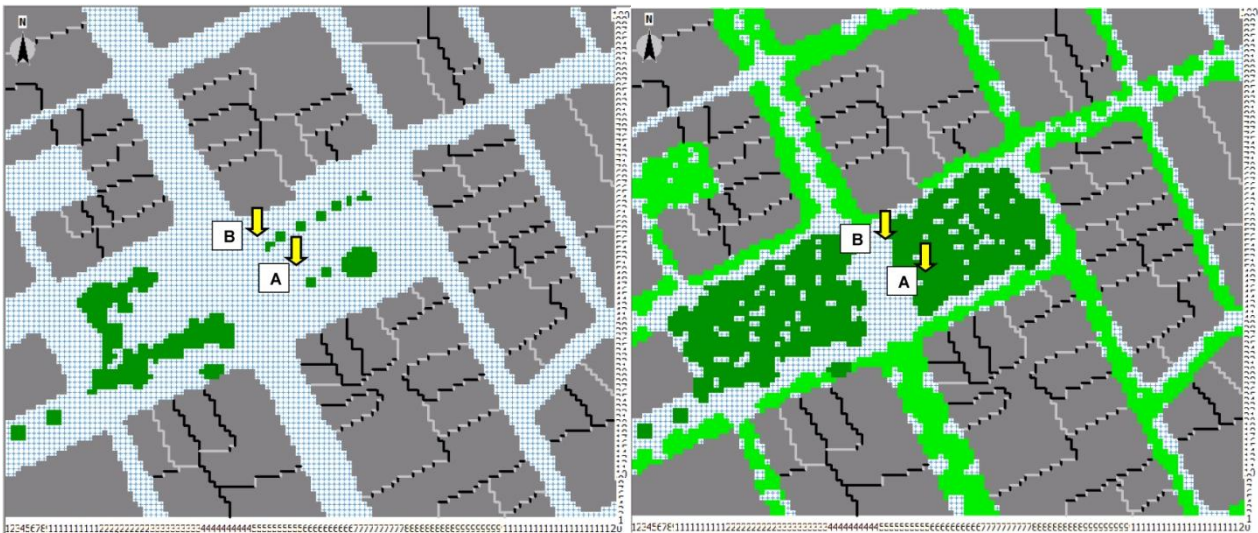
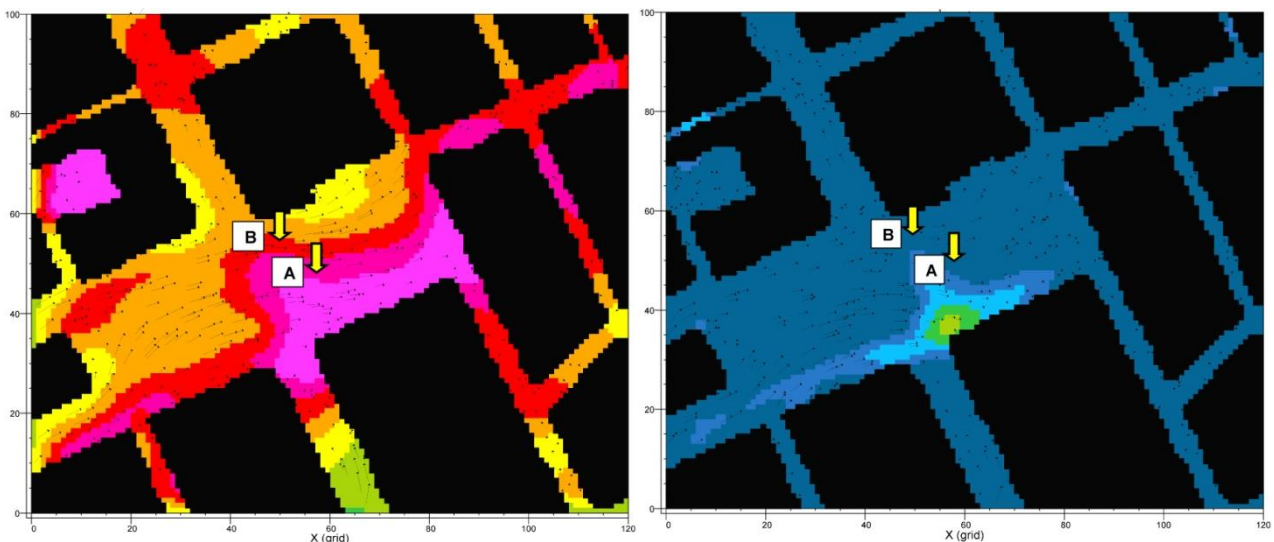


