

A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização de ruas de Curitiba-PR

The daily periodicity of the thermal comfort index in the street trees in Curitiba-PR

A. Martini¹; D. Biondi¹; A. C. Batista²; K. Zamproni¹

¹Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, 80210-170, Curitiba-PR, Brasil

²Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, 80210-170, Curitiba-PR, Brasil

martini.angeline@gmail.com

(Recebido em 10 de abril de 2013; aceito em 28 de maio de 2013)

Resumo: O objetivo dessa pesquisa foi analisar o comportamento periódico diário do índice de conforto térmico entre ruas com e sem arborização na cidade de Curitiba. Para isto foram selecionadas três amostras, contendo um trecho de rua com e outro sem arborização, sendo que as ruas arborizadas eram compostas por diferentes espécies. O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado com miniestações da marca Kestrel® e “medidores de stress térmico” TGD-400. A coleta diária desses dados foi das 9 às 15 horas, com intervalo de monitoramento de 1 minuto, repetida nas quatro estações do ano, com início no inverno de 2011. O índice utilizado para a análise do conforto térmico foi o UTCI. Os resultados demonstram que em todas as estações do ano, as ruas arborizadas apresentaram melhores condições de conforto térmico do que as ruas sem arborização, inclusive no inverno, o que corrobora a importância da arborização de ruas para Curitiba e cidades com estações definidas. Conclui-se que a arborização de ruas proporciona um microclima urbano mais confortável termicamente ao longo do dia, em todas as estações do ano.

Palavras-chave: Arborização urbana; UTCI; Índice de conforto térmico

Abstract: The aim of this research was analyze the daily periodic variation of the thermal comfort index between streets with and without tree in Curitiba city. Thereunto, three sample containing a street stretch with and without trees were selected, being the street with trees were composed of different species. To monitoring the meteorological variables, mini-stations Kestrel® and heat stress monitor TGD-400 were used. The data collection daily period was from 9 AM to 3 PM and the monitoring interval was every 1 minute, in the four seasons, starting in winter 2011. The influence on thermal comfort was analyzed using the UTCI. The results indicated that the street with trees showed better thermal comfort than the street without trees in all seasons, demonstrating the importance of streets trees to the Curitiba. It was concluded that streets with trees provides an urban microclimate more thermally comfortable along the day, in all seasons.

Keywords: Urban forestry; UTCI; Thermal comfort index

1. INTRODUÇÃO

A presença de vegetação nas cidades é essencial na estrutura e dinâmica da paisagem urbana, pois devido às suas características, melhora a qualidade de vida da população e a condição ambiental das cidades¹. A arborização é um dos componentes bióticos mais importantes do meio urbano porque está diretamente relacionada com o conforto ambiental².

É inquestionável o papel das árvores no bem-estar das comunidades urbanas. Sua capacidade única de controlar efeitos adversos do meio urbano contribui para uma significativa melhoria da qualidade de vida³. Neste sentido, uma cidade arborizada é vista e lembrada como uma cidade agradável e bonita⁴.

O uso da vegetação nas cidades tem sido uma das ferramentas frequentemente apontadas pelos pesquisadores do ambiente urbano para melhorar as condições climáticas, bem como proporcionar conforto ambiental e melhor qualidade de vida. As árvores são citadas como elemento fundamental para minimizar os efeitos da alteração do clima provocado pelas ações humanas, o resfriamento do ar, o aumento da umidade relativa e as mudanças na ventilação⁵.

Outro benefício significativo da presença da arborização urbana é a capacidade de interceptação das chuvas, que reduz a taxa e o volume das enxurradas causadas pelas tempestades, contribuindo para o ciclo hidrológico e redistribuição da umidade⁶.

O planejamento das florestas urbanas, contemplando a criação de parques, bosques e arborização de ruas, são as medidas mais eficientes para promover mudanças, principalmente no microclima urbano⁷. Quando a vegetação é bem distribuída, o balanço de energia de toda a cidade pode ser modificado pela adição de mais superfícies evaporativas, mais radiação absorvida pode ser dissipada na forma de calor latente e a temperatura urbana pode ser reduzida⁸. Neste contexto, os estudos sobre o clima urbano devem ser estimulados para auxiliar nas diversas decisões de planejamento ambiental e reabilitação de áreas urbanas⁹.

