XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

AVALIAÇÃO DAS TEMPERATURAS RADIANTES DE COPAS DE ÁRVORES E SEUS EFEITOS EM SUPERFÍCIES PRÓXIMAS

Thiago Garcia (1); Lucila Labaki (2)
(1) Mestre, arquiteto e urbanista, thiago.domotik@yahoo.com.br, FACULDADES INTEGRADAS MARIA IMACULADA, Rua Padre José, 163. Mogi-Mirim/SP, (13)99772-7740
(2) Livre-Docência, física, lucila@fec.unicamp.br, UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Arquitetura e Construção, Departamento de Arquitetura e Construção. Cidade Universitária Zeferino Vaz. Barão Geraldo, (19) 3521-2384

RESUMO

Uma das contribuições para as possíveis melhorias da qualidade de vida nas cidades é o planejamento da arborização urbana que pode resultar em benefícios ambientais. A arborização em passeios públicos deve atentar-se à escolha de espécies adequadas que não obstruam a passagem de transeuntes e explore o espaço aéreo sem interferências ambientais, buscando promover áreas sombreadas que proporcionem conforto aos usuários locais. O plantio de árvores feito sem planejamento, além de eventualmente causar impactos ergonômicos e espaciais negativos, pode promover efeitos ambientais adversos. Pressupõe-se, por exemplo, que, o aumento da temperatura superficial de alvenarias pode ocorrer pela radiação refletida e emitida das copas das árvores, quando muito próximas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as temperaturas superficiais causadas pelas radiações emitidas e refletidas das folhas das copas das árvores de um grupo de espécies a determinadas distâncias, buscando identificar os impactos em superfícies próximas. A metodologia aplicada a esta pesquisa compreenderá revisão bibliográfica sobre o tema, estabelecimento de critérios de seleção das espécies de árvores a serem avaliada, análise das composições e arranjos espaciais dos indivíduos arbóreos, além de medições in loco que mensurem, com piranometros, a irradiância média sobre as copas das árvores. Por fim, os dados coletados serão inseridos dentro do banco de dados do software ENVI-MET para simular o desempenho de novos arranjos arbóreos, que busquem por resultados de implantações otimizadas, almejando propor mais conforto térmico para as cidades.
Palavras-chave: Conforto térmico urbano; Arborização urbana; Temperatura radiante; Balanço térmico de energia de vegetação; Radiação solar.

ABSTRACT

One of the contributions to possible improvements in the quality of life in cities is the planning of urban afforestation that can result in environmental benefits. Afforestation on public sidewalks should be attentive to the choice of suitable species that do not obstruct the passage of passers-by and explore the air space without environmental interference, seeking to promote shaded areas that provide comfort to local users. Planting trees without planning, as well as causing negative ergonomic and spatial impacts, can promote adverse environmental effects. It is assumed, for example, that the increase in the surface temperature of masonry can occur by the reflected radiation of the crowns of the trees, when very close. In this sense, the objective of this work is to evaluate the surface temperatures caused by the reflected radiations of the leaves of the crowns of the trees of a group of species at certain distances, seeking to identify the impacts on nearby surfaces. The methodology applied to this research will include bibliographical review on the subject, establishment of criteria for selection of tree species to be evaluated, analysis of the compositions and spatial arrangements of arboreal individuals, as well as measurements in loco that measure by pyranometers the average irradiance over the treetops. Finally, the data collected will be inserted into the ENVI-MET software database to simulate the performance of new tree arrangements, looking for results of optimized deployments, aiming to propose more thermal comfort for cities.
Keywords: Urban thermal comfort; Arborização urbana; Radiant temperature; Thermal energy balance of vegetation; Solar radiation.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento da arborização urbana pode gerar benefícios ambientais e, por conseguinte, contribuir para possíveis melhorias da qualidade de vida nas cidades. A escolha do local e da espécie de árvore adequados pode proporcionar melhores condições para o desenvolvimento da árvore minimizando riscos de acidente, reduções de necessidades de poda, sem causar prejuízos à acessibilidade, por exemplo. Atualmente, ainda se discute quais os parâmetros ideais para a arborização de passeios em vias públicas. Para o plantio de árvores nas calçadas, devem-se ser escolhidas espécies adequadas que, permitam que as árvores tenham um pleno desenvolvimento, explorando o espaço aéreo disponível sem causar interferências e danos aos demais equipamentos públicos, às construções e ao calçamento.

