**Universidade de São Paulo
Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Arborização na cidade de Campinas/SP- percepção e conforto

Léa Yamaguchi Dobbert

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Conservação de
Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2015**

Léa Yamaguchi Dobbert
Arquiteta

Arborização na cidade de Campinas/SP- percepção e conforto

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Conservação de
Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Dobbert, Léa Yamaguchi

Arborização na cidade de Campinas/SP - percepção e conforto / Léa Yamaguchi

Dobbert. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -
Piracicaba, 2015.

186 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Percepção 2. Ambiente urbano 3. Conforto térmico 4. Arborização viária 5. Bem-estar
6. IFU 7. ENVI-met 8. RayMan 9. PMV 10. PET I. Título

CDD 715.2
D638a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

“Nesses tempos de céus de cinzas e chumbos, nós precisamos de árvores desesperadamente verdes.” (Mário Quintana)

a todos que amam as árvores...

dedico

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus pela luz e proteção.

Agradeço aos meus pais pelo carinho, amor e apoio em todas as horas.

À minha família, pela paciência e compreensão e especialmente ao meu filho Fernando que tanto me ajudou com a revisão dos abstracts.

Ao meu orientador prof. Demóstenes Ferreira da Silva, pelo apoio, orientação, confiança, amizade e incentivo.

À profa Alessandra Prata-Shimomura, pelos conselhos, pelas valiosas críticas e sugestões.

Ao meu co-orientador prof. Evandro Ziggiatti Monteiro, pelas inspirações, ideias e comentários.

Ao prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pelas sugestões, ensinamentos e grande colaboração na estatística.

À profa. Ana Maria Liner Pereira, pelas observações pertinentes no exame de qualificação.

À profa. Francisca Pinheiro, por sua amizade e participação nas minhas escolhas acadêmicas.

À profa. Lucila Chebel Labaki, pelo grande auxílio dado no empréstimo de instrumentos utilizados em minha pesquisa de campo.

À Laura Beatriz, pelos ensinamentos e dedicação.

Ao prof. Antônio Lopes pelas observações e esclarecimentos de dúvidas em relação ao programa ENVI-met.

Ao prof. Leonardo Monteiro pelos palpites, críticas e valiosos comentários.

Ao Jefferson Lordello Polizel, pela amizade e pronta disponibilidade para ajudar no tratamento de imagens e classificações.

Ao Flávio, por horas despendidas nas simulações e ensinamentos do programa Envi-met.

Ao Caio, pela formulação do fator de ajuste para o Índice de Floresta Urbana (IFU), uma grande contribuição.

À Jaqueline Girnus pelos comentários e sugestões.

À Helena, amiga pra todas as horas...e a Mariana, Bigudi, Cela, Dalton, pela imensa contribuição na pesquisa de campo.

A Karina, Brena, Alisson, à pequena Kelli e ao Tião da Comunidade Vila Brandina, pela grande colaboração e auxílio.

À Giovana pela dedicação e pronta disponibilidade em ajudar.

A Daniel e Obadias, do LACAF, pela valiosa colaboração em minha pesquisa de campo.

Ao Gustavo Coral do CEPAGRI e à Denise do IAC pela atenção e colaboração na obtenção de dados da estação meteorológica.

A Paola e Marília, pela amizade, carinho e tranquilidade em momentos difíceis.

À Eloisa Lopes, pela escuta, conselhos e leveza trazida em tantos dias aflitos.

Aos colegas de laboratório, Sabrina e Claudia Coleoni pelos socorros em vários momentos, Isadora, Mauro, Larissa, Felipe, Déia, Luciana, Inguia, Matheus, Camila, Erika, Maísa, Gustavo, Edgar, Eric, André e todos os demais, pelo carinho, encontros e acolhida.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro para realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo principal	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 Hipóteses	18
Referências	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Arborização viária e interferências no microclima	23
2.2 Índices de conforto térmico	25
2.3 Programas computacionais para avaliação do conforto térmico	29
2.3.1 O modelo RayMan	30
2.3.2 O programa ENVI-met.....	32
2.4 O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.....	34
2.4.1 Classificação supervisionada e o Índice de Floresta Urbana (IFU)	35
2.5 Áreas verdes e bem-estar	37
2.5.1 Os efeitos positivos das áreas verdes	38
2.5.2 Percepção e espaço vivenciado	41
2.5.3 Praças, espaços livres e vias públicas	44
Referências	47
3 DESCRIÇÃO DAS AREAS DE ESTUDO.....	57
3.1 Bairro Jardim das Paineiras	57
3.2 Bairro Cambuí	59
3.3 Centro.....	60
3.4 Comunidade Vila Brandina.....	62
Referências	68
4 A INTERFERÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MICROCLIMA DE CAMPINAS.....	69
Resumo	69
Abstract	69
4.1 Introdução	70
4.2 Material e Métodos	72

4.2.1 Área de estudo	72
4.2.2 Índices de conforto térmico	72
4.2.3 Cobertura arbórea e Índice de Floresta Urbana (IFU).....	73
4.3 Resultados e Discussão	75
4.3.1 Quantificação da cobertura arbórea, valores do IFU e proposta de índice de ajuste para o IFU	75
4.3.2 Análise dos dados	85
4.4 Conclusões.....	89
Referências	90
5 INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MICROCLIMA ESTIMADA POR MEIO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	93
Resumo	93
Abstract	93
5.1 Introdução	93
5.2 Material e métodos	95
5.2.1 Simulação em microescala por meio do programa ENVI-met.....	95
5.2.2 Classificação da área de estudo por meio do programa MultiSpec©.....	98
5.2.3 Diferentes cenários obtidos por meio de simulações	99
5.3 Resultados e discussão.....	102
5.4 Conclusões.....	105
Referências	106
6 ÍNDICES DE CONFORTO (PMV E PET) E A SENSAÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE.....	109
Resumo	109
Abstract	109
6.1 Introdução	110
6.2 Material e Métodos.....	112
6.2.1 Área de estudos	112
6.2.2 Questionários aplicados aos usuários das áreas de estudo.....	112
6.2.3 Método de avaliação de conforto térmico.....	113
6.3 Resultados e discussão.....	115
6.3.1 Relação entre variáveis climáticas e os índices de conforto e PMV e PET.....	115
6.3.2 Perfil dos entrevistados	117
6.3.3 Avaliação do conforto térmico dos usuários das áreas de estudo.....	118

6.4 Conclusões.....	134
Referências	135
7 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA POR USUÁRIOS DA CIDADE DE CAMPINAS/SP- UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO	139
Resumo	139
Abstract	139
7.1 Introdução	140
7.2 Material e métodos	142
7.2.1 Área de estudos	142
7.2.2 Questionários	142
7.3 Resultados e discussão.....	145
7.3.1 Teste de confiabilidade e validade das fotos utilizadas como instrumento desta pesquisa	145
7.3.2 Resultados das entrevistas relacionadas à percepção dos moradores quanto à arborização nas áreas em estudo.....	146
7.4 Conclusões.....	161
Referências	162
8 CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	167
APÊNDICES.....	173
ANEXOS	179

RESUMO

Arborização na cidade de Campinas/SP- percepção e conforto

A influência benéfica de áreas verdes no conforto humano em áreas urbanas tem sido reconhecida por estudos de diferentes campos do conhecimento. Áreas verdes e arborização bem planejada constituem importantes recursos para melhorar a qualidade do ambiente ao promover bem-estar físico e mental aos seus usuários. Avaliar o grau de interferência proporcionado pela arborização no conforto térmico e bem-estar da população foi o objetivo principal do presente estudo. O índice de floresta urbana (IFU) avaliou a interferência da quantidade de cobertura arbórea em quatro áreas da cidade de Campinas/SP/Brasil em relação às condições de conforto térmico. Para tanto, foram utilizados índices de avaliação de conforto térmico (PMV Predicted Mean Vote e PET- Physiologically Equivalent Temperature) obtidos por meio do modelo Ray Man Pro. Questionários aplicados aos usuários das áreas de estudo possibilitaram verificar se os resultados obtidos por meio dos índices PMV e PET correspondiam à real sensação de conforto térmico relatada pelos entrevistados. Simulações com o uso do programa ENVI-met v. 3.1 foram realizadas a fim de observar as interferências microclimáticas causadas pela inserção de vegetação no meio urbano. A percepção do usuário das áreas de estudo em relação à arborização urbana também foi identificada por meio de questionários. Essa pesquisa permitirá no futuro, a partir dos resultados levantados, construir um instrumento para ser incorporado no plano diretor de arborização urbana, possibilitando urbanistas e profissionais, que atuam de forma direta ou indireta no planejamento das cidades, inspecionar e analisar o conforto térmico e a qualidade de vida no meio urbano, tendo em vista a valorização e adequação da arborização viária em seus projetos.

Palavras-chave: Percepção; Ambiente urbano; Conforto térmico; Arborização viária; Bem-estar; IFU; ENVI-met; RayMan; PMV; PET

ABSTRACT

Street trees in the city of Campinas/SP - comfort and perception

The benefits of green urban area on human comfort have been recognized by studies performed in different knowledge fields. Green areas and urban forest planning are important tool to improve the quality of the urban environment by promoting physical and mental wellbeing to its users. The main goal of the present study is to assess the interference promoted by green areas in the welfare and thermal comfort of the urban population. The Urban Forest Index (IFU) evaluated the interference of the amount of trees in four areas of the city of Campinas, in the state of São Paulo, Brazil in relation to the conditions for thermal comfort. For this purpose, comfort indices have been used for evaluating thermal comfort (PMV-Predicted Mean Vote and PET-Physiologically Equivalent Temperature), obtained by the RayMan model. Questionnaires applied to the users on these study areas aimed to verify if the results of PET and PMV indices corresponded to the thermal sensation by respondents. Simulations using the ENVI-met program v 3.1 were conducted to observe the interference on microclimate due to the presence of vegetation in the urban environment. Questionnaires were also used to assess the perception of users on urban street trees. In the future, results obtained in this study will allow the building of an instrument, which could be included in the urban forest master plan. As a result, urban planners and other professionals who work directly or indirectly in the planning of cities will be able to inspect and evaluate the thermal comfort and the welfare of their citizens, considering the recovery and suitability of urban street trees in their projects.

Keywords: Perception; Urban environment; Thermal comfort; Urban street tree; Well-being; IFU; ENVI-met; RayMan; PMV; PET

1 INTRODUÇÃO

"As árvores sabem que a única razão da sua vida é viver. Vivem para viver. Viver é bom. Raízes mergulhadas na terra, não fazem planos de viagem. Estão felizes onde estão. Enfrentam seca e chuva, noite e dia, chuva e calor, com silenciosa tranquilidade, sem acusar, sem lamentar. E morrem também tranquilas, sem medo. Ah! Como as pessoas seriam mais belas e felizes se fossem como as árvores..." (ALVES, 2008).

Os efeitos da urbanização têm causado impactos no meio ambiente, refletindo de forma direta no conforto humano. A morfologia das cidades foi se modificando no decorrer dos tempos de acordo com as necessidades de cada povo nas diferentes regiões do país. Desde a civilização grega e romana, já havia preocupação com problemas relacionados à salubridade, ocupação do solo e estética, como pode ser constatado pelo tratado urbanístico de Vitruvio (VITRUVIUS POLLIO, 2007). Nesse processo, as pessoas configuram de forma consciente as paisagens em que vivem, transformando o ambiente natural de forma a atender suas necessidades. A cidade, como bem define Benevolo (2009), constitui-se em um conjunto de artefatos artificiais que o homem introduziu numa porção do ambiente natural, alterando as relações entre o homem e o meio circundante. Modificar a natureza topográfica para se ajustar à existência humana, individual e coletiva, utilitária e prazerosa, como observa Burle Marx, é um comportamento humano desde a época neolítica. Neste sentido, Gordon Cullen (1983) refere-se a cidade como sendo um evento drástico no meio ambiente. O homem, ao transformar o ambiente natural, altera a natureza de seus ecossistemas em busca de dois fatores básicos para sua sobrevivência: "produção" e "proteção" (ODUM, 1977)

Existem duas paisagens: a natural, existente, e a humanizada, construída. Esta última corresponde a todas as interferências impostas pela necessidade. Porém, além das implicações decorrentes das razões econômicas (transportes, suprimento, cultivo, moradias, agrupamentos fabris, etc.), há, sem dúvida, a paisagem definida por uma necessidade absoluta para a vida humana, sem o que a própria civilização perderia sua razão ética (BURLE MARX, 1987, p. 12).

A sociedade moderna, buscando atender às necessidades de consumo de sua população, transforma a paisagem natural em artificial por meio de ações humanas (SANTOS, 2008). Spirn (1995) observa que a cidade, por fazer parte da natureza, força essencial que a permeia, precisa ser planejada de forma integrada ao ecossistema existente. O adensamento populacional, o aumento de tráfego de automóveis e a consequente emissão de poluentes, além da supressão da vegetação nativa, da alteração na topografia, do excesso de pavimentação do solo e da redução de sua permeabilidade, são fatores que alteram o microclima, aumentando o desconforto no meio urbano.

Atualmente no Brasil mais de 80% da população reside em cidades, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). Diante dessa realidade, o planejamento de uso e ocupação do solo assume grande importância na medida em que procura minimizar os aspectos negativos causados pelo adensamento das cidades. Neste sentido, Lynch (1997), Spirn (1995), Hough (1989) entre outros, por valorizarem os recursos naturais, procuram tornar a cidade mais saudável sugerindo melhorias na qualidade ambiental. O desenho do espaço urbano deveria, portanto, respeitar as características naturais do meio ambiente a fim de se obter melhor adaptação a ele, proporcionando bem estar aos seus usuários.

A acumulação crescente dos homens em espaços limitados e as transformações subordinadas a interesses econômicos têm prejudicado de forma considerável a qualidade de vida nas cidades, pois desconsidera a “necessidade absoluta para a vida humana”, ou seja, a humanização da paisagem urbana: o processo de reavaliar as possibilidades de um novo desenho urbano, levando em consideração a paisagem, é valorizado pelo paisagista Ian MacHarg ao reconhecer a relação simbiótica entre o homem e seu habitat natural (WALL; WATERMAN, 2012). Nessa linha de pensamento, McHarg (1969) buscou em suas obras, de forma mais completa e inteligente, projetar ambientes humanos em harmonia com as condições da natureza, beneficiando o clima e meio ambiente.

O conforto térmico no meio urbano tem sido tema de diversos estudos realizados por Oke (1978), Höppe (2002), Santamouris et al. (2001), Givoni (1998), Lombardo (1995), Nikolopoulou et al. (2001), Nikolopoulou e Steemers (2003), Nikolopoulou e Likoudis (2006), Labaki et al. (2012), Olgyay (1963), Mascaró e Mascaró (2010), Alcoforado et al. (2009), Shashua Bar et al. (2011), Nowak et al. (1996), Dimoudi e Nikolopoulou (2003) entre outros citados nesta pesquisa.

Inúmeros benefícios proporcionados pelas árvores no espaço urbano podem ser constatados por McPherson e Muchnick (2005) ao demonstrarem os efeitos positivos das sombras das árvores na performance do asfalto, Bueno-Bartholomei e Labaki (2003) ao comprovarem os efeitos da atenuação da radiação solar por diferentes espécies de árvores, Abreu e Labaki (2010) ao avaliarem o raio de influência das árvores através de diferentes índices de conforto e Dacanal et al. (2010) ao analisarem o conforto térmico em fragmentos florestais urbanos.

A pertinência desta pesquisa e sua relevância estão no fato de se utilizar métodos de avaliação do conforto térmico aliados à pesquisa quanti-qualitativa. Foi realizada com usuários dos espaços em estudo e este procedimento metodológico é pouco encontrado em estudos dessa natureza. Ao abordar aspectos físicos e psicológicos dos usuários, esta pesquisa amplia a possibilidade de se avaliar com maior eficiência o conforto humano em ambientes urbanos. Estes aspectos são relevantes para avaliação da interferência no grau de bem-estar proporcionado pela presença de vegetação.

Com base em quatro áreas urbanas selecionadas, analisou-se a relação entre arborização urbana, conforto térmico, bem-estar, assim como o grau de percepção dos usuários em relação ao papel das árvores existentes nestas áreas. A presente pesquisa propõe ainda auxiliar urbanistas e profissionais que atuam de forma direta ou indireta no planejamento das cidades a inspecionar e avaliar a situação da arborização viária no meio urbano, visando sua valorização por meio de um planejamento mais adequado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo principal

Avaliar as interferências proporcionadas pela arborização urbana no conforto térmico e bem-estar dos usuários de quatro áreas localizadas na cidade de Campinas, São Paulo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar interferências da vegetação, dando destaque aos elementos arbóreos, em relação ao conforto térmico proporcionado aos usuários de quatro áreas da cidade

de Campinas (Bairro Cambuí, Centro, Bairro Jardim das Paineiras e Comunidade Vila Brandina).

- Quantificar, por meio de simulações computacionais com o emprego do modelo ENVI-met v. 3.1, alterações no microclima urbano proporcionado pela inserção de vegetação.
- Analisar de modo comparativo as condições de conforto térmico real (questionário) e o conforto térmico calculado (por meio do índice PET- Physiological Equivalent Temperature e do índice PMV- Predicted Mean Vote) para verificar se há diferença significativa entre a sensação térmica real e a calculada.
- Avaliar a correlação entre os índices de conforto PMV e PET.
- Qualificar o grau de percepção dos usuários no que diz respeito à arborização das áreas em estudo.
- Propor um novo método que avalie de forma mais abrangente o conforto térmico e o bem-estar proporcionado pela arborização inserida no meio urbano.

1.2 Hipóteses

A fim de validar as hipóteses de que é possível quantificar e qualificar interferências da arborização no microclima urbano; de que os índices PMV e PET apresentam discordâncias em relação ao conforto térmico relatado por entrevistados; de que o acréscimo de cobertura arbórea reduz a temperatura ambiente e aumenta a umidade relativa do ar em uma determinada proporção, e de que diferentes percepções em relação à arborização viária são apresentadas por usuários das áreas de estudo, algumas questões foram propostas para nortear a presente pesquisa.

1. Quais seriam as interferências da arborização no meio urbano e em que medida e condições é possível quantificá-las e qualificá-las?
2. Os índices de conforto térmico PMV e PET são adequados para avaliar o conforto em ambiente externo? O conforto calculado por meio desses índices corresponde ao relatado pelos usuários?
3. Quais interferências no microclima podem ser observadas pelo aumento da arborização urbana e em que proporção isto ocorre?

4. Qual a percepção do usuário em diferentes áreas de uma cidade em relação aos benefícios proporcionados pela arborização urbana?

A presente pesquisa organiza-se em oito capítulos, estruturados da seguinte forma:

Neste primeiro capítulo, uma breve introdução que contempla hipóteses, objetivos e relevância do estudo; no segundo, apresenta-se fundamentação teórica para abordagem dos temas desta pesquisa; no terceiro, descreve-se as áreas de estudo; no quarto, analisa-se o microclima relacionado às condições de arborização nas áreas estudadas; no quinto, avalia-se a forma como a cobertura arbórea inserida no meio urbano interfere no microclima das referidas áreas por meio de simulações computacionais; no sexto, apresenta-se uma avaliação do conforto térmico dos usuários entrevistados, contrapondo a situação real à avaliada por modelos preditivos de conforto térmico; no sétimo capítulo, avalia-se de forma qualitativa a percepção dos usuários em relação à arborização das áreas em estudo, e no oitavo, algumas conclusões gerais, fluxograma do novo método proposto e considerações finais relativas a esta pesquisa.

Esta pesquisa busca ainda ajustar as formas de avaliação de conforto térmico humano por meio de um novo método que, ao recorrer a diversas ferramentas e programas computacionais, permite uma avaliação de forma mais abrangente e completa.

Referências

- 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, 2010.
- ALCOFORADO, M.J.; ANDRADE, H.; LOPES, A.; VASCONCELOS, J. Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal), **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 90, p. 56-65, 2009.
- BENEVOLO, L. **A cidade e o arquiteto, método e história na arquitetura**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2009. 144 p.
- 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, Poland, 2003, p. 267-270.

CULLEN, G. **Paisagem urbana**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1983. 308 p.

DACANAL, C.; LABAKI, L.C.; SILVA, T.M.L. Vamos passear na floresta? O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, abr./jun. 2010.

DIMOUNDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 35, n. 1, p. 8, 2003.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley, 1998. 464 p.

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 34, p. 661-665, 2002.

HOUGH, M. **City form and natural process**, New York: Routledge, 1989. 280 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE cidades@**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

LABAKI, L.C.; FONTES, M.S.G.C.; BARTOLOMEI, C.L.B.; DACANAL, C. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, 2012.

LOMBARDO, M.A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano**: considerações de método. 1995. 26 p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997. 227 p.

MASCARÓ, L.E.A.R.; MASCARÓ, J.J. **Vegetação urbana**. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010. 212 p.

MARX, R.B. **Arte e paisagem, conferências escolhidas**. São Paulo: Nobel, 1987. 101 p.

MCHARG, I.L. **Design with nature**. New York: Americas Museum of Natural History; by the Natural History Press, 1969. 208 p.

MCPHERSON, E.G.; MUCHNICK, J. Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 31, p. 303-310, 2005.

NIKOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. **Building and Environment**, Oxford, v. 41, p. 1455-1470, 2006.

NIKOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 35, p. 95-101, 2003.

NOWAK, D.; ROWNTREE, R.A.; MACPHERSON, E.G.; SISINI, S.M.; KERKMANN, E.R.; STEVENS, J.C. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 36, n.1, p. 49-57, 1996.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Pioneira, 1977. 201 p.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

OLGYAY, V. **Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey: Princeton University Press, 1963. 190 p.

SANTAMOURIS, M.; PAPANIKOLAOU, N.; LIVADA, I.; KORONAKIS, I.; GEORGAKIS, C.; ARGIRIOU, A.; ASSIMAKOPOULOS, D.N. On the impact of urban climate on the energy consumption of 569 buildings. **Solar Energy**, New York, v. 70, p. 201-216, 2001.

SANTOS, M. **A natureza do espaço, técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 2006. 384 p.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 31, p. 498-506, 2011.

SPIRN, A.W. **O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: EDUSP, 1995. 345 p.

VITRUVIUS, P. **The ten books on architecture**. Cambridge: Cambridge Harvard University Press; London: Humphrey Milford; Oxford University Press, 1914, 376 p.

WALL, E.; WATERMAN, T. **Desenho urbano**. Porto Alegre: Bookman, 2012. 183 p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arborização viária e interferências no microclima

As cidades, com suas diferentes estruturas e dinâmicas, sofrem interferência direta das ações humanas que podem muitas vezes gerar impactos negativos por alterar o microclima de forma desfavorável ao conforto térmico humano. "O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização" (MENDONÇA; MONTEIRO, 2003).

A condição do clima urbano está associada a aspectos relacionados à rugosidade, ocupação, permeabilidade e propriedades térmicas dos materiais existentes e aponta alguns fatores que influenciam na formação de ilhas de calor: propriedades físicas dos materiais, direção dos ventos e ausência de massas d'água que auxiliam na absorção da radiação solar. A intensidade das ilhas de calor é condicionada pelo tamanho de uma cidade, mais do que pela sua localização geográfica (OKE, 1978). Tal fenômeno é associado ao clima, à topografia e à geometria urbana, como esclarece Santamouris et al. (2001) e provoca uma série de impactos condicionados pela arquitetura, por elementos construtivos e pelo calor antropogênico (OKE, 1982). A fim de amenizar tais impactos, Shashua-Bar e Hoffman (2000) reconhecem a propriedade de arrefecimento do espaço urbano promovido por árvores, grama e água. Neste sentido, Shinzato (2009); Onishia et al. (2010), bem como Perini e Magliocco (2014) destacam o importante papel da arborização urbana na redução dos efeitos das ilhas de calor.

Segundo Givoni (1998), características físicas da estrutura da cidade afetam o clima urbano, como localização e densidade da área, altura dos edifícios, orientação e largura das ruas. A variação da temperatura superficial nos diferentes tipos de uso do solo indica temperaturas mais altas em locais de intensa verticalização, alta densidade demográfica e pouca vegetação (LOMBARDO, 1995). A carência de elementos arbóreos provoca o aumento de incidência direta da radiação solar, que, conforme Souza et al. (2011), dá origem a diferentes microclimas por alterar as características da camada de ar junto à superfície terrestre.

