

VALORES EXTREMOS DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NAS RUAS DE CURITIBA-PR: COMPARAÇÃO ENTRE AMBIENTES ARBORIZADOS E SEM ARBORIZAÇÃO

Angeline Martini¹, Daniela Biondi², Antonio Carlos Batista³, Kendra Zamproni^{4 5}

RESUMO

O inadequado planejamento urbano gera diversos problemas socioambientais, dentre os quais estão as alterações climáticas, que modificam os índices de conforto térmico, prejudicando a qualidade de vida da população. O objetivo deste trabalho foi comparar os valores extremos do índice de conforto térmico obtidos em ruas arborizadas e sem arborização da cidade de Curitiba-PR. Para isto foram selecionados trechos de rua com e sem arborização. O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado com miniestações da marca Kestrel® e “medidores de stress térmico”, TGD-400. A coleta 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 (*Universal Thermal Climate Index*). Os resultados demonstram que os valores extremos das ruas arborizadas proporcionam melhores condições de conforto do que as ruas sem arborização, em todas as estações do ano. Embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa para os valores gerais, a classificação do UTCI máximo aponta menor desconforto do que na rua sem arborização. Conclui-se que os valores extremos do índice nas ruas arborizadas apresentaram melhores condições de conforto térmico.

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

EXTREME VALUES OF THERMAL COMFORT INDEX ON THE STREETS OF CURITIBA-PR: COMPARISON BETWEEN ENVIRONMENTS WITH AND WITHOUT TREES

ABSTRACT

The incorrect city planning cause many socio-environmental problems, among which are climate change, that modify the thermal comfort indexes, damaging the quality of life. The aim of this research was compare the extreme values of thermal comfort index in streets with and without trees on the streets of Curitiba. Thereunto, stretches of streets with and without trees were selected. To monitoring the meteorological variables, mini-stations Kestrel® and heat stress monitor TGD-400 were used. The data collection 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 Universal Thermal Climate Index (UTCI). The results indicated that the extreme values in streets with trees provide better comfort than the streets without trees, in all seasons. Although no statistically significant difference for the overall values, the maximum UTCI classification points less discomfort than in street without trees. It was concluded that extreme values of thermal comfort index in streets with trees showed better thermal comfort.

Keywords: Urban forestry; UTCI; Thermal comfort index.

¹ Doutoranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná - Curitiba - E-mail: martini.angeline@gmail.com.

² Profa.Dra. da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Depto de Ciências Florestais, Curitiba - E-mail: dbiondi@ufpr.br.

³ Prof.Dr. da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Depto de Ciências Florestais, Curitiba - E-mail: batistaufpr@ufpr.br.

⁴ Graduanda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná - UFPR, Depto de Ciências Florestais, Curitiba - E-mail: kendra.zam@gmail.com

⁵ recebido em 30.04.2013 e aceito para publicação em 15.09.2013



INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população urbana, atrelado à expansão acelerada das cidades e sem o devido planejamento, altera o espaço urbano e gera diversos problemas nos aspectos socioambientais (MARTINI, 2011). Segundo Kántor e Unger (2010), o rápido crescimento da população mundial e a possibilidade de melhores ofertas de trabalho nas cidades são os responsáveis pelo aumento desenfreado do número de pessoas residindo em áreas urbanas.

Na maioria destas áreas, ao longo do século passado, foi empregado um modelo urbano-industrial intensivo e predatório, que provocou mudanças socioespaciais drásticas no território e consequências ambientais graves, cujos impactos podem ser comparados aos efeitos de grandes catástrofes naturais (FERNANDES, 2004).

O desenvolvimento desses espaços urbanos sem planejamento adequado atribui características insalubres à urbe, devido principalmente às ações antrópicas e seus efeitos (MARTINS *et al.*, 2011), além de provocar a supressão da vegetação para dar lugar aos equipamentos urbanos (LIMA NETO *et al.*, 2010). Desta forma, as áreas urbanas apresentam uma série de efeitos adversos, tais como: poluição (sonora, atmosférica, hídrica e de solo), mudanças climáticas, inclusão de fauna e flora exótica, alteração ou desaparecimento de cursos d'água, fragmentação e isolamento dos remanescentes florestais e o contato intenso e contínuo da população humana (BIONDI, 2012).

As alterações climáticas são talvez os mais significativos impactos no ambiente urbano. É possível perceber que as áreas densamente construídas apresentam temperaturas mais elevadas quando comparadas ao seu entorno, criando “ilhas de calor urbano” (LEAL, 2012). Fenômeno que

exerce grande influência na qualidade de vida da população.