Baseando-se nos conceitos e teorias existentes sobre o plantio de árvores, emergem indagações como: Quais são os parâmetros corretos de plantio? Quais efeitos negativos o plantio de árvores, de forma indevida, pode causar aos espaços abertos das cidades? Assim, pretende-se avaliar as temperaturas radiantes e seus efeitos nas copas de espécies de árvores para identificar os impactos, a determinadas distâncias, do calor emitido em superfícies próximas, pois sabe-se que as folhas das árvores possuem propriedades radiativas que dependem do comprimento de onda, possuindo também propriedades de absorção, transmissão e reflexão de calor, através dos pigmentos destas folhas.

A vegetação tem sido sistematicamente utilizada como estratégia de condicionamento ambiental passivo, integrando um conjunto de estratégias bioclimáticas utilizadas por profissionais da construção civil. Por outro lado, a grande demanda pelo uso do solo urbano induz ao surgimento de novas pesquisas que buscam diferentes formas de trazer a vegetação para as cidades (GIVONI, 1991; NOWAK, 2006; PERINI; MAGLIOCCO, 2012 apud MATHEUS et al. 2015).

As características do entorno imediato interferem diretamente no conforto térmico; sendo assim, o comportamento de indivíduos arbóreos no microclima varia conforme o tipo, porte, idade, período do ano e formas de disposição nos recintos urbanos (ABBUD, 2007; LABAKI; SANTOS, 1996; PEIXOTO; LABAKI; SANTOS, 1995 apud ABREU; LABAKI, 2010).

A transmissão pelas folhas depende da sua estrutura e espessura. De acordo com a espessura (variando para cada folha) as folhas tendem a ter as mesmas propriedades ópticas e térmicas (HOLM, 1989 apud SHINZATO, 2009).

Segundo Bartelink (1998), a disponibilidade de radiação é uma das principais forças responsáveis pelo crescimento de árvores em florestas. De acordo com Govind et al. (2013), o mecanismo de transferência radiativa de dossel é provavelmente o mais importante processo biofísico que conduz a massa de trocas de energia entre a biosfera e a atmosfera.

Shinzato (2009) apud Ometo (1981) descreve que o balanço de radiação de uma folha é decorrente da posição que ela ocupa na copa, sendo, portanto, um parâmetro extremamente variável. Deve-se considerar que, além da posição, a idade, a estrutura e a coloração influenciam nos processos de absorção, reflexão e transmissão.

Rahman *et al.* (2016) descrevem que as árvores urbanas regulam seu ambiente térmico, principalmente através dos dosséis. Observou-se, em um dos estudos, conforme demonstrado na figura 3, que ocorrem diferenças de temperaturas no dossel de acordo com os horários, em função da quantidade de radiação recebida ao longo do dia. O estudo ainda informou que, no período da noite, a temperatura superficial sofre um acréscimo de 0,5ºC, sendo que, no interior da copa, ocorre uma redução média de 0,85ºC em relação a temperatura superficial ao longo de todo o dia.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar se a radiação emitida pelas folhas de determinados tipos de árvores contribuem para o aumento da temperatura de elementos de fachadas próximos a estas copas.

3. MÉTODO

A metodologia da pesquisa está estruturada em etapas. A primeira parte compreende um levantamento bibliográfico da literatura específica sobre o tema, com base no método conhecido como Sistematic Literature Review (SLR). Os critérios para as seleções bibliográficas serão a utilização de base de dados, tais como Scopus, Elsevier, Scielo, Revista Ambiente Construído, dentre outras, bem como periódicos e livros conceituados relativos ao tema em discussão. Estas buscas serão realizadas com a utilização de terminologias cadastradas (palavras-chaves) referentes aos assuntos abordados. Os critérios de inclusão para os estudos encontrados serão, particularmente, concernentes à algum tipo de impacto térmico causado pela vegetação

urbana em superfícies próximas (fachadas de um modo geral).