Kántor et al. (2008) salientam que as árvores podem modificar as condições de radiação de forma considerável proporcionando grande alívio com suas sombras durante os períodos mais quentes. Em estudo realizado em Singapura, Yang et al. (2013) concluem que a radiação solar é a variável que exerce maior influência na

sensação térmica humana em áreas livres urbanas. A retirada de vegetação com redução da evaporação e a impermeabilização do solo decorrente do aumento de construções interfere no conforto térmico humano, causando sérios danos à saúde (LOMBARDO, 1985; OLGYAY, 1963). Segundo Oke (1978) e Givoni (1998), outros fatores alteram a temperatura do ar a nível do solo: a menor perda de calor do ambiente devido à redução da velocidade do vento e a menor perda de radiação de onda longa pela redução do Fator de Visão do Céu¹ - SVF (*Sky View Factor*). Em locais com pouca sombra, quanto maior o SVF, maior o desconforto térmico (LIN et al., 2010).

Givoni (1998) destaca os principais elementos climáticos que interferem no conforto térmico: a radiação solar, a radiação terrestre, a temperatura do ar, a umidade, os ventos e as precipitações. Nesse sentido, a vegetação melhora o conforto térmico em razão de atenuar a radiação solar incidente, de auxiliar na umidificação do ar ao liberar vapor e água pela evapotranspiração e utilizar energia absorvida na fotossíntese, reduzindo a temperatura do ar, além de modificar a velocidade e a direção dos ventos (SHASHUA BAR et al., 2011; MASCARÓ; MASCARÓ, 2010; BOWLER et al., 2010; SPIRN, 1995; NIKOLOPOULOU; LIKOUDIS, 2006; DIMOUNDI; NIKOLOPOULOU, 2003; NOWAK et al., 1996; NOWAK, 2006).

Abreu e Labaki (2010), em pesquisa realizada em Campinas (SP), comprovam a interferência das árvores no microclima urbano, alterando a sensação de conforto térmico em seu entorno imediato. O efeito refrescante da sombra das árvores é significativo mesmo em pequenas áreas, sendo perceptível em até 100m de distância, segundo Shashua-Bar e Hoffman (2000).

A arborização urbana influencia diversos aspectos ambientais: climático, ao melhorar o microclima por meio da sombra das árvores no verão e a proteção dos ventos no inverno; ecológico, ao controlar as enchentes e proteger o solo contra erosão; humano, ao proporcionar convívio social em praças e *playgrounds*, e ambiental, ao promover a biodiversidade e a proteção natural da fauna, como constata Shinzato (2009). Áreas verdes na estrutura urbana, quando possuem elementos como lagos, gramados, árvores e arbustos, dão origem a variados tipos

¹ O termo fator de visão de céu – FVC (sky view factor) ou ângulo de obstrução do horizonte (ψ s), é um parâmetro adimensional, que quantifica a quantidade de céu visível em um local.

de microclima favorecendo a utilização desses espaços nas diferentes épocas do ano (ALCOFORADO et al., 2009).

Para Mascaró e Mascaró (2010), as árvores contribuem como elemento estruturador do espaço urbano influenciando de forma direta na qualidade ambiental. Entretanto, os autores reconhecem alguns problemas referentes à infraestrutura urbana como raízes, podas e iluminação pública, e propõem a utilização de espécies adequadas à arborização viária. Os benefícios da arborização nas cidades bem como sua valoração foram apresentados em uma pesquisa realizada na cidade de Lisboa, que constatou benefícios relacionados não apenas à qualidade ambiental, mas também à valorização do patrimônio imobiliário. O estudo avaliou o custo-benefício das árvores de arruamento de Lisboa por meio da aplicação do programa *Stratum*, desenvolvido para cidades americanas e adaptado à cidade de Lisboa (ALMEIDA, 2006). No caso da realidade brasileira, é importante destacar a necessidade da adoção de princípios diferenciados de desenho urbano e da seleção de espécies para arborização viária, levando-se em consideração a diversidade climática de cada região, o que favorece o desempenho e o conforto no ambiente construído (ROMERO, 2000).

A utilização de recursos paisagísticos como implantação de jardins, construção de pérgulas, espelhos d'água, arborização viária e outros elementos, ao melhorarem o sombreamento, reduzem a temperatura do ar e das superfícies, tornando o ambiente urbano mais agradável, refletindo de forma direta no conforto térmico humano, além de promover seu bem-estar físico e mental.

2.2 Índices de conforto térmico

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE, 1992) define conforto térmico como "condição da mente que expressa satisfação com o meio térmico em que a pessoa está inserida". A sensação de conforto térmico relaciona-se não apenas a uma série de fatores físicos relativos à configuração urbana, mas também a fatores subjetivos ao considerar as preferências individuais (NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003; NIKOLOPOULOU; LIKOUDIS, 2006; LABAKI et al., 2012).

Diversos estudos sobre conforto térmico em espaços abertos têm sido realizados em diferentes regiões do Brasil. Tais estudos, ao apresentarem especificidades de clima e comportamento humano, permitem uma avaliação de

forma mais coerente na medida em que consideram as idiossincrasias de cada local analisado.

Alguns índices de conforto térmico como o PMV (Predicted Mean Vote), o PET (Physiological Equivalent Temperature), o SET (Standart Effetive Temperature), o OUT_SET (Out_Standart Effetive Temperature) e o UTCI (Universal Thermal Comfort Index) vêm sendo utilizados para avaliar as condições de conforto no ambiente urbano. No Brasil, a calibração desses índices se torna indispensável devido à vasta diversidade climática regional. Monteiro (2008) destaca inclusive a necessidade de calibração para determinada população por estarem adaptadas a variadas condições climáticas. Nesta pesquisa, daremos enfoque a dois índices de conforto largamente utilizados, o PMV e o PET que serão descritos a seguir.

O PMV (Predictive Mean Vote)

O Predicted Mean Vote² ou Voto Médio Estimado (VME) foi desenvolvido pelo professor dinamarquês Ole Fanger. Esse índice é obtido por meio de uma equação baseada em variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento) e variáveis pessoais (atividade física - taxa de metabolismo - mete resistência térmica da vestimenta - clo), possibilitando estimar a sensação térmica das pessoas (FANGER, 1970). Essas variáveis determinam uma escala de sensação térmica relacionada ao PMV (Figura1).

PMV	Sensação térmica
-3	Muito frio
- 2	frio
-1	Pouco frio
0	neutro
+1	Pouco calor
+2	calor
+3	Muito calor

Figura1 - Escala de sensação térmica utilizada por Fanger (1970)

² Para maiores esclarecimentos sobre o modelo matemático para o cálculo do PMV proposto por Fanger (1970), consulte. RUAS, A.C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. 2002. 196 p. Tese (Doutorado) - UNICAMP, Campinas, 2002.

Em 1984, o modelo de Fanger PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) foi adotado como base para as normas internacionais ISO 7730 (International Organization for Standardization, 1994) e ASHRAE 55 (1992). Essas normas apresentam um método de previsão da sensação térmica especificando condições de conforto térmico aceitáveis além do grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados.

A norma ISO 7730 (1994) estabelece que em um ambiente termicamente confortável o PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) não deve ultrapassar 10%, valor que corresponde à faixa entre $-0,5$ e $+0,5$. Possui ainda o modelo matemático que permite calcular o PMV e um conjunto de tabelas que possibilita obter este índice para diferentes combinações de taxa de metabolismo, isolamento térmico da vestimenta, temperatura operante e velocidade relativa do ar. Pietrobon (1999), baseado nos estudos de Akutsu et al. (1987) adota em sua pesquisa os limites de conforto definidos pela ANSI-ASHRAE 55 (1981), com a faixa de neutralidade térmica PMV variando entre $-0,82$ e $+0,82$ e PPD de 20%. A ASHRAE 55 considera que o conforto térmico seja o intervalo de temperatura aceitável para pelo menos 80% das pessoas em condições normais (Lin et al., 2013).

O PMV tem sido utilizado em diversas pesquisas, tanto em ambiente interno como externo, porém, muitos estudos constataam que algumas questões envolvidas na avaliação do conforto térmico são bastante complexas, por configurar em uma avaliação puramente fisiológica e insuficiente para avaliar o conforto térmico em áreas externas. Monteiro (2008) reconhece a existência de certas limitações relacionadas à determinação da temperatura da pele e da taxa de suor regulatório.

Humphreys e Nicol (1998) questionam a adoção direta de resultados obtidos em laboratório para aplicação em ambientes reais, bem como a utilização universal do PMV devido a diversos fatores, como motivação e expectativa das pessoas, que podem influenciar na sensação térmica de um ambiente. Observam ainda que, em algumas pesquisas de campo, várias pessoas indicaram ambientes confortáveis que a ISO 7730 (1994) considera desconfortáveis, deixando evidente a necessidade de se considerar também fatores individuais relacionados à percepção para estimar o conforto térmico.

O PET (Physiologically Equivalent Temperature)

O índice PET³, introduzido por Höppe (1999), de um determinado ambiente (interno ou externo) refere-se a temperatura equivalente à temperatura do ar de um ambiente interno padrão (com ausência de vento e radiação), sendo mantido o balanço de calor do corpo humano com temperaturas do centro e da pele do corpo iguais às do ambiente de referência.

A variável climática que mais afeta o equilíbrio energético humano em dias de sol e tem grande influência sobre índices preditivos termofisiológicos como PET ou PMV é a temperatura radiante média (T_{rm}) (MATZARAKIS et al., 2007; COHEN et al., 2012); sendo considerada o fator mais importante para o cálculo do PET (LIN et al., 2010).

A Temperatura Fisiológica equivalente (PET) é obtida por meio do cálculo das condições térmicas do corpo, utilizando-se equações do modelo de balanço de energia de Munique para pessoas (MEMI). O modelo MEMI é baseado na equação do balanço termofisiológico do corpo humano e leva em conta parâmetros como temperatura superficial média da vestimenta e temperatura média da pele ou a taxa de suor, afetadas pelas condições do ambiente (HÖPPE, 1999). Esta análise de avaliação de conforto inclui fatores meteorológicos de temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, além da radiação de ondas curtas e longas, que afetam os seres humanos termo-fisiologicamente em ambiente interno e ao ar livre.

No ambiente de referência adotado no cálculo do PET estão estabelecidos os seguintes parâmetros: o metabolismo de trabalho (80W), o isolamento térmico da vestimenta (0,9 clo = unidade de medida da resistência térmica da vestimenta), a velocidade do vento (0,1 m/s), a temperatura radiante média igual à temperatura do ar (a ser aferida), a pressão de vapor de 12 hPa, que corresponde a 50% de umidade relativa a 20°C (HÖPPE, 1999). A Tabela 1 apresenta os índices PET e PMV e suas correspondentes sensações térmicas para região da Europa central e para a cidade de São Paulo (calibração proposta por MONTEIRO, 2008).

³ Maiores detalhes referentes ao cálculo do PET consulte MONTEIRO, L. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. 2008. 382 p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2008.

Tabela 1 - Valores limites de índices térmicos (PET e PMV) para diferentes graus de sensação térmica

PET(Europa central) Matzarakis e Mayer 1996	PET (São Paulo) Monteiro 2008	PMV Fanger 1970	Sensação Térmica
<4 °C	< 4 °C	-3	Muito frio
<8 °C	<12°C	-2	Frio
<18 °C	<18°C	-1	Pouco frio
18 a 23°C	18-26°C	0	Neutralidade térmica
>23 °C	>26°C	+1	Pouco calor
>35°C	>31°C	+2	Calor
> 41°C	>43°C	+3	Muito calor

Fonte: Adaptada pela autora a partir da tabela proposta por Abreu (2011)

As faixas de conforto para a Europa central foram agrupadas de modo a corresponderem aos valores utilizados por Fanger (1970), sendo as faixas "levemente frio" e "fresco" agrupadas em uma única faixa denominada de "pouco frio" com variação de temperatura entre 8 e 18°C. Vale ressaltar que esses índices não consideram fatores idiossincráticos na avaliação de conforto. Dessa forma, baseado em trabalhos desenvolvidos por Nikolopoulou et al. (2001), Katzschner (2006), Nikolopoulou e Stemers (2003), Nikolopoulou e Likoudis (2006), a presente pesquisa pôde analisar de forma mais eficaz o conforto térmico e bem-estar do usuário das áreas em estudo ao avaliar as preferências individuais e identificar fatores físicos do meio ambiente que interferiram na condição de conforto da população.

2.3 Programas computacionais para avaliação do conforto térmico

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. Diversos pesquisadores utilizam-se desses programas para avaliar e prever

situações relacionadas a fatores como: conforto térmico urbano, análise de insolação, acústica, eficiência energética, iluminação, ventilação, entre outros.

A simulação por meio desses programas computacionais faz previsões do grau de conforto térmico dos usuários de espaços livres nas cidades. Neste estudo, o RayMan Pro e o Envi-met, foram utilizados para avaliar situações atuais e prever situações futuras de determinadas áreas urbanas, permitindo verificar as interferências da vegetação no microclima urbano ao observar parâmetros ambientais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura radiante média.

2.3.1 O modelo RayMan

O RayMan é um modelo computacional capaz de simular densidades de fluxo de radiação de ondas curtas e longas em ambientes simples e complexos, que usa um número limitado de dados meteorológicos para determinar a condição térmica fisiológica das pessoas. É um modelo que avalia o bioclima urbano por meio de índices térmicos tais como Voto Médio Predito (PMV) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), sendo adequado para o cálculo do fluxos de radiação, uma vez que considera fatores como a topografia e morfologia urbana (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2007).

Para calcular o PET, o modelo RayMan baseia-se nos seguintes parâmetros ambientais: temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (RH), temperatura radiante média (T_{rm}), velocidade do vento (V), e em parâmetros pessoais: resistência térmica da vestimenta (clo) e taxa de metabolismo (met) (LIN et al., 2010). Entretanto, o modelo considera valores fixos para o clo (0.90) e met (80 W), que equivalem a uma pessoa parada e com vestimenta consideravelmente quente e inadequada para algumas ocasiões, podendo interferir de forma considerável nos valores de PET e PMV. Os dados de entrada do programa podem ser observados na Figura 2.

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following data entered:

Section	Parameter	Value
Date and time	Date (day.month.year)	19.6.2005
	Day of year	170
	Local time (h:mm)	22:31
	Now and today	[Button]
Geographic data	Location	1st location - erster Ort
	Add location	[Button]
	Remove location	[Button]
	Geogr. longitude (°...E)	7°51'
	Geogr. latitude (°...N)	48°0'
	Altitude (m)	323
Timezone (UTC + h)		1.0
Current data	Air temperature Ta (°C)	20.0
	Vapour pressure VP (hPa)	12.5
	Rel. humidity RH (%)	53.5
	Wind velocity v (m/s)	1.0
	Cloud cover N (octas)	0.0
	Global radiation G (W/m²)	
Mean radiant temp. Tmrt (°C)		
Personal data	Height (m)	1.75
	Weight (kg)	75.0
	Age (a)	35
	Sex	m
Clothing and activity	Clothing (clo)	0.9
	Activity (W)	80.0
	Position	standing
Thermal indices	PMV	☒
	PET	☒
	SET*	☒
Close		

Figura 2 – Dados de entrada do modelo RayMan

Fonte: Matzarakis et al. (2007)

O programa, por ser de simples aplicação, tem sido bastante utilizado em estudos relacionados ao conforto térmico em áreas urbanas como os estudos de Kàntor et al. (2007), que relacionaram fatores bioclimatológicos humanos às condições térmicas da cidade; de Matzarakis et al. (2009) assim como Abreu e Labaki (2010), que avaliaram interferências da vegetação no microclima urbano; de Urban e Kysely (2014), que analisaram as condições térmicas de usuários do espaço urbano; de Abreu-Harbach et al. (2013), que investigaram informações climáticas para melhoria do clima urbano. As análises feitas por esse modelo podem ser realizadas em diferentes escalas de tempo e espaço considerando a diversidade de microclimas em áreas urbanas.

Devido à estrutura simples, o modelo RayMan pode ser utilizado não somente por especialistas em biometeorologia humana, mas também por pessoas com menos experiência nesse campo da ciência. Utilizando-se índices calculados com o modelo RayMan, a percepção térmica do ambiente pode ser transformada em um valor numérico. Entretanto, seus autores destacam a importância de se realizar entrevistas relacionadas à percepção das condições térmicas pessoais,

considerando a adaptação e aclimatização das pessoas entrevistadas com o ambiente avaliado. Os resultados dessa análise possibilitam configurar escalas graduadas de índices que poderão ser utilizadas para avaliação do conforto térmico (MATZARAKIS et al., 2007).

2.3.2 O programa ENVI-met

O *software* ENVI-met foi desenvolvido em 1998 por Michael Bruse da Universidade de Mainz na Alemanha, sendo um modelo que pode ser detalhado conforme as necessidades espaciais do projeto a ser avaliado. Esse programa é largamente utilizado em diversos campos de estudo como o de climatologia urbana, arquitetura, *design* e planejamento ambiental. Possibilita a criação de diferentes cenários no tecido urbano por meio de interações entre superfície - vegetação - atmosfera objetivando analisar a relação entre o desenho urbano e o microclima em uma microescala. Permite ainda inserir vegetação e outros elementos construtivos alterando a morfologia da área a ser estudada, o que possibilita avaliar os efeitos das interferências do desenho urbano no microclima (SHINZATO, 2009).

Na camada da atmosfera, o modelo faz o prognóstico do fluxo de ar (velocidade e direção), turbulência, temperatura potencial, umidade do ar e fluxos de radiação de ondas curtas e longas, com base nas leis fundamentais da dinâmica de fluidos e termodinâmica. Na camada de solo o modelo calcula o perfil vertical de temperatura e umidade do ar a partir da superfície, enquanto os processos hidrológicos e termodinâmicos variam de acordo com as propriedades de cada tipo de composição do solo. O dimensionamento horizontal dos *grids* deve estar compreendido entre 0,5 e 10 m, sendo o *grid* máximo disponível de 250x250x30, e deve ser definido na área de configuração do modelo (Figura 3). A plataforma operacional exigida deve ser MS Windows com no mínimo 1GB RAM e 2 GHz CPU (BRUSE, 2009).

Figura 3- Área de configuração do modelo ENVI-met v.3.1

A condição de inicialização de atmosfera definida pelo modelo é neutra (estabilidade estática), que ocorre no início do anoitecer ou antes do nascer do sol, quando a temperatura potencial pode ser considerada constante ao longo do perfil da camada de mistura de ar (STULL, 1988). As primeiras 24 horas de cada simulação devem ser descartadas para que o programa se estabilize, como recomenda Assis et al. (2013). Para se obter a umidade específica e a temperatura potencial a 2500 m, os dados são extraídos e ajustados a partir da Universidade de Wyoming (DOBBERT et al., 2014; MENDES et al., 2014). Outras variáveis utilizadas são padrão do ENVI-met. Os dados de entrada requeridos pelo modelo podem ser observados no Quadro 1.

Dados de entrada	Valores
Dia de início da simulação (DD.MM.YYYY)	18.02.2013
Hora de início da simulação (HH:MM:SS)	21:00:00
Total de horas de simulação	48.00
Dados salvos a cada (min)	120
Velocidade do vento a 10 m [m.s^{-1}]	1.7
Direção do vento	223
Rugosidade z_0 a partir do ponto de referência	0.1
Temperatura atmosférica inicial[K]	312.23
Umidade específica a 2500m [g água/kg ar]	11.3
Umidade relativa a 2m [%]	72.3
Tamanho do modelo	120x100x20
Tamanho da malha utilizada	180x180x30
Fator de ajuste de radiação	0.6

Quadro 1 - Dados de entrada do programa ENVI-met 3.1

Em estudo realizado em Freiburg, na Alemanha, com o uso dos programas ENVI-met e RayMan pôde-se fazer uma análise das diferenças de distribuição espacial de estresse térmico entre um espaço existente e um cenário simulado. O programa RayMan Pro constatou diferenças de stress térmico devido à alteração do desenho urbano, baseado em dados meteorológicos de 10 anos atrás, enquanto o programa ENVI-met apresentou diferenças de condições climáticas condicionadas à troca de pavimento de asfalto por pedra natural (FRÖLICH; MATZARAKIS, 2011). Confirma-se, portanto, a aplicabilidade dos programas apresentados para avaliação de conforto térmico e avaliação das condições climáticas. Neste estudo, a utilização destes programas foi indispensável, pois tornou possível avaliar as condições de conforto térmico humano no meio urbano utilizando índices de conforto (PMV e PET) obtidos pelo modelo RayMan e simular cenários por meio do software ENVI-met.

2.4 O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto

No Brasil, devido à sua grande extensão territorial, há necessidade de uma ferramenta eficiente para obtenção de dados de uso do solo, para obtenção de resultados precisos, além de economia de tempo e de recursos. Informações necessárias para a tomada de decisões sobre os problemas ambientais e urbanos podem ser obtidas pela técnica de geoprocessamento. Ao possibilitar a observação de dados físicos da malha urbana, essa técnica permite avaliar a existência de áreas potenciais para plantio de árvores a partir dos dados de cobertura do solo derivados

de sensoriamento remoto, como comprovam estudos realizados por Wu et al.(2008) e McPherson et al. (2011).

Ferramentas de sensoriamento remoto de alta resolução espacial, como as imagens dos satélites IKONOS e QuickBird, são amplamente utilizadas para analisar a cobertura vegetal e uso da terra. Van de Linder e Hostert (2009) destacam a necessidade de se considerar todas as etapas de processamento de imagens para maior precisão e confiabilidade dos produtos de sensoriamento remoto, pois os mapas aerotransportados permitem delinear áreas impermeáveis. Por terem grande conteúdo de informação espectral, incluindo a separação de áreas edificadas e superfícies não edificadas, são de grande relevância para muitas aplicações em ambientes urbanos. Entretanto, os pesquisadores observam problemas relacionados ao deslocamento de edifícios e à sombra das árvores nas ruas, por não possibilitarem boa precisão, prejudicando a confiabilidade do mapeamento. Neste sentido, Johnson e Xie (2013) observam que a utilização de segmentos, em vez de pixels individuais, permite que as informações espacial e contextual, tais como tamanho, forma e textura, sejam incorporadas na classificação, aumentando sua precisão.

As imagens de satélite como base cartográfica têm sido largamente utilizadas, devido ao seu custo relativamente baixo e fácil aquisição; além disso, possibilitam estudo de grandes áreas, por meio de técnicas de processamento digital de imagens, sem a necessidade de coleta de dados em campo. Outra vantagem é que no Brasil o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) distribui imagens CBERS-2, CBERS-2B e Landsat 1, 2, 3, 5 e 7 gratuitamente quando solicitadas por países da América do Sul.

2.4.1 Classificação supervisionada e o Índice de Floresta Urbana (IFU)

A classificação supervisionada baseia-se no uso de algoritmos para determinar os pixels, os quais representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe. É o método mais utilizado na análise quantitativa de dados de sensoriamento remoto. O programa MultiSpec® 3.3 é utilizado para a classificação supervisionada, e opera a partir da seleção de campos de treinamento e de testes para classes específicas de áreas conhecidas. A área da imagem que o usuário identifica como representativa de uma das classes é chamada área de

treinamento. Nesse programa, o operador estabelece diferentes tipos de classe de acordo com as áreas de interesse, utilizando para isso imagens de satélite, que permitem elaborar classificações supervisionadas do mosaico e das imagens dos locais em análise. As imagens possuem valores de pixel que podem variar de 0 a 255 para uma imagem de 8 bits, sendo que cada pixel é associado a uma classe temática por meio do algoritmo selecionado.

As análises são baseadas em algoritmos que reconhecem padrões espectrais dos alvos terrestres. As classes definidas determinam valores e variabilidade para cada banda e classe. Um dos algoritmos disponíveis para uso neste programa é o *Extraction and Classification of Homogeneous Objects classifier* (ECHO), criado com objetivo de melhor separação das classes (floresta e pasto) segundo Kettig e Landgrebe (1976).