É evidente que o conhecimento do comportamento das espécies em relação ao microclima e conforto térmico é importante para os planejadores e pesquisadores do ambiente construído, para que sejam incorporados no planejamento ou nas intervenções dos espaços abertos, aproveitando-se com inteligência os benefícios dos indivíduos arbóreos, visando a melhoria da qualidade de vida das pessoas¹⁰.

Os espaços vegetados dentro das cidades estão concentrados em grandes parques urbanos, onde é deixado de lado o tecido urbano para a implantação da arborização, o que gera um sistema viário empobrecido ambientalmente e desconfortável climaticamente¹¹.

Entende-se por conforto térmico o estado em que um indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio. Esta neutralidade térmica é um ideal de comodidade, como também de adequação, pois colabora para a eficiência na realização das atividades¹². O conforto térmico é uma resposta ao ambiente físico e ao estado psicológico do corpo, influenciado pela postura do indivíduo em relação ao ambiente que o cerca e suas experiências com ambientes térmicos¹³.

O conforto térmico é mensurado com índices de conforto¹⁴. Entre os índices de conforto térmico mais recentes está o UTCI, *Universal Thermal Climate Index*, desenvolvido na Europa e que tem sido amplamente adotado em avaliações referentes ao conforto térmico em ambientes externos¹⁵. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar o comportamento periódico do índice de conforto térmico entre ruas com e sem arborização na cidade de Curitiba.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Curitiba, localizada no Primeiro Planalto Paranaense, a 934,6 m de altitude média. O marco zero da cidade está localizado na Praça Tiradentes, na latitude 25° 25' 40" S e longitude 49° 16' 23" W. Tendo-se por referência a classificação de Köppen, a cidade localiza-se em região climática do tipo Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes¹⁶.

Utilizando os dados do IPPUC¹⁷, entre os anos de 1998 e 2010, obteve-se temperatura média de 17,8 °C, com variação média de 13,4 °C no mês mais frio, até 21,8 °C no mês mais quente. A precipitação anual média do período foi de 1403,30 mm e a umidade relativa do ar foi 79,4%. Os ventos predominantes foram de Leste (E) com velocidade média de 2,04 m/s.

Foram estabelecidas três amostras na cidade de Curitiba, denominadas: Alto da Rua XV, Hugo Lange e Bacacheri. Cada amostra apresenta um trecho de rua arborizada próximo a um trecho de rua sem arborização (Figura 1). A amostra Alto da Rua XV é formada por um trecho da Rua Marechal Deodoro sem arborização e da Rua Fernando Amaro arborizado com *Tipuana tipu*. A amostra Hugo Lange é formada por um trecho da Rua Augusto Stresser sem arborização e da Rua Dr. Goulin arborizada com *Handroanthus chrysotrichus*. A amostra Bacacheri é formada por um trecho da Rua Estados Unidos sem arborização e outro arborizado com *Lafoensia pacari* e *Parapiptadenia rigida*.