Segundo Abreu (2008), um dos principais responsáveis pelas alterações do clima nos grandes centros urbanos é a falta de vegetação, uma vez que as propriedades de regulação e melhoria do clima que elas oferecem é uma característica fundamental para garantir um clima urbano ideal.

Leal (2012) afirma que 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 urbano. Pois, 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 reduzida (YU; HIEN, 2006). Além disso, a vegetação é essencial na estrutura e dinâmica da paisagem urbana, pois devido suas características, melhora a qualidade de vida da população e a condição ambiental (LIMA NETO, 2011).

Conforme Martini (2011) é cada vez mais difícil encontrar nas cidades espaços para a criação de áreas verdes, devido a competição com os equipamentos urbanos. Por isso, as árvores plantadas ao longo das ruas que formam a arborização viária, são uma alternativa na busca pelo bem-estar da população. Deste modo, tornam-se necessários os estudos sobre clima urbano, uma vez que o ser humano sempre está em busca de melhor qualidade de vida e conforto ambiental (CRUZ, 2009).

Possivelmente, a forma mais direta e aplicada de auxiliar nesses processos de planejamento, seria analisar os benefícios microclimáticos que a



cobertura arbórea proporciona ao homem, pela utilização de índices de conforto térmico, em virtude destes índices refletirem o efeito combinado de todas as variáveis que influenciam na sensação térmica.

O conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos termorreguladores são mínimos, ou ainda, na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir satisfeito com o meio (GARCÍA, 1995). Segundo Roaf *et al.* (2009), 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 térmicos. Entre os índices mais recentes

está o UTCI, *Universal Thermal Climate Index*, que tem sido amplamente adotado em avaliações referentes ao conforto térmico em ambientes externos (ROSSI, 2012). Segundo a mesma autora este índice foi desenvolvido na Europa e tem sido amplamente adotado, pois é aplicável a todos os tipos de clima, independente das características pessoais dos indivíduos.

Tendo em vista que a avaliação do ambiente térmico externo é uma das principais ferramentas para dar suporte ao planejamento urbano (VANOS *et al.* 2010), o objetivo deste trabalho foi comparar os valores extremos do índice de conforto térmico obtidos nas ruas arborizadas e sem arborização da cidade de Curitiba.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, localizada na região sul do Brasil, 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 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 frequentes (IPPUC, 2011).

Utilizando os dados do IPPUC (2012), 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 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 arborizada 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*.

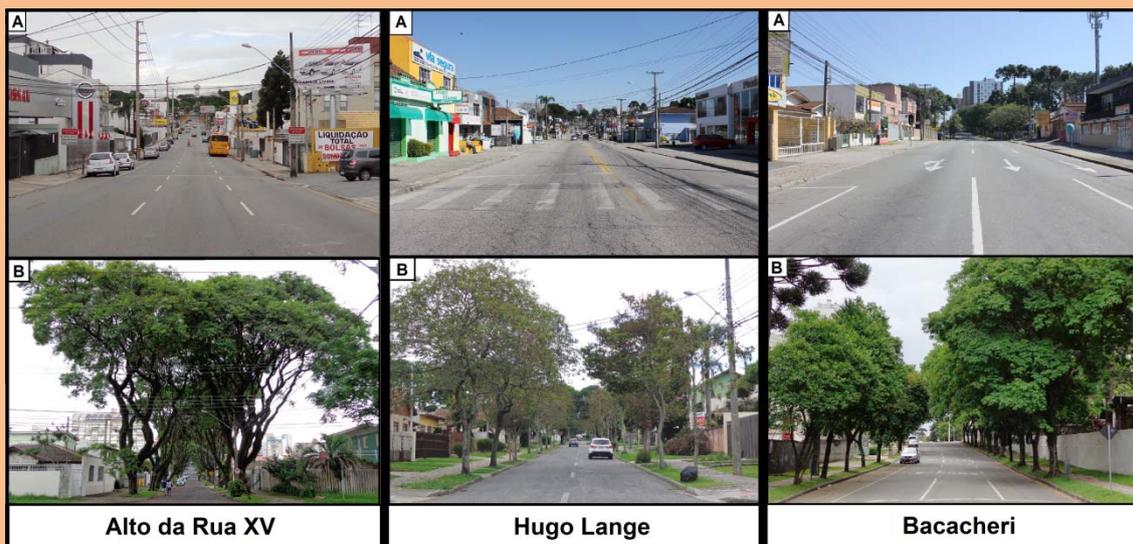


Figura 1. Amostras estudadas na cidade de Curitiba. A) Ruas sem arborização; B) Ruas arborizadas

Para analisar a influência das árvores de ruas no conforto térmico da cidade, foram utilizadas duas miniestações da marca Kestrel® e dois medidores de estresse 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 estresse térmico TGD-400 foi fixado em um tripé, onde a mesa de sensores permaneceu 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.