Segundo Fitz (2008), formas diferenciadas de interpretação são definidas de acordo com a percepção por parte do usuário do programa para quantificação, qualificação e análise espacial dos componentes de uso e ocupação do solo.

A eficácia do processamento da imagem foi avaliada estatisticamente por meio do Índice Kappa de precisão (desejável acima de 80%), segundo Landis e Koch (1977), comprovando a exatidão dos mapeamentos temáticos por meio da confecção de matrizes de erro, dendrogramas por distância euclidiana, propostas por Congalton e Kass (2009).

A classificação supervisionada identifica e quantifica os diferentes tipos de uso do solo por meio de classes temáticas como área construída, área de cobertura de copa, área de relvado, área de solo exposto, áreas impermeáveis - asfalto, calçadas e outros (SILVA FILHO, 2004).

O Índice de Floresta Urbana (IFU), proposto por Silva Filho et al. (2005), permite classificar áreas de acordo com a quantidade de cobertura arbórea por meio da utilização de imagem de alta resolução multiespectral como a do WorldView-2, processadas com 50cm de resolução espacial. Estudo realizado na cidade de Tampa (Flórida/EUA) comparou dois tipos de imagem de alta resolução espacial (IKONOS e WorldView-2) para verificar a eficácia na identificação e mapeamento de espécies arbóreas. Concluiu-se que a imagem WV2 aumenta significativamente a acurácia na classificação de imagens, ao aumentar a precisão do mapeamento e identificar espécies arbóreas (PU; LANDRY, 2012).

O IFU pode ser considerado um indicador para valorização e qualificação de espaços arborizados, relacionados com outros elementos construtivos e equipamentos urbanos como ruas, calçadas, pátios, casas, edifícios, presentes no meio urbano e colaboradores para melhoria do meio ambiente (SILVA FILHO et al., 2005).

Esse índice, com valores de 0 a 2, constitui um indicador para valorização de áreas arborizadas, sendo que quanto mais próximo de 2 mais valorizada se encontra a área analisada. Entretanto, Viana (2012) destaca a necessidade de acrescentar a esse índice um fator que reflita melhor a distribuição da cobertura arbórea a fim de valorizar áreas onde a vegetação se encontra mais bem distribuída.

Viana (2012) observou em sua pesquisa que a cidade de São Carlos apresenta um bom Índice de Floresta Urbana, porém o fato de existirem maciços de vegetação condensados em áreas distantes do centro da cidade, não beneficiando as áreas centrais, dificultou a análise da condição de arborização da cidade como um todo. Sendo assim, a proposta de um ajuste ao Índice de Floresta Urbana, apresentada neste estudo, leva em consideração essa nova variável (a distribuição da vegetação inserida no meio urbano), possibilitando assim qualificar de forma mais eficaz a arborização existente nas cidades.

2.5 Áreas verdes e bem-estar

A promoção da saúde não se relaciona apenas à ausência de doenças ou enfermidades, mas sim ao completo bem-estar físico, mental, social e espiritual, como esclarece a *World Health Organization* (WHO) na conferência de 1984 (BISHT, 1985). Compreende-se por bem-estar o estado de satisfação plena, sensação de segurança e estabilidade (HOUAISS, 2008), envolvendo portanto diversos fatores físicos e psicológicos de cada indivíduo.

Segundo Ribeiro e Ribeiro (2013) o significado de bem-estar relaciona-se normalmente a uma concepção de satisfação das necessidades concebidas em um plano individual e realizadas de forma privada. Em contrapartida, estes pesquisadores lançaram a proposta de um índice de bem-estar urbano que se refere àquilo que a cidade deve proporcionar às pessoas relacionado às condições materiais de vida a serem utilizadas de forma coletiva. Uma outra dimensão do bem-estar, a dimensão imaterial, considerada nesta pesquisa, envolve fatores associados às vivências de conforto ou desconforto, tensão, insegurança, medo e felicidade,

interferindo de forma decisiva na conformação do nível de bem-estar físico e mental das pessoas.

Bem-estar físico relaciona-se ao vigor físico, caracterizando-se pela ausência de doenças associada a um bom funcionamento do metabolismo. Bem-estar mental se refere ao equilíbrio emocional de cada indivíduo. "Só se poderia falar de bem-estar, felicidade ou perfeição para um sujeito que, dentro de suas crenças e valores, desse sentido de tal uso semântico e, portanto, o legitimasse." (SEGRE, 1997).

O bem-estar está, portanto, relacionado às crenças, valores e modo de vida de cada indivíduo. A forma como cada pessoa se relaciona com o meio em que vive interferem de forma direta na sensação de bem-estar. O contato com o ambiente natural é considerado por muitos pesquisadores como peça chave para aumentar o bem-estar, aliviar o estresse e promover melhor qualidade de vida às pessoas.

Cenas da natureza são em geral preferidas pelo homem por conterem elementos que proporcionam tranquilidade e calma. Deste modo, áreas verdes por interferirem de forma positiva nas condições climáticas do meio ambiente urbano, proporcionam maior conforto térmico promovendo o bem-estar aos seus usuários.

2.5.1 Os efeitos positivos das áreas verdes

Áreas verdes e arborização bem planejada constituem importantes ferramentas para melhoria da estética e a qualidade do ambiente. Estudos científicos abordam preferências estéticas ambientais, evidenciando a capacidade restauradora de ambientes providos de vegetação na medida em que proporcionam conforto humano ao reduzir o cansaço e ao restabelecer certas capacidades cognitivas de seus usuários, conforme constata pesquisas realizadas por Kaplan (1995), Kaplan e Kaplan (1989), Ulrich (1979, 1986), Ulrich et al. (1991), Hartig (2007) entre outros.

Nessa perspectiva, Roger Ulrich, diretor do Center for Health System & Design da Texas A&M University nos Estados Unidos, tem como foco principal em seus estudos a arquitetura da paisagem, o desenho urbano e uma preocupação especial com o design de edificações na área da saúde. Suas pesquisas abordam os efeitos decorrentes de experiências em ambiente construído e em ambiente natural, relacionadas ao bem-estar psicológico, à redução de estresse e outras interferências positivas do contato com áreas verdes na saúde das pessoas.

A importância de áreas verdes na composição da paisagem urbana é destacada por diversos pesquisadores ao reconhecerem outras propriedades como a de regular a temperatura do ar em razão da sombra das árvores e absorver a poeira suspensa na atmosfera, purificando o ar que se respira. Essas áreas corroboram para o bem-estar na cidade ao promoverem a recuperação do ânimo dos moradores por meio do contato com a natureza em parques e áreas públicas ajardinadas, sendo, portanto, indispensáveis na composição da estrutura urbana (MAGALHÃES, 2011).

A vegetação arbórea, segundo Silva Filho (2004), é qualificada como equipamento fundamental na concepção de espaços livres urbanos onde se busca o equilíbrio de seu ecossistema. Dentro desse contexto de estudo, Kevin Lynch (1997) conclui que a vegetação e a água, bens naturais, são valorizados como elementos indispensáveis para uma vivência agradável nas cidades. Vários moradores entrevistados em sua pesquisa relataram mudar o trajeto para o trabalho a fim de passarem por locais arborizados, demonstrando sua admiração e afeição pela natureza.

Os benefícios do contato com áreas verdes são explorados por diversos campos de estudo. Kaplan (2001), Kaplan e Kaplan (1993) destacam reações positivas proporcionadas pela simples visão que se tem através de uma janela em residências e ambientes de trabalho. Schroeder e Anderson (1984), Kaplan et al. (1998), bem como Parsons (1991) comprovam preferências de usuários por ambientes naturais e não por cenas urbanas. Para traduzir a ligação afetiva estabelecida entre as pessoas e o lugar, Tuan (1980) propõe inclusive um novo conceito - topofilia - ao abordar questões sobre percepção e atitudes do ser humano em relação ao meio ambiente.

Ulrich (1984), na área da saúde, destaca a influência de áreas verdes ao observar a recuperação mais rápida de pacientes pós-cirúrgicos instalados em quartos com visão para áreas ajardinadas. Este pesquisador fundamenta alguns de seus estudos na hipótese da *biophilia*, termo cunhado por Edward O. Wilson (2002) que diz respeito à afinidade e ao prazer inerente ao homem de estabelecer contato com a natureza, pelo fato de ser o ambiente natural geneticamente familiar aos humanos.

Frederick Law Olmsted, arquiteto e paisagista do século XIX, já destacava os efeitos restauradores da natureza como sendo capaz de tranquilizar a mente quando

empregada sem fadiga, pois acreditava que a recreação e a contemplação de elementos da natureza promoviam a saúde física e mental. Nessa perspectiva, Ulrich (2002) confirma que certas cenas naturais reduzem a ocorrência de pensamentos estressantes, assim como Hansmann et al. (2007) comprovam benefícios à saúde ao detectarem redução de dor de cabeça em frequentadores de parques urbanos, comprovando o efeito restaurador do verde.

O convívio com o ambiente provido de elementos naturais promove a recuperação do estresse, além de melhorar o humor e reduzir a fadiga mental, como atesta a ART (Attention Restoration Theory - Teoria da restauração da atenção de KAPLAN; KAPLAN, 1989), destacando quatro componentes existentes em ambientes naturais, promotores da restauração da fadiga mental: o estar distante, a expansão, a compatibilidade e o fascínio⁴. Kaplan et al. (1998) valorizam áreas livres com a presença de elementos da natureza mesmo que sejam pequenas, não havendo necessidade de se configurarem em grandes maciços arbóreos.

Em pesquisa realizada em unidade hospitalar, Dobbert (2010) assim como Dobbert e Silva Filho (2013) confirmam a afirmação de Kaplan com base nos benefícios proporcionados aos usuários desse local, onde pequenos espaços livres foram requalificados e transformados em lugar de convívio e contemplação. Ao oferecer suporte social aos frequentadores, esses "espaços" passaram a desempenhar função terapêutica transformando-se em "lugar" na medida em que adquiriram "definição e significado", (TUAN, 1983).

Na visão de Gerlach-Spriggs et al. (1998), os jardins em hospitais contribuem para o convívio social promovendo sensação de conforto, e o contato com a natureza em especial favorece o sistema imunológico, ao ativar hormônios que promovem o bem-estar do paciente. Marcus Cooper e Barnes (1999) constataram, por meio da análise visual do espaço físico em unidades hospitalares, aliado à observação comportamental dos entrevistados, que 75% dos usuários sentiam-se mais relaxados e 25% com mais vitalidade após passarem algum tempo no jardim dessas unidades.

⁴ART (Attention Restoration Theory) encontra-se melhor desenvolvida na dissertação de mestrado **Áreas verdes hospitalares-percepção e conforto**, DOBBERT, L.Y., 2011 e também em The restorative benefits of nature: toward and integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 15, n.3, p. 169-182, KAPLAN. S., 1995.

No meio urbano, a vegetação assegura a qualidade do ambiente devido aos vários benefícios que proporciona, tais como conforto termoacústico e psicológico, melhor qualidade do ar, além do efeito estético, desempenhando importante papel na relação entre o homem e o ambiente natural (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002). Justifica-se, portanto, o investimento em projetos de arborização urbana com o intuito de aumentar a área vegetada na cidade, proporcionando maior qualidade de vida para a população. Estudos como os de Ulrich (1986, 1981), Ulrich et al. (1991), Taylor et al. (2001), Fjeld (2002), Grahn e Stigsdotter (2003), Hansmann e Seeland (2007), Hartig et al. (1997); Hartig (2007), Foster e Hilldson (2004) comprovam influências positivas devido ao contato humano com paisagens naturais nos aglomerados urbanos, atestando os benefícios das plantas para o homem.

Vale ressaltar, no que se refere à arborização urbana, a importância de se prever no seu planejamento diferentes texturas, cores e formas, proporcionando benefícios não só no microclima, mas também na estética da paisagem, como comprovam trabalhos científicos de Magalhães (2001); Dimoudi e Nikolopoulou (2003), Fontes et al. (2008). Embora um alto grau de tranquilidade possa ser constatado em ambientes arborizados e naturais, deve-se manter boa visibilidade nesses espaços para que a segurança não seja prejudicada, como observam Herzog e Chernick (2000).

2.5.2 Percepção e espaço vivenciado

Houaiss (2001) define percepção como sendo a capacidade de apreender por meio dos sentidos ou da mente. Percepção segundo Merleau Ponty (2011) é uma interpretação provisória e dinâmica, que se encontra em constante transformação. A diferença entre o ver e o olhar perceptivo relaciona-se ao fato de a percepção encontrar-se atrelada a um conjunto de experiências do observador. Neste sentido, James (2001) esclarece que a percepção do espaço é tecida por processos de discernimento, de associação e de seleção.

Magalhães (2001) afirma que o ato criativo de um arquiteto deve ser precedido da percepção do espaço a ser modificado com base em experiências e conhecimentos anteriores do observador. A percepção, segundo esta autora, depende também de códigos ideológicos e éticos, aliados ao conhecimento que a pessoa tem do processo de formação e evolução do espaço. Sendo assim, uma

paisagem é percebida de diferentes formas pelos observadores e seu significado “depende da capacidade que o observador tem de a ‘ler’ como objeto sincreticamente ecológico, físico e cultural” (MAGALHÃES, 2001, p. 295). Pode-se concluir, então, que nada é vivenciado em si mesmo, mas sempre relacionado a ambientes de experiências passadas (LYNCH, 1997).

A paisagem revela a evolução do planeta e as transformações da história da humanidade cuja realidade ambiental abriga diferentes contextos que são pertinentes às dimensões do concreto e do imaginário, como também dos aspectos míticos e pragmáticos (GUIMARÃES, 2007). A sociedade moderna, ao estabelecer ideais contrários como natureza e máquina, floresta e cidade, natural e artificial, provocou uma cisão entre o ser humano e a natureza conforme observa Wilson (2002), que fundamentado por ideias do geógrafo Y Fu Tuan, destaca o desequilíbrio contido no mundo moderno. Ao perceber o ambiente de forma restrita em relação ao meio natural, o homem dissocia-se do ambiente em que vive, deixando de compreender a questão ambiental que envolve uma relação entre sociedade e natureza. Entretanto, na medida em que avança o contato com o meio natural, o espírito humano torna-se cada vez mais comprometido com o seu espaço, assumindo uma visão naturalista, própria de um instinto "*biophilico*" inerente ao homem (WILSON, 2002).

A humanidade não é exaltada por estar muito acima de outros seres vivos, mas, sim, pelo fato de conhecê-los bem e de compreender que "todos somos parte de um", elevando o próprio conceito de vida. A hipótese da *Biophilia* sugere uma ligação instintiva entre o ser humano e o ambiente natural que se torna evidente quando observamos pessoas em cidades muito povoadas buscarem contato com a natureza na tentativa de restabelecerem conexão com o ambiente natural (WILSON, 2002). Kaplan e Kaplan (1983) consideram que, apesar da dificuldade em se apontarem as evidências dos benefícios do contato com a natureza, há indícios de sua importância para o bem-estar das pessoas. Em estudos, como os de Lynch (1997), Kaplan e Kaplan (1989) e Ulrich (1979, 1986), ambientes naturais foram destacados como preferidos por permitirem aos seus usuários certo envolvimento e familiaridade com a natureza.

A visão de Merleau Ponty (2011) sob a noção de espacialidade é determinante para análise da relação entre usuário e espaço, pois não se refere apenas a objetos exteriores ou a sensações espaciais, próprios de uma

espacialidade de posição, mas também a uma espacialidade de situação, ou seja, quando o espaço se revela conforme a ação do sujeito que está nele contido. Neste sentido, vale conferir a definição de espaço proposta por Santos como sendo “formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistema de objetos e sistema de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá” (SANTOS, 2006, p. 63).

Este autor distingue paisagem de espaço, definindo paisagem como um conjunto de formas, que expressam heranças representativas das relações entre o homem e a natureza, sendo, portanto, transtemporal ao unir objetos do passado e do presente em uma construção transversal, e espaço como sendo sempre um presente, uma construção horizontal e única, onde os objetos estão sujeitos à mudança de funções, de significação e de valor sistêmico, transformando-se permanentemente.

Tuan (1983), ao analisar relações estabelecidas entre sujeito e espaço vivenciado, diferencia “espaço” de “lugar” observando que o espaço aberto não possui significado definido enquanto o espaço fechado e humanizado caracteriza-se como lugar - “um centro calmo de valores estabelecidos”. O “espaço” torna-se um “lugar” na medida em que assume um significado e uma função (TUAN, 1983, p. 61), considerando-se que espaço e sujeito se inter-relacionam de forma dinâmica e contínua. Nessa perspectiva, Lynch (1997) defende que uma imagem claramente reconhecida do entorno promove o equilíbrio do indivíduo que, tendo uma boa imagem do ambiente vivenciado, adquire segurança emocional. É esclarecedor o conceito de “topofilia” proposto por Tuan (1980) ao abordar questões sobre percepção e atitudes do ser humano em relação ao meio ambiente, capaz de traduzir a ligação afetiva estabelecida entre as pessoas e o lugar experimentado. O significado de percepção integral, portanto, aspectos relacionados à atitude humana, segurança, simbolismo, condicionamento social e conforto (LOMBARDO, 1985).

As imagens ambientais são resultados da relação entre o observador e seu ambiente. Por milhares de gerações a mente humana evoluiu e amadureceu culturalmente influenciada pelo acúmulo de modificações no ambiente planejado. Entretanto, com o aumento da capacidade de influenciar o meio em que vive, em busca de suprir suas necessidades, o homem torna a paisagem cada vez mais desumana em razão de inúmeros impactos e transformações ambientais (ODUM, 1977; KAPLAN et al., 1998).

Monteiro (2007) observa em sua pesquisa que, embora haja grande aceitação do verde por parte da população, muito pouco é revelado sobre o conhecimento real de seus benefícios, limitados à beleza e à sombra, ignorando-se outros referentes à qualidade ambiental no que diz respeito à diversidade da fauna e flora, bem como à qualidade do ar. Todos os estudos confirmam que o ambiente físico exerce efeito sobre a percepção de quem o vivencia. Quanto à percepção ambiental, entretanto, é importante associar ciências como a psicologia, a sociologia e a ecologia a fim de se construir uma base que permita avaliar expectativas e sensações do usuário em relação ao espaço vivenciado, dando-se ênfase aos múltiplos fatores que influenciam a qualidade do meio ambiente. Considerando-se fatores socioculturais, a percepção ambiental amplia o conhecimento e a compreensão do meio ambiente pelo homem.

2.5.3 Praças, espaços livres e vias públicas

O crescimento das cidades e a consequente cisão entre o homem e o ambiente natural provocaram sentimentos de renovação do contato humano com a natureza. Já no século XIX, com o Movimento Romântico, Hough (1989) salientava crença de que áreas verdes deveriam existir nas cidades a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas, oferecendo espaços de relaxamento e exercício, ressaltando ainda que do ponto de vista estético os parques melhorariam a aparência das cidades. Parques criados com essas características como o Fennway Park (Figura 4), o Jamaica Pound (Figura 5), o Public Garden (Figura 6) em Boston e o Central Park (Figura 7) em Nova York são exemplos destacados pelo autor. A fragmentação do espaço e a falta de conexões visuais entre a cidade e o campo constituem um problema na paisagem urbana moderna.

Figura 4 - Fennway Park/Boston

Figura 5 - Jamaica Pound/Boston

Figura 6 - Public Garden/Boston

Figura 7 - Central Park/NY

Ao se restabelecer a conexão entre o homem e o meio em que habita, é necessário atentar para a forma como a vegetação se encontra distribuída na malha urbana, por ser fator determinante da qualidade ambiental e promover não apenas o conforto térmico, mas também o bem-estar geral da comunidade. A relação entre as áreas verdes e seus usuários, a maneira como elas interferem no cotidiano citadino, merece maior atenção por parte dos gestores urbanos. O espaço público, em diferentes categorias espaciais, assume diversas formas, tamanhos e funções. Neste sentido, Alex (2008) salienta a importância da praça na medida em que promove o convívio entre as pessoas, potencializando as inter-relações sociais. As praças, segundo o autor, são simultaneamente construção e vazio, configurando um espaço físico aberto, bem como um local de convívio social integrado ao tecido urbano.

O planejamento desses espaços deve considerar, entretanto, a diversidade funcional de usos adjacentes e as diferentes atividades e modos de vida de seus usuários que, ao reavivar as praças e parques, evitam o seu abandono e falta de uso. É importante que se avalie os potenciais de cada lugar a ser planejado, destaca Jacobs (1961), que lança um manifesto contra o urbanismo modernista. A autora observa que ao desprezar o valor da "vida" das ruas sobrepondo o valor da quadra, impõe-se uma nova visão proposta por planejadores urbanos em que o racionalismo monótono e padronizado é enaltecido.

Contra-pondo-se a essa visão racionalista, Pereira (2006) reconhece que a vegetação exerce papel relevante como elemento estruturante e de percepção da paisagem urbana, diferenciando os espaços construídos dos espaços abertos da cidade através de diferentes formas, o que reforça suas qualidades cênicas. O pesquisador afirma ainda que as árvores das vias públicas representam importante papel na paisagem urbana na medida em que constituem uma extensão do lote residencial, fazendo parte de uma área de transição entre o espaço público e o privado.

Contudo, a arborização das vias urbanas raramente é feita por meio de um projeto: as calçadas em geral não são dimensionadas para comportar arborização, sendo a área destinada a veículos quase sempre priorizada. Embora no Brasil a utilização de inventários referentes à arborização viária tenha sido bastante eficaz na gestão e manutenção de áreas verdes das cidades, poucas possuem um diagnóstico da paisagem de suas ruas.

Com o propósito de avaliar a cidade numa perspectiva ambiental, Franco (2001) destaca a importância da conservação das condições ecológicas nos grandes centros urbanos, ressaltando que nos últimos anos, em países desenvolvidos, governos têm tomado medidas com o intuito de conservar o solo na área rural, a fim de evitar erosão e desertificação. Entretanto no meio urbano pouco tem sido feito nesse sentido. Diante desta realidade, urge uma análise mais consistente das áreas verdes, da arborização viária inserida na malha urbana e sua eficácia na promoção do bem-estar da população, bem como na conservação das condições ecológicas do meio.

Referências

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, 2010.

ABREU-HARBICH, L.V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Informações climáticas para melhoria do clima urbano: caso de Santos e Campinas, São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2013, Brasília, **Anais...** Brasília, 2013, 9 p.

AKUTSU, M.; SATO, N.M.N.; PEDROSO, N.G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação**. São Paulo: IPT, 1987. 74 p.

ALCOFORADO, M.J.; ANDRADE, H.; LOPES, A.; VASCONCELOS, J. Application of climatic guidelines to urban planning, The example of Lisbon (Portugal), **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 90, p.56-65, 2009.

ALEX, S. **Projeto da praça, convívio e exclusão no espaço público**. São Paulo: SENAC Editora, 2008. 291 p.

ALMEIDA, A.L.B.S.S.S.L. **O valor das árvores, árvores e floresta urbana de Lisboa**. 2006. 314 p. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUT AND AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environment conditions for human occupancy**: ANSI/ ASHRAE 55-1981. Atlanta, 1981.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 1992, 26 p.

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 LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, Brasília, 2013. **Anais. Brasília: ENCAC-ELACAC**, p. 324-338, 2013.

BISHT, D.B. **The spiritual dimension of health**. New Delhi: Directorate of Health Services, 1985, 36 p.

BOWLER, D.E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T.M.; PULLIN, A.S. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 97, p. 147-155, 2010.

BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v. 13, pg. 373–384, 1998.

BRUSE, M. **ENVI-met 3.1**: online manual. 2009. Disponível em: <<http://www.envi-met.com/>>. Acesso em: 01 jul. 2014.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. **Building and Environment**, Oxford, v. 51, p. 285-295, 2012.

CONGALTON, R.G.; KASS, G. **Assessing the accuracy from remotely sensed data: principles and practices**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 183 p.

DIMOUNDI, A; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 35, n. 1, p. 8, 2003.

DOBBERT, L.Y. **Áreas verdes hospitalares: percepção e conforto**. 2010, 122 p. Mestrado (Dissertação em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

DOBBERT, L.Y.; SILVA FILHO, D.F. **Thermal comfort afforded by green areas in a hospital**: ENVH 2013. Boston: Environmental Health Science and Policy to Protect Future Generations, 2013, 10p.