Deve-se, ainda na pesquisa bibliográfica, realizar uma definição de critério de seleção das espécies arbóreas a serem estudadas, analisando as características térmicas individuais de cada uma, uma análise da composição e arranjo espacial dos indivíduos arbóreos nas estruturas de estudo a ser definida.

Atualmente, em algumas cidades brasileiras, as prefeituras fornecem catálogos informativos sobre plantios de espécies arbóreas ponderadas como ideais para cidades. Estes manuais sugerem parâmetros para plantio nas calçadas/passeios públicos, porém tratam apenas de aspectos relativos às podas de copas e tipos de raízes que possam eventualmente obstruir as passagens e, sugerem inclusive o formato tipológico que as copas devem ter, conforme Figura 1:

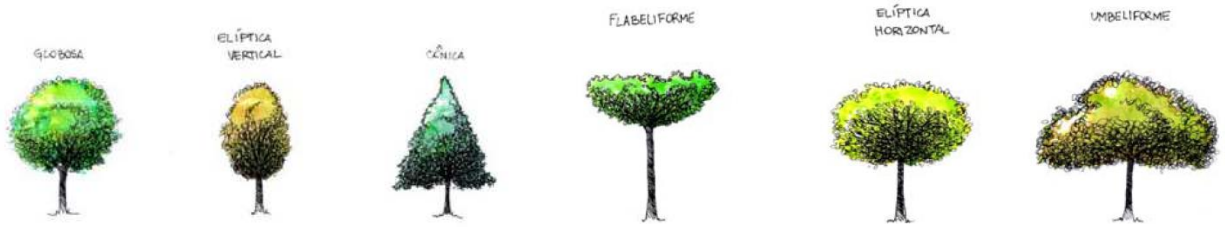


Figura 1 - Tipologia de arquitetura de copa. Fonte: Manual técnico de arborização urbana. São Paulo, 2015.

A construção metodológica a ser sugerida para esta pesquisa é a criação de um banco de dados que catalogue as espécies de acordo com a emissão de radiação térmica pelas folhas das copas das espécies que serão avaliadas, sugerindo distâncias ideais, para que a suposta radiação refletida e emitida pelas folhas, não altere a temperatura de superfícies próximas. A Figura 2 demonstra alguns desenhos de perfis viários, que inserem a arborização urbana sem consideração ao impacto térmico. Tais padrões via de regra visam apenas prover solução de sombreamento e trânsito nas calçadas, negligenciando critérios de distanciamentos necessário da fachada.



Figura 2 - Croquis esquemáticos de perfis viários com arborização inclusa. Fonte: *Global Street Design Guide*, 2016.

A segunda etapa metodológica deste trabalho diz respeito à escolha do local a serem realizadas as medições. A proposta inicial é escolher um local na região entre Campinas e região da baixa Mogiana, porém esta discussão deverá ser melhor avaliada de acordo com os custos necessários para a realização desta pesquisa. Para as medições da quantidade de radiação emitida pelas folhas das copas, propõe-se sensores, denominados piranometros, equipamento projetado para uso com vegetação, que também avalia a quantidade de energia solar sob as árvores, através da coleta de dados solarimétricos. Serão necessárias as escolhas de determinadas copas de árvores próximas a superfícies verticais adjacentes, com utilização de bússola para identificar a direção do norte verdadeiro, subtraindo-se do norte magnético a declinação magnética local para aquela copa. Também deverá ser adicionado um sensor para medir a umidade relativa do ar e a temperatura do ar, um sensor para a velocidade e direção do vento. Este conjunto instrumental deverá ser utilizado de duas possíveis maneiras: através de uma estrutura metálica montada de forma fixa em árvores ou por meio de drone.

Além disso, será utilizada uma câmera termográfica para aquisição de imagens infravermelhas, para que se demonstre de forma mais didática a quantidade de calor emitido pelas folhas das árvores. A câmera

termográfica filtra os raios infravermelhos por meio de uma lente específica, geralmente em germânio, embutida na própria câmera. Todas as imagens geradas pela câmera serão transferidas, organizadas, armazenadas, pós-processadas eletronicamente, através de programas computacionais de análise de imagens térmicas onde serão gerados relatórios detalhando os resultados levantados *in loco*.