Figura 4 - Áreas modeladas no ENVI-met para verificação das temperaturas do ar, sendo a situação atual (esquerda) e situação futura (direita). Os pontos A e B indicam locais para comparação dos valores simulados em relação ao sol e à sombra, sendo “A” sol e sombra, respectivamente, e “B”, ambos ao sol.

Neste estudo, o efeito térmico das modelagens dos dois cenários apresentou redução em até 1,6 K no horário mais quente do dia (Figura 5 - direita). Fato também comprovado por pesquisa realizada na Grécia por Shashua-Bar et al. (2010), ao avaliar os efeitos de diferentes níveis de coberturas de árvores no microclima urbano. Outro estudo realizado em Hong Kong, por Ng et al. (2012), também verificou a interferência benéfica da vegetação no microclima ao constatar redução de até 1,8 °C em situação onde a cobertura arbórea cobria 56% da área analisada.

A figura 5 apresenta os resultados das simulações para a variável temperatura do ar. As setas amarelas indicam a posição dos receptores contendo as variáveis microclimáticas aferidas. A temperatura do ar no ponto A apresentou valor igual a 309,0 K e 308,8 K no ponto B (figura esquerda) e queda de 1,6 K no ponto A e 1,4 K no ponto B (figura direita) em relação à situação real, a qual continha reduzida quantidade de elementos arbóreos (3% de cobertura da área total analisada).

O programa MultiSpec, teve alta precisão para quantificação da cobertura arbórea ( $\kappa = 99,3\%$  para situação real e  $99,7\%$  para situação futura) o que permitiu verificar a relação do acréscimo de cobertura arbórea e interferências no microclima da área em estudo. O valor kappa representa o grau de acurácia da classificação, que, segundo Landis e Koch (1977), é recomendável valor superior a 80%.



### Air Temperature (K)

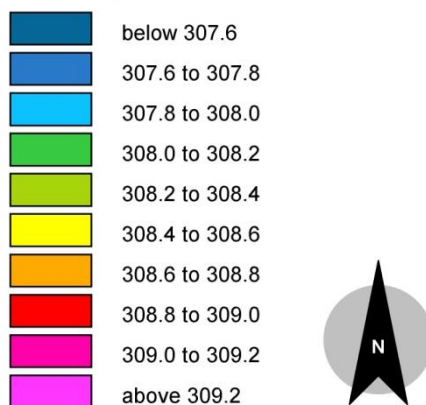


Figura 5 - situação real contendo 3% de cobertura arbórea (esquerda) e situação com acréscimo de 20% de cobertura arbórea (direita).

Os resultados demonstraram queda na temperatura do ar, tanto ao sol quanto à sombra na situação contendo mais árvores confirmando, portanto, a influência positiva da arborização urbana nas condições microclimáticas de seu entorno imediato.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar a importância de se determinar com cuidado os parâmetros dos modelos de simulação. As simulações alterando o cenário inicial possibilitou observar a interferência da vegetação na área analisada e pôde comprovar a importância da adoção de cenários adequadamente projetados a fim de alterar de forma positiva o microclima urbano. Comprovou-se a interferência da sombra das árvores na redução da temperatura do ar, observando, inclusive, o modo como se distribuem no tecido urbano.

Após analisar o resultado desta simulação constatou-se que a vegetação inserida nas praças e ao longo das ruas contribuiu de forma significativa para melhorar o microclima com redução da temperatura do ar em 1,4 K, com os receptores mantidos a pleno sol nas duas situações, com maior e menor quantidade de elementos arbóreos.

Este estudo propõe que este procedimento possa orientar planejadores e gestores de áreas urbanas a reavaliar as condições microclimáticas relacionadas à arborização, com o objetivo de assegurar maior conforto térmico aos usuários do espaço urbano, especialmente em áreas mais adensadas, como os centros das cidades.