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, 2014. p. 400-411.

FANGER, P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental**. Copenhagen: Engineering, 1970. 244 p.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FJELD, T. **The effect of plants and artificial day-light on the well-being and health of office workers, school children and health care personnel, reducing health com-plains at work plants for people**. Seminar report: Reducing health complaints at work Plants for people: Int. Hort. Exhib. Floriade, 2002, 10 p.

FONTES, M.S.G.C.; ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. Open urban spaces quality: a study in a historical square in Bath-UK. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 25., 2008, Dublin. **Proceedings...** Dublin: PLEA 2008.1 CD-ROM.

FOSTER, C.; HILLSDON, M. Changing the environmental to promote health: enhancing physical activity. **Journal of Sports Science**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 755-769, 2004.

FRANCO, M.A.R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2. ed. São Paulo: Annablume Ed., 2001. 296 p.

GERLACH-SPRIGGS, N.; KAUFMAN, R.E.; WARNER, S.B. **Restorative gardens: the healing landscape**. New Haven: Yale University Press, 1998. 200 p.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley, 1998. 464 p.

GRAHN, P.; STIGSDOTTER, U.A. Landscape planning and stress. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 2, n.1, p. 1-18, 2003.

GUIMARÃES, S.T.L. **Paisagens**: aprendizados mediante as experiências, um ensaio sobre interpretação e valoração da paisagem. 2007. 167 p. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2007.

HANSMANN, R.; HUG, S.M.; SEELAND, K. Restoration and stress relief through physical activities in forest and parks. **Urban Forestry & Urban Greening**, Zurich, v. 6, n. 4, p. 213-225, 2007.

HARTIG, T. Three steps to understanding restorative environments as health resources. In: THOMPSON, C.W.; TRAVLOU, P. (Ed.). **Open space-people space**. New York: Taylor and Francis, 2007. p. 163-179.

HARTIG, T.; KORPELA, K.; EVANS, G.; GÄRLING, T. A measure of restorative quality in environments. **Scandinavian Housing & Planning Research**, Sweden, v. 14, p. 175-194, 1997.

HERZOG, T.R.; CHERNICK, K.K. Tranquility and danger in urban and natural settings. **Journal of Environmental Psychology**, Michigan, v. 20, p. 20-39, 2000.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 43, p. 71-75, 1999.

HOUAISS, A. **Minidicionário Houaiss da língua portuguesa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008. 917 p.

HOUGH, M. **City form and natural process**. New York, Routledge, 1989. 280 p.

HUMPHREYS, M.A.; NICOL, J.F. Understanding the adaptive approach to thermal comfort. **ASHRAE Transactions**, Chicago, v. 104, Anais., p. 153-158, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Genève, 1994. 30 p.

JACOBS, J. **The death and life of great American cities**. London: Penguin Books, 1961. 221 p.

JAMES, W. **Psychology: the briefer course**. New York: Dover Publ., 2001. 343 p.

JOHNSON, B.; XIE, Z. Classifying a high resolution image of an urban area using super-object information ISPRS. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 83, p. 40– 49, 2013.

KÀNTOR, N.; UNGER, J.; GULYÁS, Á. Human bioclimatological evaluation with objective and subjective approaches on the thermal conditions of a square in the centre of Szeged, **Acta climatologica et chorologica Universitatis Szegediensis**, Tomus, v.40/41, p. 47-58, 2007.

KÁNTOR, N; GULYÁS, Á; ÉGERHÁZI, L; UNGER, J. Objective and subjective aspects of an urban square's human comfort – case study in Szeged (Hungary). In: JAPANESE-GERMAN MEETING ON URBAN CLIMATOLOGY, 5., 2008, Albert-Ludwigs. **Proceedings...** Albert-Ludwigs: University of Freiburg, 2008. p .6-8.

KAPLAN. R. The nature view from home: psychological benefits. **Environmental and Behaviour**, Ann Arbor, v. 33, p. 507-541, 2001. Disponível em: <<http://www.sagepublications.com>>. Acesso em:14 jul. 2010.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S. **The experience of nature: a psychological perspective**. Cambridge: Cambridge Press, 1989. 360 p.

_____. The role of the nature in the context of the workplace. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 26, p. 193-201, 1993.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S., RYAN, R.L. **With people in mind: design and management of everyday nature**. Washington: Island Press, 1998. 225 p.

KAPLAN. S. The restorative benefits of nature: toward and integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 15, n.3, p. 169-182, 1995.

KAPLAN, S.; KAPLAN.R. **Cognition and environments, functioning in an uncertain world**. Ed. Ulrich's Books, Ann Arbor: University of Michigan,1983. p. 73-98.

KATSCHNER, L. Behaviour of people in open spaces in dependence of thermal comfort conditions. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 23., 2006, Geneva. **Proceedings...** Geneva: PLEA, 2006. p. 499-505.

KETTIG, R.L.; LANDGREBE, D.A. Computer classification of remotely sensed multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. **IEEE Transactions on Geoscience Electronics**, New York, v. GE-14, n. 1, p. 19-26, 1976.

LABAKI, L.C.; FONTES, M.S.G.C.; BARTOLOMEI, C.L.B.; DACANAL, C. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, 2012.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977

LIN, T.P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R.L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, Washington, v. 45, n. 1, p. 213-221, 2010.

LIN, T-P.; TSAI, K-T.; LIAO, Ch-Ch.; HUANG, Y-Ch. Effects of thermal comfort and adaptation on park attendance regarding different shading levels and activity types, **Building and Environment**, Amsterdam, v. 59, p. 599-611, 2013.

LOMBARDO, M.A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

_____. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método**. 1995. 26 p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997. 227 p.

MAGALHÃES, M.R. **A Arquitetura paisagista, morfologia e complexidade**. Lisboa: Ed. Estampa, 2001. 525 p.

MARCUS, C.C.; BARNES, M. **Gardens in healthcare facilities: uses, therapeutic benefits and design recommendations**. Martinez: The Center for Health Design, 1999. 624 p.

MATZARAKIS, A., MAYER, H. Another kind of environmental stress: Thermal stress. **WHO collaborating centre for Air Quality Management and Air pollution Control. NEWSLETTERS**, Freiburg, v.18, p.7-10, 1996.

MATZARAKIS, A.; ROCCO, M.; NAJJAR, G. Thermal bioclimate in Strasbourg: the 2003 heat wave. **Theoretical and Applied Climatology**, Chichester, v. 98, p. 209-220, 2009.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H.; Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: application the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 51, p. 323-334, 2007.

_____. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 54, n. 2, p. 131-139, 2010.

MCPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; XIAOB, Q.; WUB, Ch. Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 99, p. 40-50, 2011.

MENDES, F.H.; ZANLORENZI, H.C.P.; DOBBERT, L.Y.; PRATA-SHIMOMURA, A.R.; SILVA FILHO, D.F., Alterações microclimáticas na Praça José Bonifácio em Piracicaba (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 18., 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBAU, 2014. p. 40-47.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A.F. **Clima urbano**. São Paulo: Ed. Contexto, 2003. 192 p.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da percepção**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011. 662 p.

MONTEIRO, E.Z. **Verdes-dentro e verdes-fora**: visões prospectivas para espaços abertos urbanos - privados e públicos - em área habitacional de interesse social. 2007. 272 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MONTEIRO, L.M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. 378 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NIKOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. **Building and Environment**, Oxford, v. 41, p. 1455-1470, 2006.

NIKOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces *Energy and Buildings*, Lausanne, v. 35, p. 95-101, 2003.

NIKOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. **Solar Energy**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 227–235, 2001

NOWAK, D.; HOEHN, R.E.; WANG, J.; LEE, A.; KRISHNAMURTHY, V.; SCHWETZ, G. **Assessing urban forest effects and values**. Delaware: USDA Forest Service, 2006. 52 p.

NOWAK, D.; ROWNTREE, R.A.; MACPHERSON, E.G.; SISINI, S.M.; KERKMANN, E.R.; STEVENS, J.C. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 49-57, 1996.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Pioneira, 1977. 201 p.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

_____. The energetic bases of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society**, London, v. 108, n. 445, p. 1-24, Jan. 1982.

OLGYAY, V. **Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey: Princeton University Press, 1963. 190 p.

ONISHIA, A.; CAO, X.; ITO, T.; SHIA, F.; IMURAA, H. Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 9 p. 323–332, 2010.

PARSONS, R. The potential influences of environmental perception of human health. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 11, p. 1-23, 1991.

PEREIRA, R.I. **O sentido da paisagem e a paisagem consentida, projetos participativos na produção do espaço livre público**. 2006. 200 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PERINI, K.; MAGLIOCCO, A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 495–506, 2014.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Boletim Acadêmico – Série arborização urbana. Jaboticabal: UNESP/FECAV/FUNEP, 2002. 74p.

PU, R.; LANDRY, S.; A comparative analysis of high spatial resolution IKONOS and WorldView-2 imagery for mapping urban tree species. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 124, p. 516–533, 2012.

RIBEIRO, L.C.Q.; RIBEIRO, M.G., **IBEU- Índice de Bem-estar Urbano**, ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, Rio de Janeiro, 2013, 264 p.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 2000. 128 p.

SANTAMOURIS, M.; PAPANIKOLAOU, N.; LIVADA, I.; KORONAKIS, I.; GEORGAKIS, C.; ARGIRIOU, A.; ASSIMAKOPOULOS, D.N. On the impact of urban climate on the energy consumption of 569 buildings. **Solar Energy**, New York, v. 70, p. 201-216, 2001.

SANTOS, M. **A natureza do espaço, técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 2006. 384 p.

SEGRE, M. O conceito de saúde. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 538-542, 1997.

SCHROEDER, H.W.; ANDERSON, L.M. Perception of personal safety in urban recreation sites. **Journal of Leisure Research**, Washington, v. 16, p. 177-194, 1984.

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, v. 31, p. 221–235, 2000.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 31, p. 498-506, 2011.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, F.D.; PIVETTA, K.F.L.; COUTO, H.T.Z.; POLIZEL, J.L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 67, p. 88-100, abr. 2005.

SILVA-FILHO, D.F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação da floresta urbana**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2004.

SOUZA, S.; ANDRADE, T.; PITOMBO, C.; NERY, J.; FREIRE, M.; Avaliação do desempenho térmico nos microclimas das praças: Piedade e Visconde de Cayrú, Salvador/BA. In: ENCAC - ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11; ELACAC - ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios, 2011. p. 311-349.

SPIRN, A.W. **O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: EDUSP, 1995. 345 p.

STULL, R.B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht: Kluwer Academic, Dordrecht, Neederland, 1988. 666 p.

TAYLOR, A.F.; KUO, F.E.; SULLIVAN, W.C. Coping with ADD: the surprising connection to green play settings. **Environment and Behavior**, Ann Arbor, v. 33, p. 54-77, 2001.

TUAN, Y.F. **Topofilia, um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1980. 288 p.

_____. **Espaço e lugar**. São Paulo: DIFEL, 1983. 250 p.

ULRICH, R.S. Visual landscapes and psychological well-being. **Landscape Research**, Abingdon, v. 4, p. 17-23, 1979.

_____. Natural versus urban scenes: some psychophysiological effects. **Environment & Behavior**, Ann Arbor, v. 13, n. 5, p. 523-556, 1981.

_____. View through a window may influence recovery from surgery. **Science**, Washington, v. 224, p. 420-421, 1984.

_____. Human responses to vegetation and landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 13, p. 29-44, 1986.

_____. **Health benefits of gardens in hospitals.** Floriade: Plants for People International Exhibition, 2002. 10 p.

ULRICH, R.S.; SIMONS, R.F.; LOSITO, B.D.; FIORITO, E.; MILES, M.A.; ZELSON, M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. **Journal of Environmental Psychology**, Austin, v. 11, p. 201-230, 1991.

URBAN, A.; KYSELÝ, J. Comparison of UTCI with other thermal indices in the assessment of heat and cold effects on cardiovascular mortality in the Czech Republic. **International Journal of Environmental Research of Public Health**, Amsterdam, v. 11, p. 952-967, 2014.

VAN DER LINDEN, S.; HOSTERT, P. The influence of urban structures on impervious surface maps from airborne hyperspectral data, **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 113, p. 2298–2305, 2009.

VIANA, S.M. **Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos, SP.** 2013. 211 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

WILSON, E.O. **Biophilia, the human bond with other species.** Cambridge: Harvard University Press, 2002. 157 p.

WU, Ch; XIAO, Q.; MCPHERSON, G. A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: a case study of Los Angeles, USA. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 7, p. 65–76, 2008.

YANG, W.; WONG, N.H.; JUSUF, S.K. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 59, p. 426-435, 2013.

3 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Campinas está localizada entre latitude 22°53'20"S e longitude 47°04'40"W, à altitude de 689m, cobrindo uma área de 796,4 km², sendo o perímetro urbano 388,9 km² e a área rural 407,5 km², com 1.091.946 habitantes, conforme dados da SEMA - secretaria do Meio Ambiente (2011). O clima segundo classificação de Köppen-Geiger é tipo Cwa, com verão quente e chuvoso e inverno seco e ameno, precipitação média anual de 1.350 milímetros e temperaturas máximas variando entre 28°C e 30°C no período de verão (novembro-abril) e mínimas entre 12°C e 19°C, no período de inverno (junho-agosto). As temperaturas máximas anuais variam entre 24°C e 29°C e as mínimas entre 11°C e 19°C, segundo dados do CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura).

Nesse estudo foram selecionadas quatro áreas com características distintas em relação à tipologia das edificações, à cobertura arbórea, à população residente e outras características físico-espaciais da cidade de Campinas, para análise e qualificação (Figura 8).

Figura 8 - Localização das áreas de estudo na cidade de Campinas / SP / Brasil

Fonte: Google imagens

3.1 Bairro Jardim das Paineiras

O Bairro Jardim das Paineiras (Figura 9) é uma área predominantemente residencial, bastante arborizado, com ocorrência de estabelecimentos comerciais concentrados nas avenidas e com população de alta renda salarial. Para a aferição

de dados climáticos nessa pesquisa, os equipamentos utilizados para aferição das variáveis climáticas ficaram debaixo de uma árvore (*Ficus Benjamina*) provida de copa densa, deixando o ambiente bastante protegido de raios solares. A tipologia das construções é em grande parte composta por edificações de um ou dois pavimentos, configurando um Bairro pouco verticalizado.

Figura 9 - Local de coleta de dados no Bairro Jardim das Paineiras, local totalmente sombreado

As quadras dispostas de forma orgânica (Figura 10), não obedecem a um esquema de quadriculas uniforme. Localiza-se na região leste da cidade à altitude de 700 m. A largura predominante das ruas é de 9,00m e as calçadas apresentam largura média de 2,50m, com traçado irregular, revestidas por materiais diversos como cerâmica, cimento queimado, mosaico português, piso grama, entre outros.

Figura 10 - Bairro Jardim das Paineiras, Campinas/SP

Fonte: Google earth (outubro, 2013), a área delimitada pela linha vermelha corresponde ao local onde foram aplicados os questionários referentes à percepção e a seta branca indica o ponto de coleta de dados climáticos e local onde foram aplicados os questionários referentes à sensação térmica

3.2 Bairro Cambuí

O Bairro Cambuí (Figura 11), localizado na região central da cidade à altitude de 689m, é uma área de ocupação mista contendo residências, comércio e grande concentração de edifícios de alto padrão. A estrutura original do Bairro, predominantemente residencial no tempo passado, sofreu diversos impactos com o avanço do comércio na área. Antigas casas, descaracterizadas em razão de uma nova função comercial ou de serviço, impactam de forma significativa o meio ambiente natural: a arborização viária foi em grande parte suprimida, jardins e quintais transformaram-se em áreas edificadas.

Figura 11 - Local de coleta de dados, rua Cel. Quirino no Bairro Cambuí, local parcialmente sombreado

A quantidade de cobertura arbórea é aparentemente satisfatória, porém menor que a do Bairro Jardim das Paineiras. A largura média das ruas é de 7,50m, e das calçadas 2,00 m, revestidas na maioria das vezes por mosaico português. O traçado das quadras é um misto de sistema reticular, contendo por vezes quadras com formatos irregulares e traçados não ortogonais (Figura 12).

"Uma nova configuração urbana, baseada nas ideias de Howard sobre cidade-jardim ampliava o verde pelos espaços abertos da cidade; em Campinas esse modelo foi aplicado no Bairro do Cambuí" (MONTEIRO, 2007, p. 29).

Entretanto, a especulação imobiliária na cidade de Campinas contribuiu para a descaracterização dessa proposta.

Figura 12 - Bairro Cambuí, Campinas/SP

Fonte: Google earth (outubro, 2013), a área delimitada pela linha vermelha corresponde ao local onde foram aplicados os questionários referentes à percepção e a seta branca indica o ponto de coleta de dados climáticos e local onde foram aplicados os questionários referentes à sensação térmica

3.3 Centro

O Centro (Figura 13) é uma zona de comércio com poucas residências, densamente verticalizada (ocorrência de grandes edifícios) com morfologia totalmente distinta dos outros dois Bairros anteriormente descritos. A tipologia das edificações caracteriza-se por prédios comerciais com 10 pavimentos ou mais. Localiza-se na região central da cidade à altitude de 691m. A largura das ruas apresenta dimensões variadas (7 a 12m) e as calçadas têm largura de 1,90 a 3,80m, predominantemente revestidas por mosaico português.

Figura 13 - Local de coleta de dados no Centro, Largo do rosário, pleno sol

No traçado das quadras predomina o sistema reticular (Figura 14), ocorrendo também quadras com formatos não ortogonais. Devido à grande concentração de altos edifícios e à carência de árvores, os efeitos das ilhas de calor são mais evidentes, aumentando o desconforto térmico. A falta de planejamento urbano fez

com que a cidade crescesse de forma desordenada. As calçadas estreitas e a presença da rede elétrica aérea dificultam a implantação de árvores nas ruas. O trânsito de pessoas e veículos é bastante intenso nessa região.

Figura 14 - Centro, Largo do rosário,Campinas/SP

Fonte: Google earth (outubro, 2013) a área delimitada pela linha vermelha corresponde ao local onde foram aplicados os questionários referentes à percepção e a seta branca indica o ponto de coleta de dados climáticos e local onde foram aplicados os questionários referentes à sensação térmica

A coleta de dados climáticos do Centro foi feita no Largo do Rosário (Figura 15), que se apresenta pouco arborizado, caracterizando-se como local de passagem e não de contemplação e descanso.

Figura 15 - A- Largo do Rosário em 1925e B- Atualmente
Fonte: acervo do Centro de Ciências Letras e Artes de Campinas

Os primeiros largos da cidade (do Carmo e do Rosário) eram originariamente espaços de terra batida. No início do século XX foram implantados seus jardins. Nos dias atuais, devido à nova hierarquia urbana imposta pelas avenidas e marcada pela derrubada das árvores, os dois largos constituem-se em praças secas, toda pavimentada (MONTEIRO, 2007).

3.4 Comunidade Vila Brandina

A Comunidade Vila Brandina (Figura 16), área de assentamento irregular, sem traçado definido, é uma das primeiras ocupações da cidade. A maioria das construções compreende residências inacabadas auto-construídas de um ou dois pavimentos, sem recuos lateral e frontal. Poucas ruas estão pavimentadas; a falta de calçadas dificulta a caminhada de pedestres e o plantio de árvores. Localiza-se na região leste da cidade à altitude de 691m. A condição da arborização apresenta-se bastante insatisfatória, praticamente inexistente. A ocupação desse local se deu no final da década de 1960 por famílias procedentes principalmente do sul da Bahia que vieram em busca de novas oportunidades de emprego. O período entre 1973 e 1980 foi quando ocorreu maior adensamento populacional neste assentamento.

Figura 16 - Ponto de coleta de dados na Comunidade Vila Brandina

Predominantemente residencial, esse aglomerado urbano é composto por população de baixa renda, e estendeu-se de forma espontânea, sem qualquer planejamento (Figura 17).

Figura 17 - Comunidade Vila Brandina, Campinas/SP

Fonte Google Earth (outubro, 2013) a área delimitada pela linha vermelha corresponde ao local onde foram aplicados os questionários referentes à percepção e a seta branca indica o ponto de coleta de dados climáticos e local onde foram aplicados os questionários referentes à sensação térmica

Nas áreas em análise, foram determinados pontos para coleta de dados climáticos e realização de entrevistas com os transeuntes. Nesses pontos foi obtido o fator de visão do céu (Sky View Factor) por meio de fotografias feitas com uma máquina fotográfica digital marca Cannon, modelo EOS XSi, provida de uma lente olho de peixe, marca SIGMA, modelo 4,5 mm DC HSM. As imagens foram importadas posteriormente para o modelo RayMan para incluir o efeito de sombreamento ao calcular os fluxos de radiação de ondas curtas e longas (Figura 18).

Figura 18 – A - Comunidade Vila Brandina, B - Cambuí, C - Largo do Rosário-Centro, D - Jardim das Paineiras

A análise das quatro áreas selecionadas, contendo cobertura arbórea de forma diversificada, possibilitou observar o grau de interferência da vegetação não só no microclima urbano, mas também no grau de percepção pela população local em relação à arborização das ruas.

Imagens termográficas das áreas em estudo foram tomadas nos dois períodos de coleta de dados, a saber: agosto de 2012 (Figuras 19, 20, 21 e 22) e fevereiro de 2013 (Figuras 23,24,25,26) a fim de se verificar as alterações da temperatura de superfície em diferentes pontos, obtidas por meio da câmera termográfica de infravermelho marca FLIR SC 660, contendo zoom digital 8x e funções avançadas de medição. Estas imagens permitiram visualizar as diferentes temperaturas de superfície das áreas de estudo.

Em estudos de climatologia urbana, a temperatura de superfície desempenha importante papel na medida em que interferem na temperatura do ar nas camadas

mais baixas da atmosfera sendo influenciada pelo tipo de superfície, pela rugosidade do terreno, pela textura do solo e seu grau de umidade, bem como pelo tipo e estado fenológico da vegetação (LOPES, 2003).

Imagens termográficas fotografadas em Agosto de 2012

Figura 19 – A - Bairro Cambuí, B - Imagem termográfica do Bairro Cambuí (Ago/2012)
Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 20 – A - Centro-Largo do Rosário, B - Imagem termográfica do Centro - Largo do Rosário (Ago/2012) Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 21 - A - Comunidade Vila Brandina, B - Imagem termográfica da Comunidade Vila Brandina (Ago/2012)

Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 22 - A - Bairro Jd. das Paineiras, B - Imagem termográfica do Bairro Jd. das Paineiras (Ago/2012)

Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Imagens termográficas fotografadas em Fevereiro de 2013

Figura 23 - A - Bairro Cambuí, B - Imagem termográfica do Bairro Cambuí (Fev./2013)

Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 24 – A - Centro-Largo do Rosário, B - Imagem termográfica do Centro-Largo do Rosário (Fev /2013) Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 25 – A - Com. Vila Brandina, B - Imagem termográfica da Com. Vila Brandina (Fev /2013) Fonte: Jefferson Lordello Polizel

Figura 26 – A - Bairro Jd. das Paineiras, B - Imagem termográfica do Bairro Jd.das Paineiras (Fev /2013) Fonte: Jefferson Lordello Polizel

A temperatura máxima de superfície do piso no período do verão no Cambuí foi igual a 46,2 °C (Figura 23) no Centro igual a 62,6 °C (Figura 24), na Comunidade

Vila Brandina igual a 68,0 °C (Figura 25) e no Jardim das Paineiras igual a 39,1 °C (Figura 26). Temperaturas mais altas ocorreram nos bairros menos arborizados. A falta de sombreamento proporcionado pelas árvores pôde demonstrar a contribuição das árvores na redução da temperatura de superfície do solo. Considerando que uma árvore de copa densa consegue absorver até 80% da radiação solar (GEIGER et al., 1983), sua presença no meio urbano se torna indispensável na medida em que proporciona inúmeros benefícios referentes à performance térmica das cidades destaca Olgyay (1998).