3.1. Software ENVI-MET

O software ENVI-MET serve para prognosticar cenários urbanos, podendo ser aplicado na arquitetura, planejamento urbano e ambiental e climatologia. O modelo inclui a simulação do processo de trocas térmicas entre superfícies, o fluxo de ar entre as edificações e turbulências, bem como a dispersão de particulados. Basicamente, são requeridos dois arquivos para que o programa simule o ambiente urbano: um com a fração urbana de interesse modelada e outro com os dados para a definição da configuração inicial (MINELLA et al. 2012)

Posteriormente ao levantamento *in loco*, os resultados deverão ser inseridos em um banco de dados que alimentem informações do software ENVI-MET, depois de compatibilizados com as análises das medições meteorológicas - umidade relativa, temperatura, radiação, velocidade e direção do vento.

Como resultados das informações compatibilizadas, será gerado um modelo tridimensional com base em dados meteorológicos necessários para que o software ENVI-MET produza uma simulação com dados de saída, conforme fluxograma representado na Figura 3. Posteriormente a esta etapa, os dados resultantes das simulações serão comparados com os obtidos na pesquisa de campo.

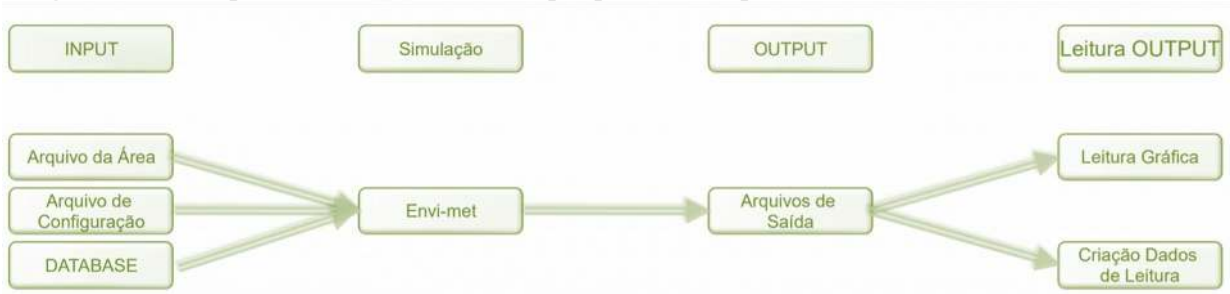


Figura 3 – Fluxograma de dados de entrada e saída do software ENVI-MET.

3.2. Medições *in loco*

Posteriormente aos levantamentos bibliográficos desta etapa inicial, a próxima etapa será a análise da radiação emitida por algumas espécies de árvores urbanas. Junto com esta próxima etapa será elaborado um modelo de recipiente que possa simular um ambiente construído em escala reduzida. A ideia é criar um ambiente móvel, que possa ser instalado sobre as copas, viabilizando desta forma, as medições termográficas destas copas, para que os resultados das emissividades obtidas possam ser analisados.

Será utilizada uma câmera termográfica para aquisição de imagens infravermelhas, para que se demonstre de forma mais didática a quantidade de calor emitido pelas folhas das árvores. A câmera termográfica filtra os raios infravermelhos por meio de uma lente específica, geralmente em germânio, embutida na própria câmera. Todas as imagens geradas pela câmera serão transferidas, organizadas, armazenadas, pós-processadas eletronicamente, através de programas computacionais de análise de imagens térmicas onde serão gerados relatórios detalhando os resultados levantados *in loco* (Figura 4).



Figura 4 – Resultado de imagem termográfica em vegetais. Fonte: www.alamy.pt. Acessado em 30/07/2018.

A Figura 5 demonstra uma possibilidade de estudo visual que poderá ser produzido nesta pesquisa. A ideia é esclarecer se há alguma interferência das reflexões das folhas das copas em ambientes próximos a

estas arvores e as possíveis soluções sugeridas para sanar os problemas, quando estes existirem.



Figura 5 – Hipótese de um objeto de estudo. Fonte: Do autor.