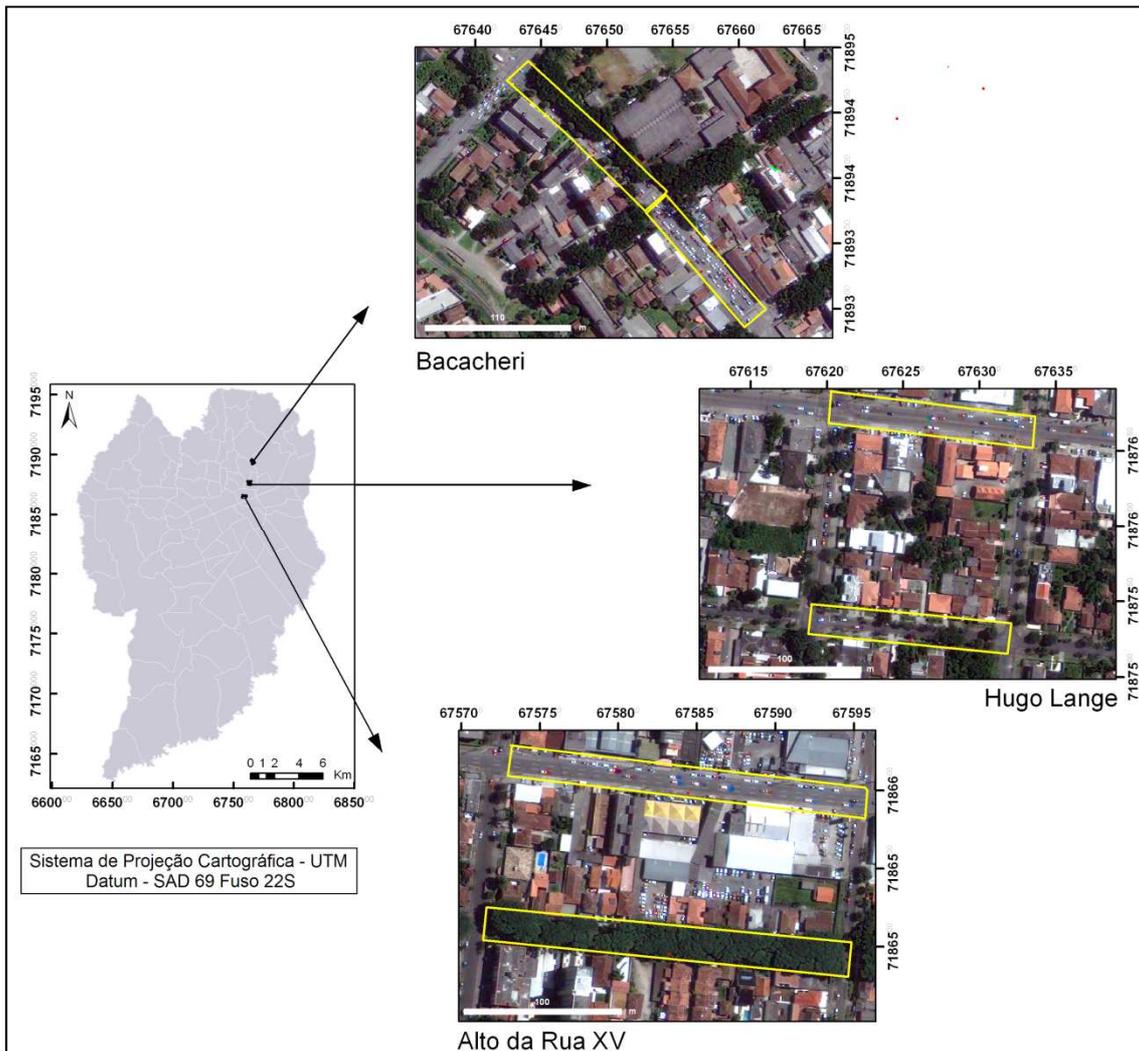


Figura 1: Localização das amostras de estudo na cidade de Curitiba-PR.

Para analisar a influência das árvores de ruas associado ao conforto térmico da cidade, foram utilizadas duas miniestações da marca Kestrel® e dois “medidores de stress térmico”, modelo TGD-400. Estes equipamentos foram posicionados na calçada sul das ruas com sentido leste-oeste e na calçada oeste da rua com sentido norte-sul, de maneira a reduzir a interferência causada pela movimentação aparente do sol. O “medidor de stress térmico” TGD-400 foi fixado em um tripé, com a mesa de sensores mantida a 1,50 m de altura, junto a qual foi acoplado a miniestação Kestrel®. A abertura da ventilação, de ambos os aparelhos, foi direcionada para a posição nordeste (NE), sentido predominante da direção dos ventos.

O monitoramento das variáveis meteorológicas para cada amostra foi realizado em dias diferentes, devido ao número de equipamentos disponíveis. Desta forma, em cada dia de coleta, um conjunto de equipamentos permaneceu na rua arborizada e o outro na rua sem arborização. Este procedimento foi repetido nas quatro estações do ano para melhor caracterizar os resultados.

As variáveis meteorológicas utilizadas neste estudo foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento (m/s) e temperatura do globo (°C). O monitoramento foi realizado no inverno e primavera de 2011 e no verão e outono de 2012, sendo que o período de coleta dos dados foi das 9 às 15 horas (horário de Brasília), sendo corrigido para 10 às 16 horas no horário de verão, com intervalo de monitoramento de 1 minuto, o que gerou um conjunto de 360 dados.

O índice utilizado para analisar o conforto térmico foi o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI). Este índice foi calculado a cada minuto, através do programa Bioklima 2.6, software de

livre acesso desenvolvido por Michael Blazejczyk¹⁸. Os dados de entrada para o cálculo foram: velocidade do vento a 1,5 m e a 10 m de altura do solo, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura radiante média.