Outro fator a ser considerado segundo Oke (1978) é a condutividade térmica dos materiais. A cor escura do asfalto e seus componentes contribuíram para a elevação da temperatura de superfície em grau superior à do paralelepípedo e do mosaico português de cor mais clara. Portanto, a interferência dos diferentes tipos de pavimentos na temperatura de superfície das áreas de estudo demonstra a necessidade de se considerar as propriedades desses materiais ao projetar espaços livres urbanos a fim de assegurar maior conforto térmico.

Referências

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_109.html>. Acesso em: 10 dez. 2014.

GEIGER, R.; ARON R. H.; TODHUNTER, P. **The climate near the ground**. 7th ed. Lanham, MD, USA : Rowman & Littlefield Publ., 2009. 642 p.

LOPES, A.M.S. **Modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano**. 2003. 354 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2003.

MONTEIRO, E.Z. **Verdes-dentro e Verdes-fora: visões prospectivas para espaços abertos urbanos - privados e públicos - em área habitacional de interesse social**. 2007. 272 p., Tese (Doutorado em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1998. 203 p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE CAMPINAS. Disponível em: <<http://www.campinasaquui.com.br/1/2807/municipais/secretaria-do-meio-ambiente-de-campinas.html>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

4 A INTERFERÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MICROCLIMA DE CAMPINAS

Resumo

O crescimento das cidades influencia diretamente no microclima causando diversos impactos, como o aumento das ilhas de calor, cujos efeitos afetam o conforto térmico dos seus habitantes. A presença de vegetação em ambiente urbano pode atenuar esses efeitos. Nesse intuito, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da arborização urbana no conforto térmico em quatro áreas da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. A quantidade de cobertura arbórea nas áreas analisadas foi calculada pelo método de classificação supervisionada, permitindo posteriormente a obtenção do Índice de Floresta Urbana espacial (IFU_E). Os índices de avaliação de conforto: o Voto Médio Estimado (PMV) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), calculados por meio do modelo RayMan, foram utilizados para estimar o conforto térmico nas áreas de estudo. Observou-se diferença significativa de conforto térmico entre a área menos arborizada (6% de cobertura arbórea) e a área mais arborizada (31% de cobertura arbórea), de acordo com ANOVA seguida do teste de Tukey. Também foi verificada forte correlação entre os índices de conforto, PMV e PET. Pode-se concluir, portanto, que há interferência positiva da arborização urbana no conforto térmico humano nas regiões estudadas e que o PET e o PMV apresentaram os mesmos resultados na avaliação do conforto térmico nas áreas estudadas.

Palavras-chave: Arborização urbana; Conforto térmico; PMV; PET, RayMan

Abstract

The growth of cities directly influences the microclimate causing several impacts, such as increased heat island which affect the human thermal comfort. The presence of vegetation in the urban environment can mitigate these effects. Therefore, this study aims to evaluate the influence of urban street trees on thermal comfort in four areas in the city of Campinas, São Paulo state, Brazil. The amount of tree canopy cover in the analyzed area was calculated using the supervised classification method. Indices of thermal comfort evaluation: Predicted Mean Vote (PMV) and the Physiologically Equivalent Temperature (PET), obtained by RayMan model, were used to estimate thermal comfort in the studied areas. There was significant difference in thermal comfort between the least wooded area (6% tree canopy cover) and a more wooded one (31% tree canopy cover), according to ANOVA and post hoc Tukey's test. Strong correlation was also found between the predictive values of comfort, PMV and PET. In conclusion, there is a positive influence of urban street trees on the human thermal comfort and PET and PMV indexes showed the same results in the evaluation of thermal comfort in the studied areas.

Keywords: Urban street trees; Thermal comfort; PMV; PET, RayMan

4.1 Introdução

Espaços verdes urbanos têm comprovada eficácia na redução da temperatura do ar. Esses espaços são capazes de amenizar os efeitos das ilhas de calor (DIMOUNDI; NIKOLOPOULOU, 2003), um dos impactos negativos decorrentes da urbanização, cuja intensidade, segundo Oke (1978), relaciona-se com a quantidade de habitantes da cidade. A vegetação inserida no meio urbano ajuda a reduzir a temperatura e consequentemente o uso excessivo de ar condicionado (SANTAMOURIS et al., 2001). É ainda capaz de minimizar a temperatura radiante média, uma variável climática que, de acordo com Kàntor e Unger (2011), é a que mais afeta as condições de conforto térmico humano, podendo provocar inclusive impactos negativos na saúde (LUBER; MCGEEHIN, 2008). Sendo assim, o controle da radiação solar durante o dia é peça chave para melhorar as condições de conforto térmico no meio urbano (CORREA et al., 2012). Vale ressaltar que a temperatura do ar e a temperatura radiante média são variáveis climáticas determinantes que apresentam forte relação entre o microclima e as condições de conforto (NIKOLOPOULOU; LIKOUDIS, 2006). A temperatura radiante média exerce grande influência sobre o PET e PMV por afetar de forma direta o equilíbrio energético humano em dias de sol (MATZARAKIS et al., 2007).

Alterações ocorridas no ambiente urbano, como excesso de construções e impermeabilização do solo, afetam o microclima causando sérios danos à saúde humana. Ng et al. (2012) salientam que a morfologia urbana compacta causa estresse térmico pelo calor, principalmente durante meses de verão quente e úmido. Destacam ainda que a densidade e altura dos edifícios influenciam a temperatura potencial, a temperatura radiante média e a distribuição do Predicted Mean Vote (PMV) ao elevar a temperatura do meio circundante. Dessa maneira, o design urbano deve ser pensado de forma a proporcionar maior conforto aos seus usuários.

A fim de minimizar tais impactos, a vegetação plantada no solo ou nos telhados é bastante recomendada (BOWLER et al., 2010; PERINI; MAGLIOCCO, 2014), pois regula o microclima, auxilia na evapotranspiração (ROSSI et al., 2012). Índices para avaliação do conforto térmico como o PMV e o PET permitem caracterizar as condições de conforto térmico; e, o IFU_E qualifica o ambiente em relação à sua condição de arborização. A utilização desses três índices conjuntamente auxiliam a inspecionar e analisar o conforto térmico e a qualidade de

vida no meio urbano, tendo em vista a valorização e adequação da arborização urbana.

O índice PMV⁵ (Predicted Mean Vote) é obtido por meio de uma equação baseada em variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento) e variáveis pessoais (atividade física - met, e resistência térmica da vestimenta - clo) possibilitando estimar a sensação térmica das pessoas (FANGER, 1970). Entretanto, Monteiro (2008) não considera o PMV adequado para avaliação de conforto em ambientes externos por ter limitações relacionadas à determinação da temperatura da pele e da taxa de suor regulatório. Spagnolo e de Dear (2003) também questionam se a teoria desenvolvida para ambiente interno possa ser aplicada a um ambiente ao ar livre sem modificação.

Um dos índices que tem sido largamente utilizado para avaliar o conforto térmico em ambiente externo é o PET⁶ (Physiological Equivalent Temperature). O índice PET (HÖPPE, 1999) de um determinado ambiente (interno ou externo) refere-se à temperatura equivalente do ar de um ambiente interno padrão (com ausência de vento e radiação) sendo mantido o balanço de calor do corpo humano com temperaturas do centro da pele do corpo iguais as do ambiente de referência. Nessa análise de avaliação de conforto, apenas o complexo térmico é considerado. Ele inclui fatores meteorológicos de temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, bem como radiação de ondas curtas e longas, que afetam os seres humanos termofisiologicamente tanto em ambientes internos como externos.

Honjo (2009) considera ainda que fatores mais abrangentes de variáveis meteorológicas, aliados a fatores humanos, representam maior dificuldade para avaliar índices de conforto ao ar livre. Prata-Shimomura et al. (2009) destacam a importância de se considerar o efeito das características locais e da velocidade do vento, sendo esta uma variável significativa para a determinação do PET.

Esta pesquisa utilizou-se dos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PET (Physiological Equivalent Temperature), que descrevem efeitos do microclima na saúde humana baseado em parâmetros meteorológicos e termofisiológicos. O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar interferências da cobertura arbórea viária

⁵ Índice PMV encontra-se melhor descrito no capítulo 2, item 2.1.2

⁶ Índice PET encontra-se melhor descrito no capítulo 2, item 2.1.2

no microclima urbano por meio de análise desses índices, identificando o conforto térmico de diferentes áreas da cidade de Campinas/SP/Brasil.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Área de estudo

Quatro áreas, com diferentes morfologias, localizadas na cidade de Campinas, SP, Brasil, já descritas no capítulo 3, foram analisadas.

4.2.2 Índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico PMV e PET foram obtidos por meio do modelo RayMan⁷ (MATZARAKIS et al., 2007, 2010), utilizando-se de dados do monitoramento microclimático. O monitoramento do microclima foi realizado simultaneamente nas quatro áreas e as variáveis aferidas foram: temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%), com auxílio de um termo-higrômetro; velocidade do vento (m/s) com auxílio de um termo-anemômetro digital, e temperatura de globo (°C), com auxílio de um termômetro de globo, a qual permitiu o cálculo da temperatura radiante média. Os dados foram registrados de 15 em 15 minutos, entre 9h e 17h, durante cinco dias consecutivos, nos meses de agosto de 2012 (inverno) e fevereiro de 2013 (verão).

Os equipamentos foram fixados a um tripé a 1,50 m de altura (Figura 27), compostos por um registrador de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Testo 175, protegido da radiação; um sensor de temperatura, modelo Testo 175-T2; outro sensor de temperatura, modelo Testo 0613 1711 adaptado ao globo, e um anemômetro/termômetro digital Testo 445 com sensor 0635-1549, protegido por uma caixa de isopor. O certificado de calibração dos equipamentos pode ser verificado no Anexo A.

⁷ A descrição do modelo RayMan encontra-se no capítulo 2, item 2.3.1

Figura 27 - Estações meteorológicas portáteis utilizadas para aferir as variáveis climáticas nas áreas de estudo

4.2.3 Cobertura arbórea e Índice de Floresta Urbana (IFU)

A quantificação da cobertura arbórea nas áreas em estudo foi feita utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A classificação supervisionada identificou e quantificou os diferentes tipos de uso do solo por meio de classes temáticas como: área construída, área de cobertura de copa, de relvado, de solo exposto, áreas impermeáveis - asfalto, calçadas e outros (SILVA FILHO, 2004), a partir de uma imagem de alta resolução multiespectral World View-2, processada a 50cm de resolução espacial composta pelas bandas RGB (*Red, Green and Blue*) e IR (*Infrared*) referente ao ano de 2011 (Figura 28).

Figura 28 - Imagem de alta resolução multiespectral Word View-2 das regiões estudadas, Campinas/SP/Brasil, 2011
Fonte: Global geo

As imagens classificadas foram recortadas no Quantum GIS v.1.8 a partir da delimitação dos Bairros fornecida pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Campinas (SEPLAN).

Nesta pesquisa foi utilizado o algoritmo *Extraction and Classification of Homogeneous Objects classifier* (ECHO) para realizar a análise de classificação supervisionada por meio do software *MultiSpec®* 3.3. Essa metodologia é baseada em algoritmos que reconhecem padrões espectrais dos alvos terrestres por análise de pixel que determinam valores que podem variar de 0 a 255, permitindo elaborar classificações supervisionadas do mosaico e das imagens das áreas em análise.

A partir dos resultados da classificação supervisionada foi possível saber qual o percentual de área de cada classe presente na imagem, extraíndo assim a cobertura arbórea das quatro áreas estudadas. Para os mapeamentos temáticos foi utilizado o índice Kappa (LANDIS; KOCH, 1977), cuja interpretação pode ser verificada na Tabela 2, a qual apresentou valores elevados para treinamento (97,8%) e para o teste (98,2%) com acurácia geral de 99,8% e 99,6%

respectivamente, considerado ótimo pela interpretação feita por Landis e Koch (1977).

Tabela 2 - Interpretação da exatidão da classificação conforme valor do índice Kappa

Valores Kappa (%)	Exatidão da Classificação
0	Nula
0-20	Pobre
21-40	Fraca
41-60	Moderada
61-80	Boa
81-100	Ótima

Fonte: Landis e Koch (1977)

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Quantificação da cobertura arbórea, valores do IFU e proposta de índice de ajuste para o IFU

A partir da classificação supervisionada, que pode ser observada nos mapas temáticos representados pelas Figuras 29, 30, 31 e 32, foi possível calcular o Índice de Floresta Urbana (IFU) para cada área analisada, baseado na relação entre espaços livres arborizados, espaços livres impermeabilizados e espaços construídos, conforme equações (2 e 3) apresentadas na página 80 a seguir.

As classificações supervisionadas permitiram a caracterização de alvos intra-urbanos estabelecendo diferentes tipos de classes possibilitando assim a mensuração da cobertura arbórea e da floresta urbana avaliando o tecido urbano composto por outros sistemas como o viário, edificações, pavimentações e outros tipos de coberturas de solo em diferentes áreas da cidade. As classes estabelecidas para esta classificação foram: copa de árvores, relvado, solo exposto claro, piso cimento, piscina, telha cerâmica, telha cinza, telha escura, asfalto e sombra. Assim foi possível quantificar cada classe e posteriormente calcular o valor do IFU de cada área de estudo. O IFU é um indicador que qualifica o espaço em relação a arborização nele existente sendo importante a obtenção deste índice por possibilitar estabelecer prioridades de intervenção para a ampliação da cobertura arbórea de áreas específicas.

Figura 29 - Mapa temático da Comunidade Vila Brandina, Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/1013, obtido por meio da classificação supervisionada pelo programa MultiSpec® 3.3.

Figura 30 - Mapa temático do Bairro Cambuí, Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/1013, obtido por meio da classificação supervisionada pelo programa MultiSpec® 3.3

Figura 31 - Mapa temático do Bairro Jardim das Paineiras, Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/1013, obtido por meio da classificação supervisionada pelo programa MultiSpec® 3.3

Figura 32 - Mapa temático do Centro, Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/1013, obtido por meio da classificação supervisionada pelo programa MultiSpec® 3.3

Utilizando-se das equações demonstradas a seguir, foi possível calcular os IFUs para cada área de estudo.

Aplicando-se as equações 2 e 3:

$$PAI = \frac{ELA}{(ELA + ELI)} \quad (2) \quad \text{e} \quad PAC = \frac{ELA}{(ELA + EC)} \quad (3)$$

onde:

PAI= Proporção entre Espaço Livre Arborizado e Espaço Livre Impermeável

ELA= Espaço Livre Arborizado (copa de árvores e arbustos)

ELI= Espaço Livre Impermeável (asfalto e pisos)

e

PAC= Proporção de Espaço Livre Arborizado por Espaço Construído

ELA= Espaço Livre Arborizado (copa de árvores e arbustos)

EC=Espaço Construído (todas as categorias de telhados)

seguidas da equação 4 :

$$IFU = PAI + PAC \quad (4)$$

Os valores de PAI e PAC podem variar de 0 a 1 sendo, portanto, o valor máximo de IFU igual a 2. Quanto mais próximo de 2 estiver o IFU, maior será a valorização do espaço analisado no que diz respeito à arborização urbana.

Na Tabela 3, pode-se observar os IFUs, bem como os diferentes tipos de classes identificadas nas áreas de estudo para as quatro áreas em análise.

Tabela 3 - Classificação e % de IFU na áreas de estudo

Classe	Com.Vila Brandina	Cambuí	Paineiras	Centro
Percentual de cada classe nas quatro áreas de estudo	IFU=0,53 (%)	IFU= 0,80 (%)	IFU=1,40 (%)	IFU=0,70 (%)
Copa	4	13	31	6
Relvado	7	6	15	11
Solo exposto	20	8	9	8
Piso cimento	10	15	6	14
Piscina	0	0	0	0
Telha cerâmica	14	12	15	9
Telha cinza	0	4	0	5
Telha escura	20	7	10	10
Asfalto	11	20	9	25
Sombra	7	15	5	12

Para avaliar a existência de áreas potenciais para plantio de árvores, existe ainda o PAV que pode ser obtido por meio da equação 5 representada abaixo:

$$PAV = \frac{ELA}{(ELA + ELH)} \quad (5)$$

O PAV consiste na proporção entre Espaços Livres Arborizados (ELA) e Espaços Livres Herbáceos (ELH), e quanto mais próximo de 1 estiver esse índice, mais áreas livres potenciais para plantio existe no espaço analisado.

A interferência de maciços de vegetação no cálculo do IFU foi corrigida por meio da inserção de um fator de ajuste que será apresentado a seguir. Esse fator, denominado Índice de distribuição espacial (I), analisa a forma como a vegetação se encontra distribuída no espaço urbano, qualificando de forma mais eficaz as áreas em análise.

Índice de Distribuição Espacial (I)

Para analisar a uniformidade da distribuição do espaço livre não construído foi estabelecido um índice calculado por meio de um algoritmo desenvolvido na linguagem Python 2.7 (VAN ROSSUM, 1989).

O algoritmo divide a imagem em N quadrantes de pixels não sobrepostos (Figura 33) para obter dados estatísticos dentro dos quadrantes e entre os diferentes quadrantes. Um algoritmo semelhante, denominado análise por macropixels, é utilizado em estudos farmacológicos para analisar a homogeneidade na mistura de um fármaco (ROSAS; BLANCO, 2012; HAMAD et al., 2007).

Figura 33 - Divisão da classificação do recorte da comunidade Brandina nos quadrantes de 100 m. Quadrantes com menos da metade da área ocupada por pixels foram desconsiderados na análise

Para estabelecer o tamanho dos macropixels foi realizada uma análise visual e gráfica de quatro áreas de interesse, iniciando-se com valores de 50m até 200m, com passos de 50m.

A partir desses macropixels, o algoritmo calculou a média aritmética interna (Figura 34) e em seguida a variância a partir dessas médias. A premissa do algoritmo é que quanto melhor distribuída for a área de vegetação menor será a variância entre os macropixels. Para efeitos de eficiência do algoritmo, os dados

foram tratados apenas como tipo byte, com valores de 0 a 254, sendo o valor 255 considerado como nulo e, portanto, excluído dos cálculos.

Para calcular as médias dos quadrantes, as classes foram reclassificadas considerando-se os seguintes valores :

Copa de árvore: 254

Relvado: 127

Solo exposto: 25

Demais classes: 0

Figura 34 - Recorte da Comunidade Vila Brandina classificada demonstrando as médias dos quadrantes de 100m

Sabendo-se o valor máximo e mínimo dos pixels é possível estabelecer a variância máxima esperada por meio da equação 6. A maior variância esperada será aquela que, para atingir a soma dos valores dos pixels, tenha apenas quadrantes com o valor máximo (254) ou mínimo (0) e um, se necessário, resultante da divisão da soma pelo valor máximo.

$$\bar{x} = \left\lfloor \frac{\sum p_i}{n} \right\rfloor$$

$$n_{254} = \left\lfloor \frac{\sum p_i}{254} \right\rfloor$$

$$r = \sum p_i \bmod 254$$

$$var_{max} = \frac{n_{254} \cdot (254 - \bar{x}) + r + n_0 \cdot \bar{x}}{n} \quad (6)$$

Onde:

$\bar{x}$: valor médio dos pixels

p_i : valor do pixel

n : número total de quadrantes

n_{254} : número de quadrantes com valor máximo

r : resto não divisível por 254

n_0 : número de quadrantes com valor mínimo

A partir da variância máxima esperada é possível então calcular um índice percentual de correção conforme a fórmula a seguir:

$$I = 1 - \frac{var}{var_{max}}$$

Sendo:

I: índice de correção

var: variância calculada entre os quadrantes.

var_{max}: variância calculada entre os quadrantes.

O índice I irá variar de zero a um, sendo que quanto menor a variância, mais próximo de um será o valor do índice, portanto menor penalidade na fórmula corrigida do Índice de Floresta Urbana. Assim sendo, obtêm-se a equação:

$$IFU_E = IFU \times I$$

O Índice de Floresta Urbana (IFU) foi calculado baseado na equação original e, posteriormente, recalculado utilizando-se da equação ajustada, levando em consideração a maneira como a vegetação se encontra inserida no espaço analisado.

Os valores de IFU (Índice de Floresta Urbana) e IFU_E (Índice de Floresta urbana espacial), representados no Quadro 2, apresentaram diferença significativa comprovando a importância do ajuste proposto a fim de avaliar de forma mais fidedigna a quantidade da cobertura arbórea nas diferentes áreas analisadas. Na comunidade Vila Brandina, não houve diferença relevante entre os índices devido à ausência de grandes maciços arbóreos.

LOCAL	IFU	I	IFU _E
Jardim das Paineiras	1.40	0.87	1.21
Cambuí	0.80	0.84	0.67
Centro	0.70	0.81	0.57
Com. Vila Brandina	0.53	0.96	0.51

Quadro 2 - Valores de IFU, Índice espacial (I) e IFU_E

Vale ressaltar que, para que se possa validar a eficácia desse índice proposto mais estudos serão necessários.

4.3.2 Análise dos dados

Primeiramente elaborou-se a análise estatística descritiva considerando-se média e desvio padrão. O teste de normalidade Kolmogorov–Smirnov foi aplicado para identificação de dados paramétricos ou não paramétricos, a ANOVA seguida pelo teste de Tukey para identificar as diferenças de conforto térmico entre regiões e foi utilizado o teste de Pearson para a correlação entre os índices PET e PMV.

Os resultados da classificação supervisionada apontaram diferenças em relação à cobertura arbórea e ao IFU_E das áreas estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Cobertura do solo em percentual e IFU_E nas áreas estudadas da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/2013

	Vila Brandina	Cambuí	Paineiras	Centro
	IFU _E =0,51	IFU _E =0,67	IFU _E =1,21	IFU _E =0,57
Copa	4	13	31	6
Relvado	7	6	15	11
Solo exposto	20	8	9	8
Piso cimento	10	15	6	14
Piscina	0	0	0	0
Telha cerâmica	14	12	15	9
Telha cinza	0	4	0	5
Telha escura	20	7	10	10
Asfalto	11	20	9	25
Sombra	7	15	5	12

A arborização encontrada na Comunidade Vila Brandina apresentou-se comprometida pela falta de espaço entre as edificações, ausência de ruas e calçadas, o que dificulta o plantio de árvores e a manutenção das árvores existentes. O percentual da cobertura do solo, classificado como solo exposto (20%), refere-se principalmente às ruas não asfaltadas, sendo, portanto, áreas potenciais para arborização. Apesar do espaço limitado, árvores de porte médio são indicadas para plantio a fim de melhorar o microclima local e minimizar os problemas decorrentes dos efeitos de ilha de calor e enchentes. A Comunidade Vila Brandina, carente de árvores e de infraestrutura urbana, apresentou baixo IFU_E (0.51).

O Bairro Cambuí apresentou IFU_E= 0.67, sendo que algumas ruas encontram-se totalmente desprovidas de árvores. Inúmeras reformas e retiradas de árvores pelos proprietários de estabelecimentos são justificadas pela necessidade de salientar a fachada das lojas e garantir estacionamento, esses fatores devido à sobreposição do comércio às residências tornaram o Bairro mais árido. Apenas 6% da cobertura do solo classifica-se como relvado, havendo portanto poucas áreas potenciais para arborização, pela inadequação dos passeios públicos para o plantio.

O Bairro Jardim das Paineiras (IFU_E= 1.21) foi o que apresentou maior quantidade de cobertura arbórea (31%) e maior percentual de copa e relvado,

somando um total de 46% da área total. A diversidade de espécies e a distribuição arbórea por todo o Bairro proporcionou melhor equilíbrio ambiental e estético.

O Centro de Campinas mostrou-se pouco arborizado ($IFU_E = 0.57$), aumentando ainda mais os efeitos provocados pelas ilhas de calor, interferindo de forma negativa no microclima urbano. Rede elétrica, comércio, ruas estreitas e calçamento inadequado são fatores que dificultam a implantação de árvores nesta região, ficando a arborização restrita às praças públicas. Assim é importante destacar a necessidade de maior atenção a esses espaços para melhorar as condições climáticas locais. A cobertura arbórea ocupa apenas 6% da área central e apenas 19% é constituída por áreas potenciais para arborização (relvado e solo exposto), inviabilizando assim o incremento da quantidade de árvores. A falta de arborização torna o ambiente termicamente desagradável principalmente pela falta de sombra. A quantificação das diferentes classes de cobertura nas áreas analisadas permitirá traçar no futuro um plano de arborização baseado nas informações obtidas por meio desta análise. Os índices de conforto calculados por meio do modelo RayMan (MATZARAKIS et al., 2007, 2010), bem como a quantidade de cobertura arbórea e valores de IFU_E demonstraram diferenças entre as quatro áreas analisadas (Tabela 5).