A influência da arborização de ruas no conforto térmico foi analisada através do *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 Blazejczyk (IGPZ 2012). 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, foi necessário aplicar um fator de escala para a determinação dessa variável (BRÖDE et al. 2012):

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

Onde:

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

$v_{a_{10m}}$ = 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 7726, para convecção forçada:

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

Onde:

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

t_g = temperatura do globo (°C);

v_a = velocidade do vento (m/s);

t_a = 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 (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: Blażejczyk *et al.* (2010); Universal Thermal Climate Index - UTCI (2012)

A partir desse conjunto de dados determinaram-se os valores máximos e mínimos do UTCI em cada dia de coleta e em cada rua. Posteriormente ao conjunto destas informações aplicou-se o teste t de Student (99% de significância). Os valores

máximos e mínimos encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, em cada amostra e estação do ano, foram então apresentados em gráficos para possibilitar uma análise mais aprimorada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rua arborizada, de maneira geral, apresentou menores valores de UTCI máximo e mínimo, quando comparada com a rua sem arborização. O teste t de Student indicou não haver diferença

significativa entre as médias. No entanto, houve variação na escala de conforto entre as ruas para os valores de UTCI máximo (Tabela 2.).

Tabela 2. Valores extremos do UTCI encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização

Arborização	UTCI máximo (°C)	UTCI mínimo (°C)
Sem	32,3	19,9
Com	27,8	15,9
Teste t	1,62 ^{ns} (p = 0,119)	1,28 ^{ns} (p = 0,212)

LEGENDA: ■ Sem estresse ■ Moderado calor ■ Forte calor

(^{ns}) Não significativo pelo teste t de Student.

A média geral entre os valores das três amostras analisadas em cada estação do ano, apresentadas na Tabela 2 revelaram que embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa para os valores máximos de UTCI, a classe de conforto da rua sem arborização foi diferente da rua arborizada. Na primeira, obteve-se a classe de “estresse por forte calor” e na segunda, uma escala mais agradável, “estresse por moderado calor”. Embora a média do UTCI mínimo da rua arborizada tenha sido 4,0 °C menor do que o encontrado nas ruas

sem arborização, a classe de conforto não se alterou. Para ambas as ruas, o UTCI mínimo permitiu a sensação de conforto.

Os resultados apresentados anteriormente mostram a influência que a arborização de ruas exerce nos valores de UTCI, de modo geral. Entretanto, quando se analisa os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, separadamente para cada estação e amostra, pode-se observar algumas características peculiares de cada amostra ou estação (Figura 2).