A velocidade do vento a 10 m de altura é uma variável fundamental para o cálculo do índice. No entanto, como o monitoramento da variável vento foi realizado a 1,5 m de altura, foi necessário aplicar um fator de escala para a determinação dessa variável¹⁹:

$$v_a = v_{a_{xm}} \times \log\left(\frac{10}{0,01}\right) \div \log\left(\frac{x}{0,01}\right)$$

Onde:

v_a = velocidade do vento a 10 m de altura, em m/s;

$v_{a_{xm}}$ = velocidade do vento medida a x metros, em m/s;

x = altura na qual a velocidade do vento foi medida, neste caso a 1,5 m.

A temperatura radiante média também foi calculada. Para isto, utilizou-se a fórmula definida pela ISO 7726²⁰, para convecção forçada:

$$T_{rm} = [(tg + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v_a^{0,6} \times (tg - ta)]^{\frac{1}{4}} - 273$$

Onde:

T_{rm} = temperatura média radiante (°C);

tg = temperatura do globo (°C);

v_a = velocidade do vento (m/s);

ta = temperatura do ar (°C).

Realizados os ajustes e demais cálculos necessários, obteve-se o UTCI para cada conjunto de dados. Estes valores foram classificados em suas respectivas classes de estresse térmico, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classes e nível de estresse térmico do UTCI.

Classes do UTCI	Nível de estresse térmico
- 40 °C	Extremo estresse para o frio
- 27 °C	Muito forte estresse para o frio
- 13 °C	Forte estresse para o frio
0 °C	Moderado estresse para o frio
9 °C	Pouco estresse para o frio
26 °C	Sem estresse térmico (conforto)
32 °C	Moderado estresse para o calor
38 °C	Forte estresse para o calor
46 °C	Muito forte estresse para o calor
	Extremo estresse para o calor

Fonte: Blazejczyk *et al.* (2010)²¹; Universal Thermal Climate Index - UTCI (2012)²²

Analisou-se o comportamento periódico do índice, ao longo dos dias de coleta, por meio de gráficos, os quais foram elaborados a partir de médias, a cada 15 minutos, dos valores obtidos nas diferentes ruas e por estação do ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação da variação periódica diária entre os valores do UTCI encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, em cada amostra permite observar detalhadamente as diferenças de comportamento entre as ruas em cada estação do ano (Figura 2).