Tabela 5 - Índices de conforto, quantidade de cobertura arbórea (%) e Índice de Floresta Urbana espacial (IFU_E) das áreas da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/2013

AREAS	PMV		PET (°C)		COB.ARB. % / IFU _E
	Média ± desvio padrão		Média ± desvio padrão		
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
	dms=0.2632	dms=0.1883	dms=1.4564	dms=1.0262	
Brandina	1.66±0.74 A	2.40±0.61 A	29.59±4.10 A	32.82±3.36 A	4 / 0.51
Paineiras	0.08±0.57 C	1.69±0.47 B	20.47±3.10 C	28.89±2.67 B	31 / 1.21
Centro	0.82±0.74 B	2.25±0.69 A	24.25±3.95 B	31.86±3.75 A	6 / 0.57
Cambuí	0.57±0.85 B	1.87±0.48 B	23.65±4.86 B	29.84±2.66 B	13 / 0.67

dms= diferença mínima significativa - médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Foi utilizada a ANOVA para comparações das áreas analisadas. Para localização das diferenças foi aplicado o teste de Tukey, p-valor < 0.05. As médias encontradas para o índice PMV e PET apresentaram variações no período do

inverno (Ago./2012) e verão (Fev./2013) nas diferentes regiões estudadas. Segundo o teste de Tukey, as regiões Comunidade Vila Brandina e Centro são semelhantes com as maiores médias de PMV e PET no verão, indicando maior desconforto pelo calor. Mas apresentam-se diferentes quando comparadas às regiões mais arborizadas como os Bairros Paineiras e Cambuí. É importante destacar que, no teste de Tukey, a diferença entre os grupos existe quando as diferenças entre as médias forem maiores que o valor da diferença mínima significativa (dms).

No inverno, as regiões Centro e o Bairro Cambuí apresentaram semelhanças em relação aos dois índices (PET/PMV); já a Comunidade Vila Brandina e o Bairro Jardim das Paineiras mostraram-se diferentes entre si e em relação às outras regiões. O Bairro Jardim das Paineiras, o mais arborizado, apresentou maior grau de conforto térmico, nos dois períodos de medição. Esses resultados (Figura 35) indicam a interferência da arborização urbana no conforto térmico, fato já comprovado em estudo realizado por Shashua - Bar et al.(2010).

Figura 35 - Distribuição quanto aos Índices PMV e PET nos períodos de verão e inverno nas regiões da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/2013

É relevante ressaltar que os dois índices PET e PMV foram verificados quanto à correlação de Pearson (forte correlação) e mostraram-se semelhantes com coerência e concordância, indicando que tanto o PET quanto o PMV são equivalentes para a avaliação do conforto térmico das regiões estudadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre os índices PET e PMV para as áreas de estudo em Campinas, São Paulo, Brasil, 2012/2013

Área	Verão	Inverno
Brandina	$r = 0,9958$	$r = 0,9922$
Cambuí	$r = 0,9944$	$r = 0,9970$
Centro	$r = 0,9972$	$r = 0,9899$
Paiineiras	$r = 0,9933$	$r = 0,9966$

Devido ao fato da tipologia das construções e morfologia das quatro áreas em estudo serem distintas, não se pode afirmar que apenas a presença de maior quantidade de árvores seja a única variável influenciando o cálculo dos índices de conforto. Entretanto, segundo estudos referentes a conforto no ambiente urbano (OKE, 1989; ALCOFORADO, 2010; DIMOUNDI; NIKOLOPOULOU, 2003; SASHUA-BAR et al., 2010; BRUN et al., 2010) há evidências de que a vegetação contribui para amenizar os efeitos das ilhas de calor ao reduzir a temperatura e aumentar a umidade relativa do ar. Ficou constatado que Bairros com diferentes quantidades de cobertura arbórea apresentam diferentes índices de conforto, sendo um forte indício da interferência das árvores no conforto térmico.

4.4 Conclusões

A proposta de ajuste do Índice de Floresta Urbana, o Índice de Floresta Urbana espacial (IFU_E), apresentada neste estudo demonstrou avaliar de forma mais eficaz a arborização das áreas em estudo ao considerar a forma como esta se encontra distribuída na malha urbana.

Pode-se concluir que os índices de conforto térmico estão diretamente relacionados à quantidade de cobertura arbórea, como pode ser observado pelos resultados do cálculo do Índice de Floresta urbana espacial (IFU_E). A diferença estatística significativa entre as áreas mais arborizadas e as menos arborizadas

evidenciou a interferência positiva das árvores no conforto térmico urbano. Entretanto, devido à influência de variáveis relacionadas à morfologia e tipologia das áreas em estudo, outras pesquisas serão necessárias para que se possa isolar o elemento arbóreo, a fim de quantificar o grau de sua interferência no microclima urbano.

Apesar do índice PET ter sido desenvolvido para ambiente externo, houve forte correlação ($r=0,99$) entre este índice e o PMV (desenvolvido para ambiente interno), indicando necessidade de uma reavaliação do PET. Outra consideração a ser feita é a necessidade de se calibrá-lo para a realidade de cada região a ser avaliada, principalmente no Brasil, por ser um país com grandes diferenças climáticas em sua extensão geográfica. Nesse sentido, são necessários mais estudos para que se possa melhor avaliar a situação de conforto em ambientes externos.

Referências

- ALCOFORADO, M.J. **Climatologia urbana para o ensino**. Lisboa: Universidade de Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, 2010. 179 p.
- BOWLER, D.E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T.M.; PULLIN, A.S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 97, n. 3, p. 147-155, Sept. 2010.
- BRUN, F.G.K.; DOBBERT, L.Y.; SERVOLO ILHO, H.J.; ZAIA, H.B.A.; SILVA FILHO, D.F. Percepção dos usuários em relação ao conforto ambiental de duas áreas verdes de Piracicaba – SP. **REVSBAU - Revista da Sociedade Brasileira da Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 59-81, 2010.
- CORREA, E.; RUIZ, M.A.; KANTON, A.; LESINO, G.. Thermal comfort in forested urban canyons of low building density: an assessment for the city of Mendoza, Argentina. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 58, p. 219-230, 2012.
- DIMOUNDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 35, p. 69-76, 2003.
- FANGER, P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental**, Copenhagen: Engineering, 1970. 244 p.
- HAMAD, M.L.; ELLISON, C.D.; KHAN, M.A.; LYON, R.C. Drug product characterization by macropixel analysis of chemical images. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, Amsterdam, v. 96, n. 12, p. 390–401, 2007.

HONJO T. Thermal comfort in outdoor environment. **Global Environmental**, Tokyo, v. 1, p. 43-47, 2009.

HÖPPE, P.R. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, München, v. 43, p. 71-75, 1999.

KÁNTOR, N.; UNGER, J. The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment: the mean radiant temperature, Central European **Journal of Geosciences**, Amsterdam, v. 3, p. 90-100, 2011.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LUBER, G.; MCGEEHIN, M. Climate change and extreme heat events. **American Journal of Preventative Medicine**, Amsterdam, v. 35, n. 5, p. 429-435, 2008.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments- application the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 51, p.323-334, 2007.

_____. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 54, n. 2, p. 131-139, 2010.

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: an experience from Hong Kong. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 47, p. 256-271, 2012

NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 41, p. 1455–1470, 2006.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

_____. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B, Biological Sciences, London, v. 324, p. 335–349, 1989.

PERINI, K.; MAGLIOCCO, A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 13, p. 495-506, 2014.

PRATA-SHIMOMURA, A.; MONTEIRO, L.M. ; FROTA, A.B. Physiological equivalent temperature index applied to wind tunnel erosion technique pictures for the assessment of pedestrian thermal comfort. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 7., 2009, Yokohama. **Proceedings...** Yokohama, Japan, 2009. 4 p.

ROSAS, J.G.; BLANCO, M. A criterion for assessing homogeneity distribution in hyperspectral images. Part 1: Homogeneity index bases and blending processes. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 70, p. 680–90, 2012

ROSSI, F.A.; MINELLA, F.O.; TAMURA, C.A.; DUMKE, E.; KRÜGER, E.L. Conforto térmico em espaços abertos: resultados de um estudo piloto em Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2012, Natal. **Anais...** Natal, 2012, 14p.

SANTAMOURIS, M.; PAPANIKOLAOU, N.; LIVADA, I.; KORONAKIS, I.; GEORGAKIS, C.; ARGIRIOU, A.; ASSIMAKOPOULOS, D.N. On the impact of urban climate on the energy consumption of 569 buildings. **Solar Energy**, New York, v. 70, p. 201-216, 2001.

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.

SPAGNOLO, J.; DE DEAR, R.J. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 38, p. 721-738, 2003.

VAN ROSSUM, G. **Python programming language**. Amsterdam: National Research Institute for Mathematics and Computer Science, 1989. Disponível em: <www.python.org/>. Acesso em: 10 dez. 2014.

5 INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MICROCLIMA ESTIMADA POR MEIO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar as mudanças microclimáticas provocadas pela alteração da vegetação e do solo em uma praça localizada no centro de Campinas/SP/Brasil. O modelo computacional ENVI-met v. 3.1 possibilitou a simulação de diferentes cenários, permitindo avaliar as interferências da vegetação e do tipo de solo no microclima urbano, levando em conta não só a quantidade, mas também a maneira como esta se encontra inserida na área analisada. A partir dos resultados obtidos, esse modelo foi capaz de prever a interferência positiva do aumento da cobertura arbórea e substituição no tipo do pavimento no microclima urbano, apresentando redução de até 1,4 K na temperatura do ar e elevação de até 8,7% na umidade relativa do ar. O método adotado possibilitará propor modificações no desenho urbano para atingir metas específicas de conforto.

Palavras-chave: ENVI-met; Cobertura arbórea; Microclima; Temperatura do ar; Umidade relativa do ar

Abstract

The present study aims to evaluate the microclimate changes caused by altering tree canopy cover and soil changes in a square located in downtown Campinas, São Paulo state, Brazil. The software ENVI-met v. 3.1 has enabled the simulation of different scenarios in order to evaluate the interference of vegetation and soil in the urban microclimate, taking into account not only the quantity, but also the way that vegetation has been inserted in the analyzed area. The results have demonstrated the positive interference of increased tree canopy cover and replaced type of pavement in urban microclimate. A reduction of up to 1.4 K in air temperature and elevation up to 8.7% in relative humidity was observed. The presence of vegetation, combined with the increased permeability of the soil positively affects microclimate in urban areas. This method will enable changes in urban design to achieve specific goals on thermal comfort.

Keywords: ENVI-met; Tree canopy cover; Microclimate; Air temperature; Air humidity

5.1 Introdução

As modificações no meio ambiente provenientes da urbanização interferem de forma direta nas condições atmosféricas locais, alterando o microclima urbano (OKE, 1978; GIVONI et al., 2003). Este varia de acordo com o tipo de cidade considerando-se tamanho, localização geográfica, densidade populacional, uso e ocupação do solo, bem como características do projeto arquitetônico (largura de ruas, altura dos

edifícios, subdivisão dos lotes) entre outros fatores. Os efeitos do desenho urbano interferem na criação de climas específicos em diferentes áreas, por estas sofrerem alterações devido à relação entre a presença de edifícios e de vegetação, como observam Shashua-Bar et al. (2010).

A influência de árvores isoladas (BUENO-BARTHOLOMEI, 2003) e árvores agrupadas (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000; STREILING; MATZARAKIS, 2003), em diferentes cenários urbanos, confirmam os efeitos positivos da vegetação no microclima em razão da redução da temperatura do ar.

Em área arborizada, o fator de sombra desempenha um papel determinante para o efeito de arrefecimento do local. Pequenas áreas verdes também provocam resfriamento significativo (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000). Até mesmo uma única árvore isolada provoca interferência na temperatura do ar do seu entorno imediato, constata Rosenfeld et al. (1995). Entretanto, mais estudos são necessários a fim de se avaliar qual a forma mais adequada de implantação de vegetação no meio urbano para garantir melhores condições microclimáticas (BOWLER et al., 2010). Neste sentido, Luley e Bond (2002) realizaram um estudo na cidade de Nova York simulando diferentes cenários com quantidades de cobertura arbórea variadas, a fim de reduzir os índices de poluição atmosférica e melhorar a qualidade do ar. Nessa pesquisa, o parâmetro utilizado para avaliar a interferência da arborização urbana é a alteração do microclima. Um bom projeto paisagístico deve observar, portanto, diversos fatores que interferem na qualidade ambiental, 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 resultados negativos em relação ao conforto térmico, causando um efeito de estufa ao impedir a passagem das brisas. De igual modo, Amorim et al. (2013) destacam a influência dos ventos na dispersão de poluentes, com base na orientação da rua, onde às vezes as árvores constituem-se em obstáculos ao vento. É necessário portanto avaliar o local adequado para o plantio de árvores, bem como optar por espécies e portes mais indicados para proporcionar o efeito desejado.

Os espaços livres urbanos devem ser planejados para maior conforto e bem estar de seus usuários, o que confirma a relevância de estudos sobre conforto térmico nas cidades. A fim de que se possa estabelecer diretrizes para projetar e planejar de forma eficiente os espaços verdes e especialmente investigar a

importância da abundância, distribuição e tipo de vegetação a ser inserida no ambiente urbano, há a necessidade de se realizarem investigações empíricas. Nesse sentido, a presente pesquisa avalia as alterações microclimáticas em uma praça localizada no centro de Campinas/SP/Brasil com o auxílio do modelo computacional ENVI-met v. 3.1, que permite simular diferentes cenários urbanos e analisa as interferências da vegetação no microclima, levando-se em conta a quantidade e a maneira como esta é encontrada distribuída na área analisada.

5.2 Material e métodos

A área de estudos é o Largo do Rosário (Figura 36), já descrito no capítulo 3, item 3.3 desta tese, onde foi feita a coleta de dados climáticos. Esta área apresenta-se pouco arborizada, caracterizando-se predominantemente como local de passagem e não de contemplação e descanso. O trânsito de pessoas e de veículos é bastante intenso nessa região.

Figura 36 - Largo do Rosário, localizado no centro da cidade de Campinas/SP

5.2.1 Simulação em microescala por meio do programa ENVI-met

As simulações foram realizadas com o modelo climático tridimensional ENVI-met v. 3.1⁸, capaz de fazer previsões do microclima em áreas urbanas, projetado

⁸ ENVI-met 3.1: Manual online, disponível em: <<http://www.envi-met.com/>>. Acesso em janeiro de 2014.

para simular interações da superfície com o ar e com o ambiente. Representa um importante componente do sistema de informação, à medida que auxilia no desenvolvimento de projetos sustentáveis, visando melhorar as condições microclimáticas e a qualidade de vida dos habitantes da cidade (OZKERESTECI et al., 2003).

O ENVI-met baseia-se nas leis fundamentais da dinâmica de fluidos e da termodinâmica, possibilitando avaliar o microclima de uma determinada área sob influência das condições climáticas tais como radiação solar, orientação dos ventos, umidade do ar, fluxo de calor entre edifícios e ruas e dispersão de poluentes (BRUSE, 2009).

Proposto por Michael Bruse, em 1998, o software permite a inserção da vegetação no tecido urbano, considerando as trocas gasosas com o ambiente. Avalia também os benefícios da vegetação, por meio de um modelo acoplado que calcula os principais fatores relacionados à vegetação como: transpiração, evaporação, fluxo de calor sensível, resistência dos estômatos, balanço energético da folha e balanço de água do sistema solo-vegetação. Considera o efeito de sombreamento das árvores, bem como o processo fisiológico de fotossíntese e abertura dos estômatos (GUSSON, 2014). Atualmente é o único modelo numérico projetado para a simulação de microclimas urbanos, permitindo uma análise mais detalhada das condições das copas das árvores (SHINZATO, 2009).

O modelo tem interface simplificada que organiza os dados de entrada de forma eficiente e foi calibrado para as condições locais de estudo. Consiste em um plano horizontal, contendo a área de borda e um perfil vertical da mesoescala à altitude de 2500m acima do nível do mar, na qual há uma única entrada de dados para descrever condições iniciais em suas diversas camadas: solo, superfície e atmosfera.

Na camada da atmosfera, o modelo faz o prognóstico do fluxo de ar (velocidade e direção), turbulência, temperatura potencial, umidade do ar e fluxos de radiação de ondas curtas e longas. Na camada de solo, o modelo calcula o perfil vertical de temperatura e umidade a partir da superfície, enquanto os processos de hidrologia e termodinâmica variam de acordo com as propriedades de cada tipo de composição do solo.

A simulação deve ser iniciada em condições de atmosfera neutra (estabilidade estática), correspondendo ao início do anoitecer ou antes do nascer do

sol, período em que a temperatura potencial pode ser considerada constante ao longo do perfil da camada de mistura de ar (STULL, 1988). Assis et al. (2013) recomendam o descarte das primeiras 24 horas de cada simulação, para que o programa se estabilize. Os dados utilizados para fazer as simulações podem ser observados no Quadro 3.

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 z_0 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

Quadro 3 - Dados de input no modelo, para todas as simulações

Os principais dados de entrada foram obtidos a partir da Estação Meteorológica do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), por se encontrar mais próxima da área em estudo (1,5 km). Outras variáveis foram utilizadas conforme padrão do ENVI-met. A vegetação escolhida foi composta de árvores de 10 a 15 m de altura, com densidades de copa média e alta, para verificar nos cenários simulados o quanto as árvores de rua interferem na redução da temperatura do ar e na ventilação dentro do tecido urbano.

Os mapas foram gerados a 1,6 m do solo, correspondendo à altura dos pedestres.

As etapas executadas para a simulação computacional apresentam-se descritas a seguir:

- Monitoramento microclimático: utilizou-se estação meteorológica portátil para aferição das seguintes variáveis: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s) e temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$). 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 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 por meio do *site* do departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de *Wyoming* (estação Campo de Marte – SBMT 83779). Para a temperatura potencial foi preciso realizar regressão exponencial com dados de altitude e umidade específica ($R^2 = 0,9669$), e, para a umidade relativa, além da regressão exponencial ($R^2 = 0,9986$), foi necessário fazer a correção em função da pressão atmosférica 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.
- Processo de experiência de simulação: foram realizadas várias simulações testes para verificar o comportamento dos dados de saída.

O resultados obtidos possibilitaram uma análise da situação real e das simulações verificando a interferência do elemento arbóreo e do tipo de piso no microclima do espaço analisado.

5.2.2 Classificação da área de estudo por meio do programa MultiSpec®

O programa MultiSpec® é usado para classificação supervisionada e opera a partir da seleção de áreas de treinamento (áreas com mesmas características) para classes específicas de áreas conhecidas. No programa, o operador estabelece diferentes tipos de classes de acordo com as áreas de interesse. Nesta pesquisa foram contabilizadas três classes (copas de árvores, edificações e ruas) com base em imagens modeladas para as simulações, o que permitiu elaborar classificações dos locais em análise, considerando como classe de interesse principal a copa das árvores.

Em virtude da padronização dos pixels existentes nas imagens simuladas, ao realizar a classificação supervisionada para verificar o incremento de vegetação para a situação hipotética, o índice kappa, que representa o grau de acurácia da classificação, deve ser superior a 80% segundo Landis e Koch (1977).

5.2.3 Diferentes cenários obtidos por meio de simulações

As simulações foram feitas com início no dia 16/02/2013, às 21h00, até o dia 18/02/2013, às 21h00. Descartando as primeiras simulações, conforme metodologia adotada por Assis et al. (2013). O dia e horário de simulação que mais se aproximou da situação real (diferença de 0,8 K referente à temperatura) foi o referente ao dia 18/02/2013 às 15h00.

A partir dos resultados das classificações supervisionadas, foi possível saber qual a porcentagem de área de cada classe presente na imagem, permitindo assim quantificar a cobertura arbórea das cinco situações simuladas (Quadro 4) descritas abaixo:

Simulação 1: representou a situação real, para comparar com a simulada, cujo erro de temperatura foi de 0,8 K, na qual 3% da imagem total modelada são árvores (kappa = 99,3%);

Simulação 2: foi mantida a situação original de árvores, modificado somente o tipo de solo, também com 3% de árvores na imagem total (kappa = 99,3%);

Simulação 3: houve o incremento de árvores com copa densa e com altura de 15m, somente na área da praça, aumentando para 10% de cobertura arbórea da imagem total modelada (kappa = 98,1%);

Simulação 4: houve acréscimo de árvores (copa densa e h=15m) na praça e nas ruas (copa densa com h=10m), aumentando para 20% de cobertura arbórea na imagem total modelada (kappa = 99,3%);

Simulação 5: mesmo design que a simulação 4, mas modificando o tipo de solo existente (pavimentado), por solo de maior permeabilidade (kappa = 99,3%).

CENÁRIOS	ALTERAÇÃO
Simulação 1 /situação real	Área com total de 3% de cobertura arbórea- solo impermeável
Simulação 2	Alteração do tipo de solo, o piso original (impermeável) foi substituído por um piso permeável (Loammy soil)
Simulação 3	Acréscimo de árvores na praça totalizando 10%
Simulação 4	Acréscimo de árvores na praça e nas ruas totalizando 20%
Simulação 5	Acréscimo de árvores na praça e nas ruas totalizando 20% e substituição do solo por um solo mais permeável(Loammy soil)

Quadro 4 - Simulações de diferentes cenários

As imagens referentes às simulações (Figura 37) podem ser observadas a seguir:

Figura 37 - A - Imagem da área de estudo (Google Earth); B - Simulação da situação real; C - Simulação da situação real com substituição do solo pavimentado por solo argiloso; D - Simulação da situação real com acréscimo de árvores nas praças; E - Simulação da situação real com acréscimo de árvores nas praças e ruas; F - Simulação da situação real com acréscimo de árvores na praça e ruas, acrescido de substituição do solo pavimentado por solo argiloso nas praças

5.3 Resultados e discussão

Nessa pesquisa, o efeito térmico das modelagens de diferentes cenários apresentou redução em até 1,4K no horário mais quente do dia, fato também comprovado por pesquisa realizada na Grécia por Shashua-Baret 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.

Os diferentes cenários foram gerados com o intuito de analisar qual a relação da quantidade de cobertura arbórea nas condições do microclima local, além de verificar também de que forma a permeabilidade do solo e a maneira como a vegetação se encontra distribuída na área de estudos alteram as condições microclimáticas.

Foram realizadas diversas simulações, por meio do programa ENVI-met a fim de verificar a influência da quantidade de cobertura arbórea nas condições térmicas da área de estudo. Os resultados apresentaram queda de 1K a cada 10% de acréscimo de árvores de copa densa com h=15m (Figura 38).

Figura 38 - Simulações realizadas por meio do programa ENVI-met com diferentes quantidades de cobertura arbórea

A equação de regressão linear obtida apresentou alto coeficiente de correlação ($R^2=0.9665$) que indica forte dependência entre as variáveis: temperatura do ar e cobertura arbórea simuladas.

A Figura 39 resalta os resultados das simulações para a variável temperatura do ar. A seta vermelha indica a posição da estação meteorológica onde foram aferidas as variáveis climáticas.

Figura 39 - A - Situação real; B - Alteração do tipo de solo; C – Acréscimo de árvores na praça; D - Acréscimo de árvores na praça e nas ruas; E - Acréscimo de árvores na praça e nas ruas e alteração do solo pavimentado para solo argiloso

Em relação à umidade relativa, a Figura 40 apresenta os resultados das simulações:

Figura 40 - A - Situação real; B - Alteração do tipo de solo; C – Acréscimo de árvores na praça; D - Acréscimo de árvores na praça e nas ruas; E - Acréscimo de árvores na praça e nas ruas e alteração do solo pavimentado para solo argiloso

A situação real contém reduzida quantidade de elementos arbóreos (3% de cobertura da área total analisada), apresentando temperatura do ar de 309,0K e umidade relativa do ar abaixo de 71,3%. O programa MultiSpec® 3.3 permitiu

quantificar a cobertura arbórea, possibilitando verificar sua relação com as interferências no microclima da área em estudo.