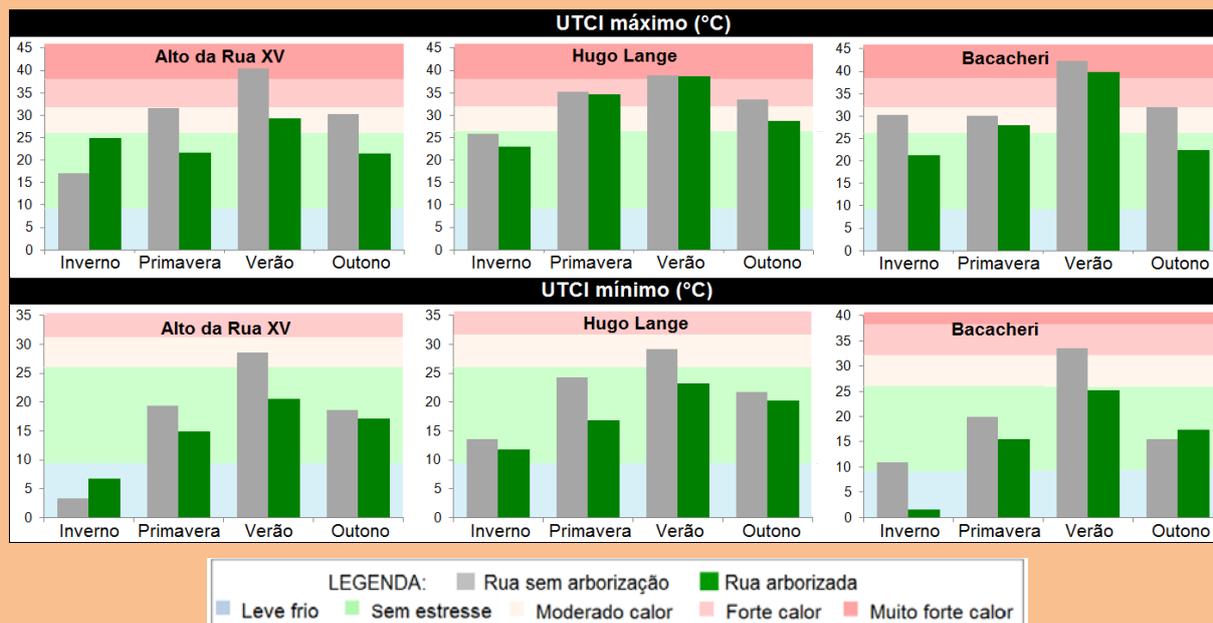


Figura 2. Valores extremos do UTCI encontrados nas ruas em cada amostra e estação do ano

Observa-se que, na amostra Alto da Rua XV os valores máximos e mínimos do UTCI da rua sem arborização foram superiores aos da rua arborizada com tipuana, nas estações da primavera, verão e outono. No inverno, isto se inverteu. No entanto, embora as máximas das duas ruas estejam na classe de “conforto” e as mínimas na classe de “estresse por leve frio”, esse valor mais elevado na rua arborizada a torna mais agradável no inverno, quando são encontradas temperaturas mais baixas. Na primavera e outono, os valores máximos do UTCI na rua arborizada mantiveram-se na classe de “conforto”, enquanto que os da rua sem arborização ficaram em “estresse por moderado calor”. Já para os valores mínimos, ambas as ruas apresentaram condições confortáveis. No verão, a rua arborizada apresentou um UTCI máximo classificado como “estresse por moderado calor”, enquanto a rua sem arborização foi classificada como “estresse por muito forte calor”. Para os valores mínimos, a rua arborizada apresentou um valor classificado em “conforto”, enquanto a sem arborização apresentou “estresse por moderado calor”.

Na amostra Hugo Lange é possível notar que os valores máximos do UTCI na rua sem arborização sempre foram maiores do que o da rua arborizada com ipê-amarelo, em uma proporção pequena. No inverno, primavera e verão, a classe de conforto encontrada foi a mesma para as duas ruas, “sem estresse”, “estresse por forte calor” e “estresse por muito forte calor”, respectivamente. Já no outono, a rua arborizada foi classificada como “confortável”, enquanto a sem arborização foi classificada como “estresse por moderado calor”. Os valores mínimos desta amostra sempre foram menores na rua arborizada, sendo que em todas as estações marcaram condições de “conforto”. A rua sem arborização apresentou condições de conforto em todas as estações, exceto no verão (“estresse por moderado calor”).

A amostra Bacacheri apresentou valores de UTCI máximo na rua sem arborização superiores ao da rua arborizada, em todas as estações do ano. No entanto, na primavera e verão as duas ruas apresentaram a mesma classe de conforto, “estresse por moderado calor” e “estresse por muito forte

calor”, respectivamente. No inverno e outono, a rua arborizada apresentou condições de conforto, enquanto a rua sem arborização apresentou “estresse por moderado calor”. Para os valores mínimos, as duas ruas apresentaram condições de conforto na primavera e outono. No inverno, a rua arborizada apresentou condição de “estresse por leve frio” e a rua sem arborização condição de conforto. Isto ocorreu devido à permanência das folhas nas árvores, nesta estação. No verão, a rua arborizada foi classificada como “confortável”, enquanto a sem arborização apresentou “estresse por forte calor”.

Pode-se notar, de maneira geral, que para os valores extremos, as ruas arborizadas proporcionam melhores condições de conforto do que as ruas sem arborização, em todas as estações do ano. Isto ocorreu devido a atenuação das variáveis microclimáticas que a cobertura arbórea proporciona.

Esta influência da arborização no conforto térmico deve-se principalmente ao sombreamento. Givoni (1994) afirma que para se alcançar um microclima desejado, o primeiro recurso seria a criação de sombra de boa qualidade com uma arborização de larga escala, pois a proteção contra a radiação solar tem um grande efeito na redução do estresse térmico. Heisler (1974) alerta para o fato de que 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 direta.