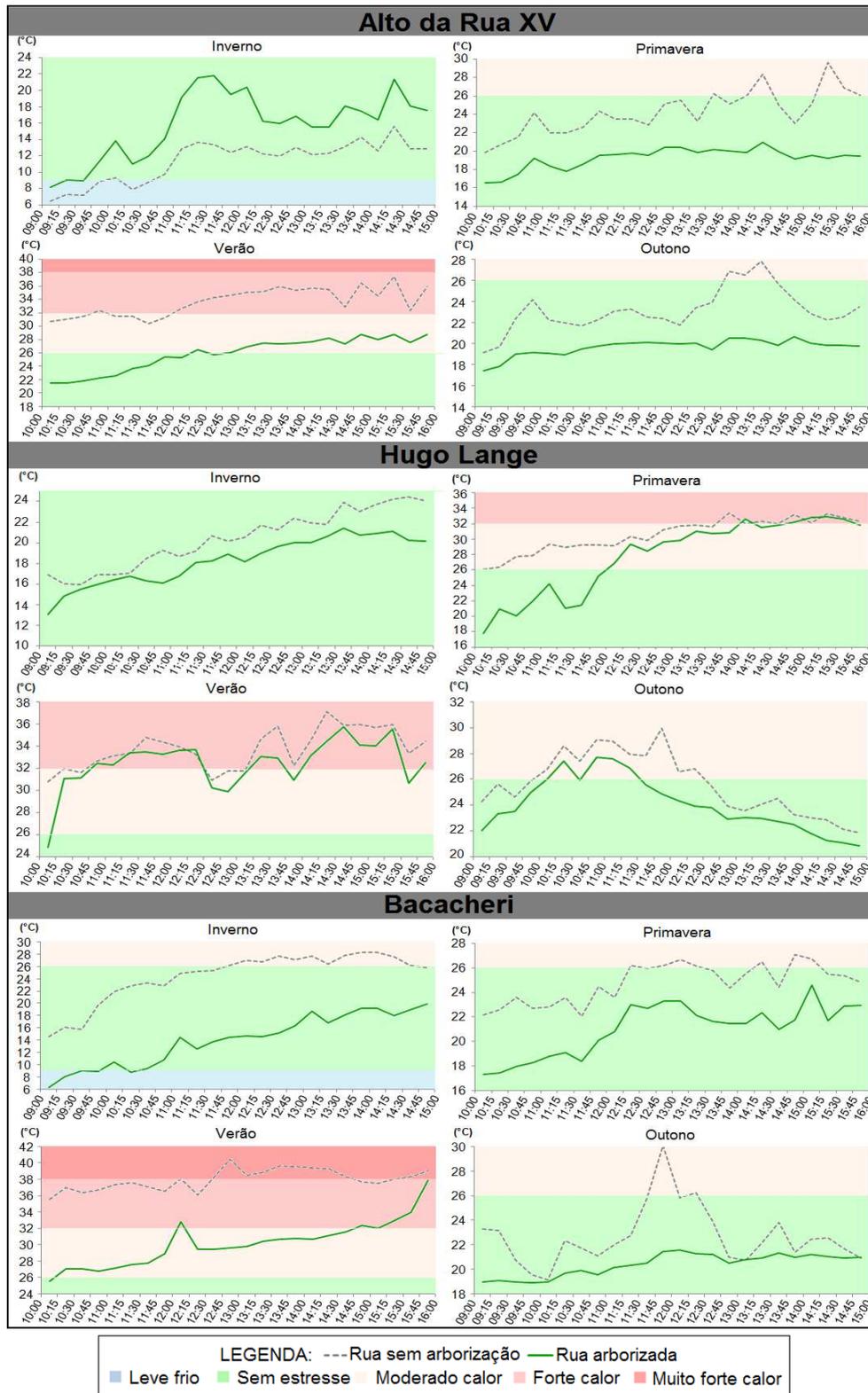


Figura 2: Comportamento periódico diário do UTCI nas ruas com e sem arborização em cada amostra e estação do ano.

Na amostra Alto da Rua XV é possível notar que, em todas as estações do ano, as curvas dos valores do UTCI da rua arborizada com tipuna estiveram abaixo das curvas dos valores da rua sem arborização, exceto na estação do inverno. Nessa estação, nos 30 minutos iniciais a rua

arborizada apresentou desconforto por “leve frio”, após esse período manteve-se na escala de conforto. Já a rua sem arborização permaneceu por um período maior na escala de “leve frio”.

Na primavera, durante todo o período de monitoramento, a rua arborizada apresentou condições de conforto e a rua sem arborização chegou a marcar desconforto por “moderado calor”. A rua sem vegetação, durante o período da manhã, permaneceu na classe de conforto, mas no período da tarde apresentou condições de desconforto. Esta mesma situação ocorreu em menores proporções na estação do outono.

No verão, durante o período da manhã, a rua arborizada estava em condições de conforto, mas durante a tarde passou para “estresse por moderado calor”. Mesmo assim, apresentou condições melhores do que a rua sem arborização. Esta, nas duas horas iniciais esteve na classe de “estresse por moderado calor” e durante o restante do período apresentou “estresse por forte calor”.

Na amostra Hugo Lange, observa-se que em todas as estações do ano as curvas dos valores do UTCI da rua arborizada estiveram abaixo das curvas com valores da rua sem arborização. No inverno, o comportamento entre as ruas foi muito semelhante, as duas mantiveram-se durante todo o período em condições de conforto. Na primavera, até às 12 horas, a rua arborizada apresentou condições de conforto, posteriormente passou para “estresse por moderado calor”, chegando a alcançar “estresse por forte calor” em alguns pontos do período da tarde. Já a rua sem arborização iniciou com “estresse por moderado calor” e se manteve nessa classe na maior parte do tempo, mas após as 13h30 apresentou “estresse por forte calor”.

No verão houve muita oscilação nos valores de UTCI para as duas ruas. Estas apresentaram condições de “estresse por moderado calor” e “estresse por forte calor”. No entanto, na maior parte do tempo, a rua sem arborização esteve em “estresse por forte calor”. Já a rua arborizada apresentou condições mais agradáveis.

No outono, a rua arborizada esteve na maior parte do tempo em condições de “conforto”, apenas entre as 10 horas e 11h30 alcançou “estresse por moderado calor”. A rua sem arborização também apresentou condições de “conforto”, mas alcançou “moderado calor” por mais tempo.