Na segunda simulação, foi alterado apenas o tipo do solo, substituindo o existente (asfalto impermeável) por um de maior permeabilidade (solo argiloso); a temperatura simulada obtida foi de 308,5K e a umidade relativa do ar 74,3%, havendo redução de 0,5K na temperatura do ar e aumento em 3% na umidade relativa do ar em relação à situação original.

No terceiro caso, com 10% de cobertura arbórea restrita à área do Largo do Rosário, obteve-se 308,2K e 76,3%; observa-se neste caso uma interferência maior no microclima devido à redução de 0,8K na temperatura do ar e aumento em 5% na umidade relativa do ar.

Na quarta simulação, com aumento de 20% de árvores inseridas no Largo do Rosário e nas ruas, houve registro de 307,7K, com redução da temperatura do ar na ordem de 1,3K e a umidade relativa do ar obtida foi 79,1% (aumento de 7,8% em relação à situação original).

A última simulação, também com 20% de árvores porém com substituição do tipo de solo impermeável existente por outro mais permeável, apresentou temperatura de 307,6K, reduzindo ainda mais a temperatura ambiente original, ficando 1,4K mais baixa e a umidade relativa obtida foi igual a 80,0%, havendo elevação em 8,7% em relação a situação original.

Os resultados demonstram a influência positiva não só da arborização urbana mas também do tipo de solo nas condições microclimáticas de seu entorno imediato, ao reduzir a temperatura do ar e aumentar a umidade relativa do ar. Pôde-se verificar também a importância de se distribuir a vegetação de forma pulverizada no tecido urbano ao observar os efeitos de sombreamento na temperatura e umidade relativa representadas pelas Figuras 38 e 39.

5.4 Conclusões

As simulações de diferentes cenários, com diferentes quantidades de cobertura arbórea e diferentes tipos de pavimento, possibilitou observar a interferência da vegetação e pavimentação na área analisada e pôde comprovar a importância da adoção de cenários adequadamente projetados a fim de alterar de

forma positiva o microclima urbano, proporcionando maior conforto térmico aos seus usuários.

Comprovou-se a interferência das árvores na redução da temperatura do ar, observando-se inclusive o modo como se distribuem no tecido urbano. O tipo de solo mais permeável demonstrou influenciar no efeito de arrefecimento do local, como já observado por Bowler et al. (2010), comprovado pelas simulações computacionais.

Após analisar o resultado das cinco simulações, constatou-se que a maneira que contribuiu de forma mais eficiente para melhorar o microclima ocorreu onde a vegetação não se concentrou nas praças, mas se distribuiu entre ruas e praças, fato comprovado pela redução da temperatura do ar em até 1,4 K e aumento de umidade relativa em até 8,7%.

O modelo ENVI-met v. 3.1 utilizado neste estudo apresentou valores simulados de temperatura do ar próximos aos dados medidos, como também constatado por Gusson (2014). Entretanto, houve grande diferença dos valores referentes à umidade relativa do ar, sendo necessário que mais simulações sejam feitas a fim de detectar o motivo desta discrepância.

Espera-se que o método proposto nesta pesquisa possa orientar planejadores e gestores de área urbana a reavaliar as condições microclimáticas relacionadas à arborização e ao tipo de solo, com o objetivo de assegurar maior conforto térmico aos usuários do espaço urbano, especialmente em áreas mais adensadas, como centros comerciais das cidades.

Referências

- 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, Sept. 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...** ENCAC, Brasília, 2013. p. 324-338.
- BOWLER, D.E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T.M.; PULLIN, A.S. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 97, n. 3, p. 147-155, Sept. 2010.

BRUSE, M. **ENVI-met 3.1**: online manual. 2009. Disponível em: <<http://www.envi-met.com/>>. Acesso em: 01 jul. 2014.

BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v. 13, n. 3/4, p. 373–384, 1998.

BUENO-BARTHOLOMEI, C.L. **Influencia da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M.; SAARONIC, H.; POCHTER, O.; YAACOV, Y.; FELLER, N.; BECKER, S. Outdoor comfort research issues. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 77–86, Jan. 2003.

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, Aug. 2013.

GUSSON, C.S. **Efeito da densidade construída sobre o microclima urbano: construção de diferentes cenários possíveis e seus efeitos no microclima para a cidade de São Paulo, SP**. 2014. 152 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LULEY, C.J.; BOND, J. **A plan to integrate management of urban trees into air quality planning**: a report to North East State Foresters Association. 2002 Davey Resource Group. Disponível em: <<http://www.urbanforestrysouth.org/resources/library/citations/Citation.2005-09-08.0644>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in high-density city: an experience from Hong Kong. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 47, p. 256–271, Jan. 2012.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978, 435p.

OZKERESTECI, I.; CREWE, K.; BRAZEL, A.J.; BRUSE, M. Use and evaluation of the ENVI-met model for environmental design and planning: an experiment on linear parks. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 21, 2003, Durban. **Proceedings...** Durban, 2003. p. 402-409.

ROSENFELD, A.H.; AKBARI, H.; BRETZ, S.; FISHMAN, B.L.; KURN, D.M.; SAILOR, D.; TAHA, H. Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 255-265, Aug. 1995.

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**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 221-235, Apr. 2000.

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, n. 12, p. 2798-2807, Dec. 2010.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009, 173 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SHODOR. **A national resource for computational science education**. Disponível em:
<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**, Amsterdam, v. 29, p. 309–316, Jan. 2003.

STULL, R.B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht: Kluwer Academic, Dordrecht, Neederland, 1988, 666 p.

UNIVERSITY OF WYOMING. College of Engineering. Disponível em:
<<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em: 13 ago. 2014.

6 ÍNDICES DE CONFORTO (PMV E PET) E A SENSACÃO TÉRMICA DO PEDESTRE

Resumo

O aumento da temperatura do ar e a consequente alteração no microclima urbano são causados em grande parte por ações antrópicas e levaram pesquisadores de diversas áreas a investigarem as condições de conforto térmico dos usuários nas cidades. Sabe-se que não só as variáveis climáticas, mas também fatores físicos e psicológicos interferem de forma direta na sensação térmica das pessoas. Este estudo apresenta uma análise das condições de conforto térmico de usuários da cidade de Campinas/SP/Brasil. Para tanto, foram realizadas entrevistas com 877 pessoas em dois períodos do ano. Índices de conforto (PMV, Predicted Mean Vote PET, Physiological Equivalent Temperature), calculados por meio do modelo RayMan, foram utilizados a fim de verificar a relação desses índices com as sensações térmicas relatadas pelos entrevistados. Os resultados demonstraram fraca equivalência entre o conforto calculado e a sensação térmica dos entrevistados. Fatores subjetivos aliados às diferenças de características físicas de cada local estudado além de diferenças (sociais e culturais) dos entrevistados interferiram na sensação térmica relatada, sendo portanto necessários mais experimentos a fim de se adequarem os índices utilizados nesta pesquisa à realidade de cada área estudada, possibilitando avaliar o conforto térmico no meio urbano de forma mais eficaz.

Palavras-chave: PMV; PET; RayMan; Conforto térmico humano; Variáveis climáticas

Abstract

Increasing air temperature and the consequent change in the urban microclimate caused by anthropic actions lead researchers from several fields to investigate the conditions for thermal comfort in the cities. It is known that not only climatic variables, but also physical and psychological factors directly affect people's thermal sensation. This study presents an analysis of the conditions of human thermal comfort in Campinas city, São Paulo state, Brazil. Therefore, interviews were conducted with 877 people in two sampling periods. Indices of thermal comfort (PMV- Predicted Mean Vote and PET- Physiological Equivalent Temperature), calculated by the Rayman model, were used to verify the relationship of these indices to the thermal sensation reported by respondents thermal sensations. The results have shown a weak correlation between the calculated thermal comfort and the thermal sensation reported by the respondents. Subjective factors related to the differences in physical characteristics in each studied area as well as social and cultural differences influenced on the reported thermal sensation. As a result, more experiments are needed to adequate current indices to the reality of the studied areas, thus allowing effective thermal comfort assessment in urban areas.

Keywords: PMV; PET; Rayman; Human thermal comfort; Climate variables

6.1 Introdução

O adensamento das cidades, aliado a uma série de ações antrópicas, causa impactos ao meio ambiente refletindo diretamente no conforto e na saúde humana. Uma das consequências desses impactos é o aumento do desconforto térmico na malha urbana devido à elevação da temperatura do ar. Estudos sobre o clima urbano auxiliam a detectar ações que busquem melhorar as condições térmicas nas cidades. Uma das ações consiste na inserção de áreas verdes que protegem os solos e melhoram o microclima, ao reduzir a temperatura do ar, ao controlar a velocidade do vento, além de proporcionar sombreamento, garantindo maior conforto térmico às pessoas (MCPHERSON et al., 1997; NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003; SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000; GOMEZ et al., 2004).

Parâmetros do microclima tais como a velocidade do vento e a radiação solar impactam significativamente no equilíbrio de energia do corpo humano; vale ressaltar que pessoas de diferentes regiões com experiências termais singulares podem ter percepções térmicas distintas mesmo quando expostas às mesmas condições (LIN; MATZARAKIS, 2011). Monteiro e Alucci (2008) observaram que espaços abertos sofrem influência de alguns fatores (radiação solar, ventos, atividades físicas diferenciadas, possíveis taxas de suor elevadas) que não ocorrem em espaços fechados, trazendo maior complexidade para a análise termofisiológica.

Portanto, não só variáveis climáticas, mas também fatores físicos e psicológicos interferem de forma direta na sensação térmica das pessoas (FONTES et al., 2008). O tipo de vestimenta (clo), taxas de atividade metabólica (met) e características individuais (NIKOLOPOULOU; LIKOUDIS, 2006), bem como suas experiências e expectativas (LIN et al., 2013) interferem diretamente na sensação de conforto térmico em ambientes ao ar livre.

Um estudo realizado no centro de Taiwan comprovou os efeitos da sombra das árvores na sensação de conforto dos entrevistados, que demonstraram pouca tolerância a temperaturas mais baixas e preferência por ambientes menos sombreados, confirmando assim a importância de se considerarem as idiossincrasias dos diferentes tipos de população ao se analisar o conforto térmico (LIN et al., 2010). A sensação de conforto térmico em ambientes ao ar livre é diretamente influenciada por experiências e expectativas das pessoas.

Considerando-se que o conforto térmico ao ar livre varia de acordo com a cultura e a população residente nos diferentes países e regiões, é importante

observar as características térmicas do ambiente em estudo bem como a sensação térmica relatada pelos usuários envolvendo fatores físicos e psicológicos. Nesse sentido, Matzarakis e Mayer (1999) questionam a utilização universal dos intervalos de PMV e PET pelo fato de haver diferentes percepções do ambiente térmico pelas pessoas, além de ocorrerem alterações fisiológicas nos processos de aclimação, provocando alteração nesses intervalos.

Pesquisas realizadas em cidades do interior paulista avaliaram o conforto térmico em espaços públicos abertos (DACANAL et al., 2009; BRUSANTIM; FONTES, 2009; SHIMAKAWA; BARTHOLOMEI, 2009), utilizando-se da metodologia desenvolvida pelo projeto RUROS - Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (2009), que propõe o monitoramento microclimático aliado à aplicação de questionários para verificar a correlação entre o conforto térmico predito (PMV) e a sensação térmica das pessoas entrevistadas.

Nessas pesquisas, observou-se certa subjetividade na avaliação do conforto térmico, o que permitiu constatar uma influência de áreas verdes, mesmo sendo apenas um contato visual, na sensação de conforto térmico relatada pelos entrevistados. Na escala urbana, deve-se ainda considerar que as sensações de conforto térmico dos usuários nos diversos ambientes são mais do que reações fisiológicas, como observam Barros et al. (2005), em razão de fatores cultural, simbólico e sensorial dos ambientes estarem associados às sensações de conforto psicológico, manifestadas por ações de apego ou desprezo por um determinado ambiente.

A complexidade dessa avaliação, por não ser puramente fisiológica, determina a necessidade de se considerarem fatores psicológicos além das peculiaridades de cada região a ser avaliada, como observam Nikolopoulou e Steemers (2003); Spagnolo e de Dear (2003); Monteiro e Alucci (2007) assim como Labaki et al. (2012). O índice de conforto térmico calculado e a sensação de conforto relatada pelos entrevistados nem sempre foram equivalentes; algumas variáveis como localização, mobiliário e fatores subjetivos interferiram de forma determinante na sensação de conforto térmico.

A realização de experimentos em diferentes situações devem, pois, considerar a diversidade climática e cultural existente a fim de se adequarem os índices utilizados à realidade de cada região ou área estudada.

Alguns exemplos de índices utilizados para avaliação de conforto térmico são: o PMV (Predicted Mean Vote), o SET (Standard Effective Temperature), o PET (Physiological Equivalent Temperature), o Out_SET (Outdoor Standard Effective Temperature) e o UTCI (Unit Thermal Climatic Index). O PMV e o SET foram criados com base em avaliação de ambientes internos e o Out_SET e o PET foram desenvolvidos para ambientes externos. Devido à forte correlação entre os índices PMV e PET, descrita no capítulo 4, realizou-se uma análise desses índices e sua relação com as sensações térmicas relatadas pelos entrevistados a fim de comprovar se houve diferença significativa entre eles.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Área de estudos

Esse estudo foi realizado em quatro áreas - Bairro Cambuí, Bairro Jardim das Paineiras, Comunidade Vila Brandina e Centro - na cidade de Campinas/SP/Brasil, que se encontram descritas no Capítulo 3 desta tese.

6.2.2 Questionários aplicados aos usuários das áreas de estudo

Por se tratar de uma pesquisa envolvendo humanos, foram respeitados os preceitos da ética em pesquisa de acordo com a Resolução N° 196/96 do Conselho Nacional da Saúde. O presente projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) sendo obtida sua autorização em 24/09/2012 (Anexo B).

O questionário referente à sensação térmica (Apêndice A) baseou-se no projeto RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) e foi adaptado para esta pesquisa. Dividido em duas partes: a primeira contendo aspectos de identificação dos entrevistados, tais como idade, gênero, grau de escolaridade, peso, vestimenta, tipo de atividade realizada momentos antes da entrevista; e a segunda, contendo dados referentes às sensações térmicas. Aplicados aos pedestres, durante cinco dias consecutivos no mês de agosto de 2012 e no mês de fevereiro de 2013, no período das 9h às 17h, simultaneamente à coleta das variáveis climáticas, possibilitaram comparar os resultados obtidos pelo cálculo do conforto térmico (PET, PMV) à sensação térmica relatada no momento da entrevista. O fato de o entrevistado não morar no Bairro onde estava sendo aplicada a entrevista não

teve interferência na pesquisa, pois a intenção foi avaliar a condição de conforto térmico do usuário do espaço analisado.

6.2.3 Método de avaliação de conforto térmico

O conforto térmico avaliado pelos índices PMV e PET, obtido por meio do modelo RayMan, foi calculado com base em dados obtidos pelo monitoramento microclimático das variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura de globo. A temperatura de globo permitiu o cálculo da temperatura radiante média, utilizada neste modelo.

Para a obtenção da temperatura radiante média foi utilizada a equação (1) proposta pela ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1990, demonstrada abaixo:

$$T_{\text{mt}} = [(T_g + 273.15)^4 + 1.1 \times 10^8 V_a^{0.6} \times T_g - T_a]^{1/4} - 273.15 \epsilon D^{0.4} \quad (1)$$

Onde: T_g = Temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$)

V_a = Velocidade do ar (m/s)

T_a = Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)

D = Diâmetro do globo (mm)

ϵ = Emissividade do globo

O modelo RayMan é uma ferramenta largamente utilizada em pesquisas dessa natureza, por ser capaz de avaliar o microclima urbano por meio do cálculo de índices de conforto térmico como o PMV e o PET.

Os intervalos de conforto PET, PMV e a sensação térmica de conforto relatada pelo entrevistado, usados como parâmetros desta pesquisa, podem ser verificados na Tabela 7. Em estudo realizado por Lin e Matzarakis (2011) em Taiwan, o intervalo de conforto térmico estabelecido para os que residem em regiões temperadas foi entre 13 e 29 $^{\circ}\text{C}$ PET e para aqueles que residem em regiões tropicais entre 22 e 34 $^{\circ}\text{C}$ PET. É importante que se considerem as diferenças regionais, bem como a estação do ano em que é feita a avaliação, para que se possa estabelecer os limites de conforto térmico com base na realidade de cada caso estudado.

Tabela 7 -Tabela adaptada de Abreu, 2012 com valores de PET e PMV e sensações térmicas

PET (São Paulo) Monteiro - 2008	PMV Fanger - 1970	Sensação Térmica
< 4 °C	-3	Muito frio
4-12°C	-2	Frio
12-18°C	-1	Pouco frio
18-26°C	0	Neutralidade térmica
26-31°C	+1	Pouco calor
31-43°C	+2	Calor
>43°C	+3	Muito calor

Para o índice PMV, Fanger (1970) relaciona a porcentagem de pessoas insatisfeitas (Predicted Percentage of Dissatisfied - PPD) com os índices de PMV, o que determina uma curva simétrica em relação ao ponto de PMV=0, significando que sensações correspondentes ao calor e ao frio (mesmo PMV em valores absolutos), correspondem a igual porcentagem de insatisfeitos, como pode ser verificado no gráfico a seguir (Figura 41).

Figura 41 - Porcentagem de insatisfeitos em função do PMV e PPD (Fonte: FANGER, 1970)

A norma ISO 7730 (1994) com base nas pesquisas de Fanger (1970) estabelece condição de conforto para o PMV contido entre -0,50 a +0,50 que corresponde a até 10% de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD=10%).

Entretanto a ANSI/ASHRAE Standard 55 (2004) especifica condições ambientais térmicas aceitáveis para 80% dos ocupantes de um espaço aberto ou

semi-aberto (HWANG; LIN, 2007) e estabelece o intervalo de neutralidade térmica para PMV entre -0.82 e +0.82, admitindo até 20% de pessoas termicamente insatisfeitas (PPD=20%), sendo este intervalo o adotado nesta pesquisa. Apesar do PMV ter sido proposto para avaliar o conforto térmico em ambientes internos, este índice vem sendo largamente utilizado em pesquisas realizadas em ambientes externos. A presente pesquisa, a partir dos resultados obtidos por meio dos índices PET e PMV, verificou a adequabilidade dos mesmos para avaliação de conforto térmico humano em áreas ao ar livre.

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Relação entre variáveis climáticas e os índices de conforto e PMV e PET

Verificou-se entre as variáveis climáticas (umidade relativa do ar, temperatura do ar e temperatura radiante média) e os índices preditivos de conforto térmico PMV e PET correlação linear em todos os pontos medidos, durante os dois períodos de coleta de dados (Quadros 5, 6, 7 e 8).

PET-AGOSTO/2012 (INVERNO)			
COM. VILA BRANDINA	CAMBUÍ	CENTRO	PAINEIRAS
UR $r = -0.88005$	UR $r = -0.84751$	UR $r = -0.75538$	UR $r = -.83382$
Tar $r = 0.97164$	Tar $r = 0.89530$	Tar $r = 0.85757$	Tar $r = 0.93917$
V.vento $r = -0.12772$ $p = 0.1021$	V.vento $r = -0.27916$ $p = 0.0003$	V.vento $r = -0.22492$ $p = 0.0037$	V.vento $r = -0.25356$ $p = 0.0010$
Trm $r = 0.92241$	Trm $r = 0.87704$	Trm $r = 0.80971$	Trm $r = 0.89505$

Quadro 5 – Coeficientes de correlação linear de Spearman entre as variáveis climáticas e o PET de cada área de estudo no inverno

UR=umidade relativa; Tar=Temperatura do ar; V.vento= Velocidade do vento; Trm= Temp. rad. média
Para todas as correlações a significância foi <0.0001 exceto para a variável vel. vento

PMV - AGOSTO/2012 (INVERNO)			
COM. VILA BRANDINA	CAMBUÍ	CENTRO	PAINEIRAS
UR r = -0.87636	UR r = -0.86691	U R r = -0.77709	UR r = -0.83326
Tar r = 0.97757	Tar r = 0.92471	Tar r = 0.90018	Tar r = 0.95244
V.vento r = -0.11379 p = 0.1456	V.ventor = - 0.29635 p < 0.0001	V.vento r = -0.23382 p = 0.0025	V.vento r = -0.22032 p = 0.0045
Trm r = 0.91741	Trm r = 0.84387	Trm r = 0.76170	Trm r = 0.90568

Quadro 6 – Coeficientes de correlação linear de Spearman entre as variáveis climáticas e o PMV de cada área de estudo no inverno

UR=umidade relativa; Tar=Temperatura do ar; V.vento= Velocidade do vento; Trm= Temp. rad.média
Para todas as correlações a significância foi <0.0001 exceto para a variável vel. vento

PET - FEVEREIRO/2013 (VERÃO)			
COM. VILA BRANDINA	CAMBUÍ	CENTRO	PAINEIRAS
UR r = -0.90727	UR r = -0.66422	UR r = -0.87446	UR r = -0.79368
Tar r = 0.91199	Tar r = 0.80203	Tar r = 0.91358	Tar r = 0.83521
V.vento r = -0.04855 p = 0.5437	V.vento r = -0.23014 p = 0.0104	V.vento r = -0.02971 p = 0.7200	V.vento r = -0.08852 p = 0.4597
Trm r = 0.97680	Trm r = 0.97039	Trm r = 0.87109	Trm r = 0.98126

Quadro 7 – Coeficientes de correlação linear de Spearman entre as variáveis climáticas e o PET de cada área de estudo no verão

UR=umidade relativa; Tar=Temperatura do ar; V.vento= Velocidade do vento; Trm= Temp. rad.média
Para todas as correlações a significância foi <0.0001 exceto para a variável vel. vento

PMV FEVEREIRO/2013 (VERÃO)			
COM. VILA BRANDINA	CAMBUÍ	CENTRO	PAINEIRAS
UR r = -0.89450	UR r = -0.65746	UR r = -0.87091	UR r = -0.87996
Tar r = 0.89926	Tar r = 0.80115	Tar r = 0.91045	Tar r = 0.84837
V.vento r = -0.00130 p = 0.9871	V.vento r = -0.16583 p = 0.0668	V.vento r = 0.00455 p = 0.9562	V.vento r = -0.02352 p = 0.8445
Trm r = 0.97032	Trm r = 0.97741	Trm r = 0.87014	Trm r = 0.98786

Quadro 8 – Coeficientes de correlação linear de Spearman entre as variáveis climáticas e o PET de cada área de estudo no verão

UR=umidade relativa; Tar=Temperatura do ar; V.vento= Velocidade do vento; Trm= Temp. rad. média
Para todas as correlações a significância foi <0.0001 exceto para a variável vel. vento

Entre as variáveis climáticas, o vento foi a que menos se relacionou ao PET e ao PMV, não apresentando forte correlação. A temperatura ambiente e a temperatura radiante média indicaram correlação positiva em relação ao PET e ao PMV e a umidade relativa do ar, correlação negativa em relação aos mesmos índices. Assim como já comprovado no Capítulo 4, esses dois índices chegaram a resultados muito próximos, com grau de correlação entre as variáveis bastante semelhante.

6.3.2 Perfil dos entrevistados

Os entrevistados totalizaram 877 pessoas (372 no inverno e 505 no verão) e foram abordados aleatoriamente nas ruas das áreas de estudo, ao lado dos pontos estipulados para coleta de dados climáticos (Quadro9).

Local da entrevista	Total de entrevistados	Gênero dos entrevistados	
		M	F
Comunidade Vila Brandina	279	59,86%	40,14%
Cambuí	216	59%	41%
Centro	253	60%	40%
Jardim das Paineiras	129	51,94%	48,06%

Quadro 9 - Gênero dos entrevistados nas quatro áreas analisadas

Em relação ao grau de escolaridade nas quatro áreas de estudo, os perfis dos entrevistados apresentaram-se diversificados (Quadro10).