Por fim, destaca-se a importância da utilização de programas de simulação computacional a fim de verificar a distribuição da vegetação em áreas urbanas, em busca de melhores condições microclimáticas. Portanto, urbanistas devem considerar questões relacionadas às áreas verdes e o conforto térmico dos moradores da cidade. Há planos para cooperar com a cidade de Campinas, criando um estudo de caso e validar os resultados desta simulação. Para tanto, mais áreas precisam ser avaliadas através de simulação em diferentes situações. Para estudos futuros, propõe-se investigar o impacto de diferentes tipos de vegetação, bem como a porcentagem de áreas verdes necessárias para melhorar o ambiente urbano analisado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, J. H.; RODRIGUES, V.; TAVARES, R.; VALENTE, J.; BORREGO, C. CFD modelling of the aerodynamic effect of trees on urban air pollution dispersion. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 461/462, p. 541-551, 2013.
- ASSIS, E. S.; SIRQUEIRA, C. A.; BAMBERG, A. M. Influência da vegetação no microclima em ambiente simulado controlado. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: ENCAC; ELACAC. 2013.
- BRUSE, M; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, v. 13, n. 3-4, p. 373-384, 1998.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C. How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 5., 2003, Lodz. **Proceedings...** Lodz: IAUC, 2003, p. 267-270.

- BRUSE, M. **ENVI-met 3.1**: online manual. 2009. Disponível em: <<http://www.envi-met.com/>>. Acesso em: 1 jul. 2014.
- CAMPINAS. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.campinasaqui.com.br/1/2807/municipais/secretaria-do-meio-ambiente-de-campinas.html>>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- DIMOUNDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the Urban Environment: Microclimatic Analysis and Benefits. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2003.
- DOBBERT, L. Y.; PRATA-SHIMOMURA, A.; MENDES, F. H.; SILVA FILHO, D. F. The influence of tree canopy cover on urban thermal comfort. In: CONGRESSO LUSO - BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 6., 2014, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa: PLURIS, 2014.
- DOBBERT, L. Y. **Arborização na cidade de Campinas/SP - percepção e conforto**. 187 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- GÓMEZ, F.; PÉREZ CUEVA, A.; VALCUENDE, M.; MATZARAKIS, A. Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET). **Ecological Engineering**, Oxford, v. 57, p. 27-39, 2013.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, **Arlington**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- LOMBARDO, M. A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.
- MULTISPEC. A processing system for interactively analyzing Earth observational multispectral image data. Disponível em: <<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/index.html>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; QINGFU, X.; CHUNXIA, W. Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment, **Landscape and Urban Planning**, v. 99, n. 1, p. 40-50, 2011.
- MAGALHÃES, M. R. **A arquitetura paisagista, morfologia e complexidade**. Lisboa: Estampa, 2001.
- NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUKIDIS, S. Thermal comfort in Outdoor Spaces: Analysis across different European countries. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1455-1470, 2006.
- NOWAK, D. J.; HOEHN III, R. E.; CRANE D. E.; STEVENS, J. C. ; FISHER, C. L. **Assessing Urban Forest Effects and Values**, USDA FOREST SERVICE, Delaware. 2010.
- NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A.; MCPHERSON, E. G.; SISINNI, S. M.; KERKMANN, E. R.; STEVENS, J. C. Measuring and Analyzing Urban Tree Cover. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, p. 49-57, 1996.
- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- SHASHUA-BAR, L.; TSIROS, I. X.; HOFFMAN, M. E. A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece, **Building and Environment**, Amsterdam, v. 45, p. 2798-2807, 2010.
- SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees, **Energy and Buildings**, Washington D.C., v. 31, n. 3, p. 221-235, 2000.
- SHODOR. **A national resource for computational science education**. Disponível em: <[http://www.shodor.org/os411/courses/\\_master/tools/calculators/pottemp/pt1calc.html](http://www.shodor.org/os411/courses/_master/tools/calculators/pottemp/pt1calc.html)>. Acesso em: 13 ago. 2014.
- STREILING, S., MATZARAKIS, A. Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. **Journal of Arboriculture**, v. 29, p. 309-316, 2003.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.