Na amostra Bacacheri, nota-se que em todas as estações do ano as curvas dos valores do UTCI do trecho arborizado estiveram abaixo das curvas dos valores do trecho sem arborização.

No inverno, nos 30 minutos iniciais, a rua arborizada apresentou desconforto por “leve frio”, após este período, manteve-se na escala de conforto. Já a rua sem arborização, durante o período da manhã, esteve em condições de conforto, mas à tarde passou para “moderado calor”.

Na primavera e outono, durante todo o período de monitoramento, a rua arborizada apresentou condições de conforto e a rua sem arborização, embora também tenha passado grande parte do período em condições de conforto, chegou a marcar desconforto por “moderado calor”.

No verão, durante a maior parte do tempo, a rua arborizada apresentou condições de moderado calor, passando para forte calor na última hora. Já a rua sem arborização, durante o período da manhã, apresentou condições de “forte calor” e durante a tarde “muito forte calor”.

Em todas as estações do ano, a rua arborizada com tipuana na amostra Alto da Rua XV e a rua arborizada com dedaleiro e angico na amostra Bacacheri apresentaram melhores condições de conforto térmico do que a rua sem arborização, inclusive no inverno.

As ruas analisadas da amostra Hugo Lange apresentaram comportamento semelhante, provavelmente devido às características da arborização nessa amostra, pois o ipê-amarelo além de apresentar copa rala foi plantado de forma bem espaçada ou copas separadas. Mesmo assim, em todas as estações do ano a rua arborizada com ipê-amarelo apresentou condições de conforto térmico. Resultados mais significativos foram encontrados por outros autores, que analisaram indivíduos isolados de diferentes espécies arbóreas do Campus da Universidade Estadual de Campinas, nas estações do inverno e verão, concluindo que o ipê-amarelo proporcionou melhor sensação de conforto térmico¹⁰.

Os melhores índices de conforto térmico obtidos nas ruas analisadas indicam o benefício da arborização no microclima ao longo de todo o período de monitoramento. Até mesmo no inverno as ruas arborizadas apresentaram melhores condições de conforto térmico, estação na qual se observou temperaturas mais baixas nestas ruas do que nas ruas sem arborização. Nas

demais estações, como esperado, em resposta ao microclima proporcionado, sempre foram verificadas melhores condições de conforto térmico na rua arborizada.

O grau de influência da arborização no conforto térmico também foi variável conforme a composição utilizada. Nas cidades, os indivíduos arbóreos costumam ocorrer em formas combinadas, seguindo os arranjos do meio urbano, por isso o resultado relativo ao conforto é específico²³. Apesar disso, mesmo que de forma diferenciada, todas as espécies analisadas no presente estudo proporcionaram melhores condições de conforto térmico do que as ruas sem arborização²³.

Ao serem analisados os benefícios proporcionados pelas espécies *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo), *Syzygium cumini* (jambolão) e *Mangifera indica* (mangueira), os autores também concluíram que todas estas espécies foram capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato¹⁰. Porém de modo distinto, pois as espécies decíduas proporcionaram boas condições de conforto em diferentes distâncias durante todo o ano e as espécies perenes, tiveram maior influência na sensação térmica no período de verão do que no inverno¹⁰. Em ambas as estações foram encontradas condições mais confortáveis à sombra da copa do que nos arredores imediatos¹⁰.

Ainda com relação à diferença entre as espécies, destaca-se que os indivíduos de copas amplas, com alta densidade de folhas largas e espessas, perenifólias e de arquitetura arbórea aberta resultam em maior conforto térmico²³. Além disso, a forma, o tamanho e a espessura das folhas, interferem na quantidade e qualidade de luz transmitida²³. O mesmo acontece com as características do caule (diâmetro, cor, rugosidade e altura) ou com os elementos de reprodução (como cor, tamanho, forma e disposição de flores, frutos e sementes)²³.

A influência da arborização no conforto térmico deve-se principalmente ao sombreamento. A temperatura na sombra é apenas poucos graus mais baixa do que ao sol, assim a sensação pessoal de conforto à sombra deve-se ao fato de não haver aquecimento provocado pela radiação solar direta²⁴.

Na área urbana o conforto humano não depende só da não incidência de radiação solar direta tanto nas próprias pessoas como em materiais de construção impermeabilizantes, que absorvem o calor em vez de interceptá-los, mas depende também da ventilação natural²⁵. O vento é refrigerado ao entrar em contato com as superfícies foliares e realizar trocas por convecção²⁵.