Em seguida a todo o desenvolvimento metodológico, pretende-se responder se a quantidade de radiação emitida por folhas de copas de árvores é capaz de influenciar no acréscimo de temperatura de superfícies próximas a estas copas e, caso afirmativo, qual a melhor solução a se propor. Para esta possível resposta, propõe-se uma tabela simplificada que determine a correta posição do plantio de determinadas espécies arbóreas em cidades.

4. RESULTADOS PARCIAIS

A discussão inicial deste trabalho partiu de uma pesquisa de mestrado, que visou avaliar o desempenho térmico no interior de apartamentos do Banco Nacional de Habitação (BNH) construída na cidade de Santos, em São Paulo.

Observou-se, durante a pesquisa, que, ao comparar três quartos pertencentes a três diferentes apartamentos, cujas orientações e alturas eram as mesmas, um deles possuía temperatura interna maior que a dos outros dois, e presumiu-se que, a elevação da temperatura interna poderia ter decorrido da existência de uma árvore abaixo da janela deste apartamento.

A principal hipótese apresentada é que propriedades presentes nas folhas colaboram com o aumento das temperaturas de superfícies próximas às copas, em função do calor radiante das folhas. Caso isso seja comprovado, deve-se repensar o plantio de árvores urbanas, respeitando determinadas distâncias destas em relação às fachadas de edifícios.

A carência de discussão ergonômica do plantio de árvores pode estar omitindo problemas de acréscimo de calor em áreas urbanas, mascarando resultados mais precisos sobre as Ilhas de calor nas cidades, pois quando se prescreve soluções de plantio de árvores em meio urbano, as recomendações são relacionadas apenas às sombras geradas no solo, mas não há discussões urbanas sobre a possibilidade de irradiação do calor gerado pelas folhas das copas.

Por fim, busca-se concluir se estas radiações podem ou não contribuir com o acréscimo de calor em superfícies próximas a determinadas tipologias de árvores, e, caso estes resultados sejam favoráveis a um acréscimo de calor, criar um banco de dados, através das simulações pelo software ENVI-MET, para que se possam propor soluções adequadas ao plantio de árvores urbanas de acordo com cada tipologia e região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Loyde Vieira. **Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto**. Ambiente Construído, Vol. 10, n. 4, pág.: 103-117. Porto Alegre, 2010.

BARTELINK, H. H. **Radiation interception by forest trees: a simulation study on effects of stand density and foliage clustering on absorption and transmission**. ELSEVIER. Ecological Modelling, 105. Págs.: 213-225. Wageningen, Holanda. 1998.

DUNCAN, S. CHACHA, A. PRAKASH, A. PRATI, F. **Global Street Design Guide**. National Association of City Transportation Officials (NACTO).

GOVIND, Ajit. GUYON, Dominique. ROUJEAN, Jean-Louis. RAGUENES, Nathalie Yauschew. KUMARI, Jyothi. PISEK, Jan. WIGNERON, Jean-Pierr. **Effects of canopy architectural parameterizations on the modeling of radiative transfer mechanism**. ELSEVIER. Ecological Modelling, 251. Págs.: 114-126. Toulouse, França. 2013.

Manual técnico de arborização urbana. Prefeitura Municipal de São Paulo. São Paulo, 2015.

MINELLA, F.C.O. HONJO, S. KRÜGER, E. L. **Estratégias de melhoria do ambiente térmico diurno em situação de verão de uma fração urbana da cidade de São Paulo**. Ambiente Construído, Vol. 12, n. 1. Pág. 139-158. Porto Alegre-RS. 2012.

MATHEUS, Carla. CAETANO, Fernando Durso Neves. MORELLI, Denise Damas de Oliveira. LABAKI, Lucila Chebel. **Desempenho térmico de envoltórias vegetada em edificações no sudeste brasileiro**. Ambiente Construído, Vol. 16. n. 1. , pág.:

71-81, Porto Alegre, 2015.
RAHMAN, Mohammad. MOSER, Astrid. RÖTZER, Thomas. PAULEIT, Stephan. **Within canopy temperature differences and coolig ability of Tilia cordata tress grown in urban conditions**. ELSEVIER. Building and Environment 114. Págs.: 118-128. Freising, Alemanha. 2016.
SHINZATO, P. **O Impacto da vegetação nos microclimas urbanos.** Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, . Tese de Doutorado, FAUUSP. 2009.