Segundo Silva, Gonzalez e Silva Filho (2011), 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 natural. Pois o vento é refrigerado ao entrar em contato com as superfícies foliares e realizar trocas por convecção.

Para Mahmoud (2011), o efeito das árvores no microclima ao longo do dia também é devido à redução da passagem dos raios solares para o chão, proporcionando sombreamento a essa área. Entre 60 e 75% da energia solar incidente na vegetação é consumida em processos fisiológicos, pois as plantas não armazenam calor nas suas células (BERNATZKY, 1980). Dependendo do tipo de cobertura, pode absorver até 50% de radiação de onda curta e 95% de radiação de onda longa (GONÇALVES, 2009).

Abreu (2008) ressalta que a evapotranspiração das plantas é que exerce efeito muito positivo no clima urbano, pois esse processo tem a capacidade de absorver calor, o que leva à diminuição da temperatura do microclima local nas horas de maior intensidade. A evapotranspiração é o processo de transferência da água da superfície do solo vegetado até a atmosfera pela vaporização da água no estado líquido (JENSEN; BURMAN; ALLEN, 1991).

Por fim, Oke (1989), Furtado (1994) e Velasco (2007) acreditam que a vegetação propicia resfriamento passivo nas áreas construídas pelos seguintes meios: o sombreamento gerado pela vegetação, que reduz a conversão da energia radiante em calor sensível e, conseqüentemente reduz as temperaturas da superfície dos objetos sombreados; e a evapotranspiração na superfície da folha, que resfria a folha e o ar adjacente devido à troca de calor latente.

CONCLUSÕES

A arborização de ruas proporciona microclimas mais confortáveis termicamente, sendo que os valores extremos do índice de conforto térmico nas ruas arborizadas apresentaram melhores resultados em todas as estações do ano.

Os resultados encontrados enfatizam a importância da arborização de ruas para a cidade de Curitiba, pois foi comprovado que a cobertura arbórea proporciona melhores condições de conforto térmico para o homem.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1980. 357 p.

BIONDI, D. Pesquisas e conservação em áreas urbanas protegidas. In: LIMA, G.S.; BONTEMPO, G.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, W. (Org.). **Gestão, pesquisa e conservação em áreas protegidas**. Viçosa-MG: Os Organizadores, 2012. p. 157 – 170.

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.

CRUZ, G. C. F. da **Clima urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira**. 366 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FERNANDES, E. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 99 - 128.

FURTADO, A. E. **Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial Síntesis S. A, 1995. 285 p.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 272 p.

GONÇALVES, C. E. C. **Ruas confortáveis, ruas com vida: proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas**. Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

Angeline Martini et al.



HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, Washington, v. 72, n. 8, p. 466 - 469, 1974.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Desenvolvimento sustentável: indicadores de sustentabilidade de Curitiba – 2010**. Curitiba: IPPUC, 2011. 77 p.

_____. **Curitiba em dados**. Disponível em:

<http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>. Acesso em: 17/01/2012a.

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA (IGPZ). **Bioklima**. Disponível em: <<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>> Acesso em: 18/07/2012.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STARDARDIZATION (ISO). Ergonomics of the thermal environment - instruments of measuring physycal quantities, ISO 7726. Switzerland, 1998.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1991. 332 p. (Manual of practice, n. 70).

KÁNTOR, N.; UNGER, J. Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: an urban park as an example. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 98, p. 36 - 46, 2010.

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.

LIMA NETO, E. M. de; BARDELLI-DA-SILVA, M. Y.; SILVA, A. R. da; BIONDI, D. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro Centro de Curitiba - PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 40 - 56, 2010.

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.

MAHMOUD, A. H. A. Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. **Building and Environment**, Oxford, v. 46, p. 2641 - 2656, 2011.

MARTINI, A. Estudo fenológico em árvores de rua. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. de (Org.). **Pesquisas em arborização de ruas**. Curitiba, 2011. p. 29 - 48.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; HANISCH, R. F.; DE ANGELIS, B. L. D.; CAXAMBU, M. G. Análise da compatibilidade da arborização viária com o ambiente construído na cidade de Luiziana, Paraná, Brasil. **Revista da Sciedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 103 - 127, 2011.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, Great Britain, v. 324, p. 335 - 349, 1989.

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.

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.

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.



VANOS, J.; WARLAND, J.; GILLESPIE, T.; KENNY, N. Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 319-334, 2010.

VELASCO, G. D. N. **Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica**: definição de três áreas na cidade de São Paulo – SP, aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativa de Graus-Hora de calor. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 38, p. 105 - 120, 2006.

Angeline Martini et al.