Outros aspectos relacionados com o vento podem influenciar no conforto térmico. A vegetação pode bloquear ventos frios no inverno ou dirigir a entrada de correntes que resfriem o ambiente no verão²⁶. O efeito do vento pode ser positivo ou negativo, dependendo grandemente da presença ou não de vegetação urbana²⁷. No verão, a ação do vento, retirando as moléculas de água transpiradas de homens e árvores, aumenta a evaporação e, conseqüentemente a sensação de conforto térmico²⁷. No inverno, significa um aumento do resfriamento do ar²⁷. Sabe-se que para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade relativa do ar²⁸. Assim, um movimento de ar da ordem de 1,5 m/s tem o mesmo efeito térmico sobre uma pessoa que uma diminuição de 3°C na temperatura do meio²⁹.

4. CONCLUSÃO

A análise do comportamento periódico do índice de conforto térmico utilizado permitiu constatar que, ao longo de todo o período de monitoramento, as ruas arborizadas apresentaram melhores condições de conforto térmico, o que se repetiu em todas as estações do ano.

Os resultados encontrados enfatizam a importância da arborização de ruas para a cidade de Curitiba, pois foi demonstrado que a arborização proporcionou um microclima urbano mais confortável termicamente ao longo do dia.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento para aquisição dos equipamentos.

1. LIMA NETO, E. M. *Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR*. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
2. BIONDI, D. *Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas*. Curitiba, 2008. 120 p.
3. VOLPE-FILIK, A.; SILVA, L. F. da; LIMA, A. M. L. P. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba/SP através de parâmetros qualitativos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 34 - 43, 2007.
4. MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. *Árvores para cidades*. Salvador: Solisluna, 2009. 340 p.
5. DIMOUDI, A. NIKOLOPOULOU, M.; Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, Inglaterra, v. 35, n. 1, p. 69 - 76, 2003.
6. McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R. A comparison of municipal forest. Benefits and costs in Modesto and Santa Monica, Califórnia, USA. *Urban Forestry & Urban Green*, Davis, n. 1, p. 61 - 74, 2002.
7. LEAL, L. *A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR*. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
8. YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, Lausanne, v. 38, p. 105 - 120, 2006.
9. HUANG, L.; LI, J.; ZHAO, D.; ZHU, J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. *Building and Environment*, Oxford, v. 43, p. 7 - 17, 2008a.
10. ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103 - 117, out./dez. 2010.
11. SILVA, C. F. *Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina – PI*. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
12. SCHMID, A. L. *A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído*. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.
13. ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. *A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas*. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.
14. HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, Ohio/USA, v. 43, p. 71 - 75, 1999.
15. ROSSI, F. A. *Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba*. 188 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
16. INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). *Desenvolvimento sustentável: indicadores de sustentabilidade de Curitiba – 2010*. Curitiba: IPPUC, 2011. 77 p
17. INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). *Curitiba em dados*. Disponível em: <http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>. Acesso em: 17/01/2012.
18. INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA (IGPZ). *Bioklima*. Disponível em: <<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>> Acesso em: 18/07/2012.
19. BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI - a case study in southern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, Ohio/USA, v. 56, p. 471 - 480, 2012.
20. INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Ergonomics of the thermal environment - instruments of measuring physical quantities*, ISO 7726. Switzerland, 1998.
21. BLAŽEJCZYK, K.; BROEDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; KUNERT, A. Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in european scale. *Miscellanea Geographica*, Warszawa, v. 14, p. 91 - 102, 2010.

-
22. UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI). *Documents* - assessment scale. Disponível em: < <http://www.utci.org/index.php>>. Acesso em: 15/05/2012.
 23. ABREU, L. V. de *Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas*. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
 24. HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. *Journal of Forestry*, Washington, v. 72, n. 8, p. 466 - 469, 1974.
 25. SILVA, I. M. da; GONZALEZ, L. R.; SILVA FILHO, D. F. da. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 6, n. 4, p. 35 - 50, 2011.
 26. MAGALHÃES, L. M. S.; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 193, p. 64 - 68, mai. 2003.
 27. MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. *Arborização de vias públicas*. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.
 28. GIRALT, R. P. *Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS*. 237 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2006.
 29. RIVERO, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1985. 239 p.