Grau de escolaridade	Entrevistados %			
	Comunidade Vila Brandina	Centro	Cambuí	Jardim das Paineiras
Analfabeto	2	-	-	-
Ensino fund. incompleto	25	10	2	8
Ensino fund. completo	14	11	15	7
Ensino médio incompleto	15	10	5	7
Ensino médio completo	34	46	18	21
Ensino Superior incompleto	4	7	6	6
Ensino Superior completo	6	16	54	51

Quadro 10 - Grau de escolaridade dos entrevistados nas quatro áreas analisadas

Os Bairros Cambuí e Jardim das Paineiras, áreas com concentração de pessoas de classe média e alta, apresentaram usuários com maior grau de escolaridade (ensino superior completo), 54% e 51% respectivamente. Na Vila Brandina, área de ocupação irregular composta por habitação de interesse social, o grau de escolaridade distribuiu-se entre ensino fundamental e médio, assim como no Centro. Os resultados indicam forte vínculo entre classe social e grau de escolaridade. A idade dos entrevistados por Bairro foi: Comunidade Vila Brandina (30 anos), Centro (36 anos), Cambuí (44 anos), Jardim das Paineiras (43 anos).

6.3.3 Avaliação do conforto térmico dos usuários das áreas de estudo

As variáveis aferidas nas estações meteorológicas durante os dois períodos medidos (inverno/2012 e verão/2013) apresentaram grande diversidade de valores, sendo que a umidade relativa, a temperatura do ar e a temperatura radiante média foram as variáveis climáticas que melhor expressaram a influência da vegetação urbana no microclima da cidade.

Houve diferença significativa entre os quatro pontos medidos para todos os parâmetros climáticos (p valor <0.0001), segundo teste estatístico Kruskal-Wallis (Quadro 11). A umidade relativa do ar apresentou, considerando-se valores medianos do dia, diferença em até 13% entre a Comunidade Vila Brandina (menos arborizada) e o Bairro Jardim das Paineiras (mais arborizado) no período de medição durante o inverno e até 15,7% no verão. A temperatura do ar apresentou diferença menos acentuada, porém também significativa com valores diferindo em até 4,0°C entre a Comunidade Vila Brandina e o Jardim das Paineiras no inverno e até 4,5°C no verão. Em relação à temperatura radiante média, houve diferença de 8,4°C no inverno e 4,8°C no verão entre essas mesmas áreas. Vale lembrar que a temperatura radiante média é a variável que mais afeta o equilíbrio energético humano em dias de sol e tem grande influência sobre índices termofisiológicos como PET e o PMV (MATZARAKIS et al. 2007; COHEN et al., 2012); sendo considerada o fator mais importante para o cálculo do PET (LIN et al., 2010).

Inverno					
Variável	BRANDINA (N=165)	CAMBUÍ (N=165)	CENTRO (N=165)	PAINEIRAS (N=165)	P-Valor
umidade (Média ± DP (N))	44.3 ± 11.2 (N=165)	47.9 ± 12.3 (N=165)	46.8 ± 10.2 (N=165)	55.5 ± 11.7 (N=165)	<.0001 ¹
umidade (Mediana (min-max))	43.3 (27.1-67.1)	46.3 (30.4-71.2)	47.1 (30.1-66.2)	56.3 (36.3-77.1)	
temp_amb (Média ± DP (N))	26.0 ± 3.4 (N=165)	24.2 ± 3.5 (N=165)	23.4 ± 2.7 (N=165)	22.1 ± 2.8 (N=165)	<.0001 ¹
temp_amb (Mediana (min-max))	26.5 (18.0-32.1)	24.5 (16.4-30.4)	23.6 (17.3-28.6)	22.5 (15.4-26.2)	
vento_ (Média ± DP (N))	0.8 ± 0.4 (N=165)	0.8 ± 0.4 (N=165)	1.1 ± 0.7 (N=165)	0.8 ± 0.5 (N=165)	<.0001 ¹
vento_ (Mediana (min-max))	0.7 (0.2-1.8)	0.7 (0.0-2.0)	0.9 (0.0-4.5)	0.5 (0.0-3.1)	
temp_rad__ (Média ± DP (N))	31.2 ± 4.0 (N=165)	30.8 ± 7.2 (N=165)	31.0 ± 7.1 (N=165)	22.8 ± 2.7 (N=165)	<.0001 ¹
temp_rad__ (Mediana (min-max))	31.7 (20.3-39.1)	31.4 (16.7-46.1)	28.5 (20.7-47.5)	23.3 (15.9-28.5)	
PET (Média ± DP (N))	26.8 ± 4.2 (N=165)	25.2 ± 5.3 (N=165)	24.0 ± 4.4 (N=165)	20.5 ± 3.1 (N=165)	<.0001 ¹
PET (Mediana (min-max))	27.1 (15.6-34.6)	25.7 (13.2-34.4)	23.6 (14.2-33.3)	20.8 (12.2-27.0)	
Verão					
Variável	BRANDINA (N=158)	CAMBUI (N=125)	CENTRO (N=150)	PAINEIRAS (N=72)	P-Valor
umid_rel_est (Média ± DP (N))	54.9 ± 11.1 (N=158)	61.5 ± 9.4 (N=125)	56.6 ± 9.8 (N=150)	65.2 ± 9.3 (N=72)	<.0001 ¹
umid_rel_est (Mediana (min-max))	52.5 (34.3-78.5)	59.9 (42.0-82.7)	54.0 (37.5-77.4)	68.2 (47.5-79.9)	
tempest (Média ± DP (N))	30.9 ± 3.5 (N=158)	28.8 ± 2.5 (N=125)	29.1 ± 3.0 (N=150)	27.2 ± 2.4 (N=72)	<.0001 ¹
tempest (Mediana (min-max))	30.9 (24.5-37.4)	29.1 (24.0-33.7)	29.6 (23.7-35.2)	26.4 (24.2-31.9)	
vel_Vento (Média ± DP (N))	0.6 ± 0.8 (N=156)	0.8 ± 0.6 (N=123)	0.9 ± 0.7 (N=148)	0.5 ± 0.5 (N=72)	<.0001 ¹
vel_Vento (Mediana (min-max))	0.5 (0.0-8.6)	0.6 (0.1-2.3)	0.7 (0.1-4.0)	0.3 (0.0-2.3)	
mrt (Média ± DP (N))	32.8 ± 3.2 (N=158)	30.1 ± 2.3 (N=125)	32.4 ± 3.2 (N=150)	28.8 ± 2.4 (N=72)	<.0001 ¹
mrt (Mediana (min-max))	33.3 (25.7-39.6)	30.3 (24.4-33.9)	33.2 (24.6-39.7)	28.5 (24.8-34.0)	
PET (Média ± DP (N))	32.8 ± 3.4 (N=158)	29.8 ± 2.7 (N=125)	31.9 ± 3.8 (N=150)	28.9 ± 2.7 (N=72)	<.0001 ¹
PET (Mediana (min-max))	33.6 (25.4-40.0)	29.6 (23.2-34.6)	32.7 (22.2-39.8)	28.7 (23.1-34.6)	
¹ baseado no teste Kruskal-Wallis					

¹ baseado no teste Kruskal-Wallis

Quadro 11 – Análise descritiva e comparações dos parâmetros climáticos entre as estações

A variação das médias diárias da temperatura ambiente(°C),umidade relativa do ar (%)e temperatura radiante média (°C)para os dois períodos medidos (agosto de 2012 -inverno e fevereiro de 2013- verão), podem ser observadas na Figura 42.

Figura 42 - Variação das médias diárias da temperatura e umidade relativa do ar nos dois períodos de medição, nas quatro áreas em estudo

As médias diárias dessas variáveis climáticas durante os dois períodos de medição (agosto de 2012 e fevereiro de 2013) apresentaram diferenças significativas nas quatro áreas de estudo. Temperaturas do ar mais baixas e umidade relativa mais elevada ocorreram no Bairro Jardim das Paineiras que, além de conter maior quantidade de cobertura arbórea, é predominantemente composto por residências e pouco verticalizado, fatores que interferem também nas condições microclimáticas do local.

Na comunidade Vila Brandina a sensação térmica dos entrevistados apresentou grandes variações, com relatos de frio a calor durante o período de inverno. No Brasil as estações climáticas não são marcantes, podendo haver frentes frias durante o verão (principalmente na região sul e sudeste) ou ondas de calor durante o inverno, fato que justifica a sensação de calor no período do inverno. Além disso, a procedência do entrevistado (Quadro 12) pode influenciar de forma considerável na sensação de conforto térmico.

ORIGEM	Com. V.Brandina	Cambuí	Centro	Jardim das Paineiras
Região NE	61%	3%	8%	5%
Região SE	20%	90%	73%	87%
Região Sul	0%	5%	1%	0%
Sem resposta	19%	2%	18%	8%

Quadro 12 - Local de origem dos entrevistados

A população da Comunidade Vila Brandina é em sua maioria procedente da região Nordeste, adaptados portanto à altas temperaturas. Em relação ao tempo de residência em Campinas, 3% reside há menos de um ano, 7% reside há um ano e 73% há mais de dois anos. Mesmo já aclimatados ao local, a resistência ao calor dessas pessoas ainda parece ser maior que a população das outras áreas deste estudo. No Cambuí, Centro e no Jardim das Paineiras a população predominante era da região sudeste, com clima semelhante ao da cidade de Campinas.

Os gráficos a seguir apresentam a sensação térmica dos entrevistados, relacionada aos índices (PET e PMV) e à temperatura do ar nos quatro pontos analisados, no período de inverno (agosto/2012) e verão (fevereiro/2013). O espaço contido entre as linhas tracejadas representa a faixa correspondente à neutralidade térmica que compreende o intervalo entre 18 e 26°C para o índice PET, segundo calibração feita para São Paulo por Monteiro (2008), e o intervalo entre -0,82 a +0,82

para o índice PMV, conforme a ASHRAE 55/1981 e ASHRAE 55/2004, que admitem PPD de 20%.

No inverno, na Comunidade Vila Brandina, os índices calculados para pessoas que relataram sensação de conforto térmico variaram entre 19,1 a 34,6°C PET e entre +2,5 e -0,3 PMV. Tanto o índice PET como o PMV (Figura 43) estão em discordância com os intervalos de neutralidade térmica determinados por Monteiro (2008) e pela ASHRAE 55/2004, respectivamente.

Figura 43 - PET e PMV da Comunidade Vila Brandina relacionado à Temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de inverno (agosto de 2012)

No Bairro Cambuí o PET no período de inverno, para os entrevistados que sentiam-se confortáveis, variou entre 14,7°C e 30,3°C, não se enquadrando na faixa

de neutralidade térmica proposta por Monteiro (2008). O PMV ficou entre -1,1 a +1,8 também ultrapassando o limite da faixa de neutralidade térmica estipulada pela ASHRAE 55/2004 (Figura 44).

Figura 44 - PET e PMV do Bairro Cambuí relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de inverno (agosto de 2012)

No Centro, a sensação de conforto relatada pelos entrevistados (16,2 a 29,9°C PET e PMV entre -0,7 e +1,7) também não coincidiu com faixa de neutralidade térmica estipulada pelos índices de conforto térmico (Figura 45).

Figura 45 - PET e PMV do Centro relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de inverno (agosto de 2012)

O Bairro Jardim das Paineiras (Figura 46), com maior concentração de cobertura arbórea, menos verticalizado e menos adensado, foi a área em que a sensação de conforto relatada pelos entrevistados mais se aproximou dos limites da faixa de neutralidade térmica com os índices PET (15,1°C e 25,1°C) e PMV (valores entre +0,9 e -0,9), tomando como referência o intervalo PET de neutralidade térmica entre 18 a 26 °C segundo calibração para São Paulo (Monteiro, 2008) e PMV entre -0,82 e +0,82 segundo a ASHRAE 55/2004.

Figura 46 - PET e PMV do Bairro Jardim das Paineiras relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de inverno (agosto de 2012)

No período do verão - fevereiro de 2013, a população entrevistada na comunidade Vila Brandina relatou estar confortável com índices PET variando entre 26°C e 37°C, valores bem mais altos que os da escala calibrada para São Paulo por Monteiro (2008). A variação do PMV, para os entrevistados que declararam se sentir confortáveis, ficou entre +1,30 e +3,10, também não coincidindo com o intervalo determinado pela ASHRAE 55/2004, como pode ser observado na Figura 47.

Figura 47 - PET e PMV da Comunidade Vila Brandina relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de verão (fevereiro de 2013)

No Cambuí, para os que se sentiam confortáveis, o PET ficou entre 25,1 e 34,6°C, e o PMV entre +1,00 e +2,80, também não se enquadrando nos limites da faixa de neutralidade térmica determinados pelos índices preditivos de conforto, com valores mais elevados em ambas as situações (Figura 48). Neste Bairro, o crescimento do comércio promoveu o adensamento da região, tornando-o termicamente desconfortável e mais árido, embora ainda esteja entre os Bairros mais agradáveis da cidade de Campinas em razão da presença de árvores.

Figura 48 - PET e PMV do Bairro Cambuí relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de verão (fevereiro de 2013)

No Centro, área adensada por altos edifícios, com solo bastante compactado, os entrevistados relataram estar confortáveis quando o PET variou entre 22,2 e 35,6°C, e PMV entre +0,60 e +2,90 (Figura 49), estando em desacordo com os intervalos de neutralidade térmica estipulados para PMV e PET. Vale considerar o fato de que grande parte dos entrevistados estavam com vestimentas adequadas ao clima, com baixa resistência térmica da roupa (clo) e a passeio, com baixa taxa de atividade metabólica (met), há forte interferência desses fatores nas condições de conforto térmico segundo Ruas (1999). O modelo utilizado para o cálculo do PET e

PMV nesta pesquisa, o RayMan, utiliza dados pré-determinados de clo e met, fato que pode ter influenciado nos valores obtidos desses índices de conforto apresentados.

Figura 49 - PET e PMV do Centro relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de verão (fevereiro de 2013)

No Jardim das Paineiras, os entrevistados declararam-se confortáveis com PET variando entre 23,5 e 32,8°C, e PMV entre +0,7 e +2,4 (Figura 50), não se enquadrando nas faixas de neutralidade térmica adotadas para este estudo.

Figura 50 - PET e PMV do Jardim das Paineiras relacionado à temperatura do ar e à sensação térmica relatada pelos entrevistados durante o período de verão (fevereiro de 2013)

No Centro, na Comunidade Vila Brandina e no Bairro Cambuí, os entrevistados apresentaram faixa de conforto com maior amplitude de temperatura do ar, havendo relatos de sensação de conforto com graus elevados de PET. Em relação à sensação térmica no inverno, o Bairro Cambuí foi o que mais apresentou pessoas na zona de neutralidade térmica (confortável), seguido do Bairro Jardim das Paineiras, Centro e Comunidade Vila Brandina. As áreas onde houve mais relatos de desconforto pelo calor foram Comunidade Vila Brandina (Bairro com grande adensamento de habitação de interesse social) e Centro (bastante verticalizado e compactado).

Observou-se oscilação da faixa de conforto nas duas análises realizadas em épocas distintas do ano (inverno e verão). No verão, com ocorrência de temperaturas do ar mais altas, houve um deslocamento do intervalo de conforto, com PET mais elevado nas quatro áreas analisadas, ficando evidente a influência deste fator na percepção de conforto relatada pelo entrevistado. Fato já observado por Lin e Matzarakis (2011) em estudo realizado em Taiwan, cujos resultados analíticos reforçam a importância de diferentes classificações de conforto térmico para cada país ou região.

Após verificar as respostas referentes às sensações térmicas relatadas pelos entrevistados observou-se que os índices PMV e PET apresentaram discordâncias em relação à sensação de conforto do entrevistados como pode ser verificado nos Quadros 13 (inverno) e 14 (verão).

INVERNO-AGO 2012 SENSAÇÃO TÉRMICA RELATADA PELO ENTREVISTADO (n=372)		FAIXAS DE CONFORTO PMV					
		MUITO FRIO	FRIO	POUCO FRIO	NEUTRO	POUCO CALOR	CALOR
		< -3	< -2 a -3	< -0.82 a -2	-0.82 a +0.82	> 0.82 a +2	> +2 a +3
sensação	num. de pessoas						
MUITO CALOR	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CALOR	47	0%	0%	0%	6%	70%	24%
POUCO CALOR	146	0%	0%	3%	23%	60%	14%
NEUTRO	124	0%	0%	2%	55%	36%	7%
POUCO FRIO	37	0%	0%	0%	0%	0%	0%
FRIO	13	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MUITO FRIO	5	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	372						
SENSAÇÃO TÉRMICA RELATADA PELO ENTREVISTADO (n=372)		FAIXAS DE CONFORTO PET					
		MUITO FRIO	FRIO	POUCO FRIO	NEUTRO	POUCO CALOR	CALOR
		< 4 °C	4-12 °C	12-18 °C	18-26 °C	26-31 °C	31-43 °C
sensação	num. de pessoas						
MUITO CALOR	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CALOR	47	0%	0%	0%	19%	55%	26%
POUCO CALOR	146	0%	0%	5%	39%	33%	23%
NEUTRO	124	0%	0%	12%	59%	21%	8%
POUCO FRIO	37	0%	0%	35%	49%	16%	0%
FRIO	13	0%	0%	38%	62%	0%	0%
MUITO FRIO	5	0%	0%	40%	60%	0%	0%
TOTAL	372						

Quadro 13 - Índices PMV e PET relacionados à sensação térmica relatada pelo entrevistado durante o inverno

No período do inverno, dos 372 entrevistados, 124 pessoas declararam não estarem nem com frio e nem com calor, ou seja na faixa de neutralidade térmica. Entretanto, ao verificar os limites estabelecidos para esta faixa pelo índice PMV de acordo com a ASHRAE 55/2004, 55% se enquadraram na faixa de neutralidade térmica (entre -0,82 e +0,82) e o restante nos intervalos que correspondiam à sensação de pouco calor (36%) e calor (14%).

Em relação ao PET a situação não foi diferente, 59% coincidiu com os limites determinados por Monteiro (2008) para a faixa de neutralidade térmica, 21% se enquadraram na faixa de pouco calor e 8% na faixa de calor, sendo esta situação repetida para todas as outras faixas de sensação de conforto. Pôde-se constatar portanto, que a neutralidade térmica estabelecida para os índices de conforto (PMV e PET), nem sempre correspondeu às sensações térmicas relatadas pelos entrevistados.

Outro fator importante a ser observado é a ocorrência de relatos de sensações de pouco calor e calor, mesmo durante o período de inverno. No Brasil, as estações não são definidas, havendo incidência de altas temperaturas mesmo durante o inverno.

VERÃO- FEV. 2013 SENSAÇÃO TÉRMICA RELATADA PELO ENTREVISTADO (n=505)		FAIXAS DE CONFORTO PMV						
		MUITO FRIO	FRIO	POUCO FRIO	NEUTRO	POUCO CALOR	CALOR	MUITO CALOR
		< -3	< -2 a -3	< -0.82 a -2	-0.82 a +0.82	> 0.82 a +2	> +2 a +3	> +3
sensação	num. de pessoas							
MUITO CALOR	185	0%	0%	0%	1%	25%	62%	12%
CALOR	53	0%	0%	0%	0%	40%	51%	9%
POUCO CALOR	177	0%	0%	0%	5%	49%	30%	5%
NEUTRO	90	0%	0%	0%	3%	71%	30%	0%
POUCO FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MUITO FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	505							
SENSAÇÃO TÉRMICA RELATADA PELO ENTREVISTADO (n=505)		FAIXAS DE CONFORTO PET						
		MUITO FRIO	FRIO	POUCO FRIO	NEUTRO	POUCO CALOR	CALOR	MUITO CALOR
		< 4 °C	4-12°C	12-18°C	18-26°C	26-31°C	31-43°C	>43°C
sensação	num. de pessoas							
MUITO CALOR	185	0%	0%	0%	2%	24%	74%	0%
CALOR	53	0%	0%	0%	4%	41%	55%	0%
POUCO CALOR	177	0%	0%	0%	11%	42%	47%	0%
NEUTRO	90	0%	0%	0%	17%	58%	25%	0%
POUCO FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MUITO FRIO	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	505							

Quadro 14 - Índices PMV e PET relacionados à sensação térmica relatada pelo entrevistado durante o verão

No período do verão, foram entrevistadas 505 pessoas, dentre elas, apenas 90 declararam se sentirem confortáveis, ou seja, na faixa de neutralidade térmica e, somente 3% se enquadraram no intervalo de neutralidade térmica estabelecido para o PMV e 17% para o PET. O mesmo ocorreu para os demais intervalos de conforto, como pode ser observado no Quadro 14. Os resultados da análise estatística realizada para avaliar a correlação entre estes índices de conforto e a sensação térmica relatada pelos entrevistados nos dois períodos (inverno e verão) podem ser verificados nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Correlação linear de Spearman para as variáveis PMV, PET e sensação térmica no inverno

Variáveis	r	p valor
Sensação termica X PET	0,520	<0,01
Sensação termica X PMV	0,515	<0,01

No período do inverno houve correlação moderada, porém significativa entre as variáveis PET x sensação térmica ($r=0,520$) e PMV x sensação térmica ($r=0,515$).

Tabela 9 - Correlação linear de Spearman para as variáveis PMV, PET e sensação térmica no verão

Variáveis	r	p valor
Sensação termica X PET	0,418	<0,01
Sensação termica X PMV	0,417	<0,01

No verão houve fraca correlação entre as variáveis PET e sensação térmica ($r=0,418$), PMV e sensação térmica ($r=0,417$). Estes resultados reforçam a necessidade de se considerar fatores subjetivos e psicológicos para avaliação de conforto térmico das pessoas, corroborando estudos realizados por Nikolopoulou e Steemers (2003) Dacanal et al. (2009), Brusantin et al. (2009) entre outros.

Comparando-se a sensação térmica dos entrevistados no inverno (Quadro 15) e no verão (Quadro 16), a análise descritiva indicou maior número de entrevistados com sensação de "muito calor" no Centro e na Vila Brandina, locais mais carentes de arborização.

É importante ressaltar a diferença dos intervalos de conforto (PET e PMV) com a opinião dos usuários, os quais variaram nas quatro áreas de estudo, sendo esclarecedora a interferência da percepção do usuário em relação ao local onde está sendo entrevistado, fato que deveria ser também considerado na avaliação do conforto térmico.

SENSAÇÃO	BRANDINA		CAMBUI		CENTRO		PAINEIRAS	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Muito calor	0	0	0	0	0	0	0	0
Calor	31	26	6	7	5	5	5	9
Pouco calor	54	45	31	34	47	45	14	25
Neutro	30	25	43	47	28	27	23	40
Pouco frio	4	3	8	9	13	13	12	21
Frio	2	1	3	3	10	10	3	5
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	121	100	91	100	103	100	57	100

Quadro 15 – Análise descritiva e comparação da sens. térmica entre as áreas de estudo (ago. 2013)
Valor $p < 0.0001$ Qui-quadrado

SENSAÇÃO	BRANDINA		CAMBUI		CENTRO		PAINEIRAS	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Muito calor	75	47	32	26	63	42	15	21
Calor	53	34	45	36	40	27	20	28
Pouco calor	8	5	24	19	25	17	15	21
Neutro	22	14	24	19	22	14	21	29
Pouco frio	0	0	0	0	0	0	1	1
Frio	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	158	100	125	100	150	100	72	100

Quadro 16 – Análise descritiva e comparação da sens. térmica entre as áreas de estudo (fev. 2013)
Valor $p < 0.0001$ Qui-quadrado

Os usuários do Bairro Cambuí durante o inverno foram os que mais se enquadraram na faixa de neutralidade térmica (47%) seguido do Bairro Jardim das Paineiras (40%). Na comunidade Vila Brandina e Centro, quase metade da população entrevistada (45%) concentrou-se na faixa de pouco calor.

No período do verão, a população entrevistada no Jardim das Paineiras (29%) se enquadrou na faixa de neutralidade térmica; o restante distribuiu-se entre as faixas de pouco calor, calor e muito calor. Este foi o Bairro que apresentou maior quantidade de pessoas nessa faixa, provavelmente devido ao conforto proporcionado pela sombra das árvores. No Cambuí, a população entrevistada concentrou-se na faixa de calor (36%) e muito calor (26%); no Centro, 42% da população entrevistada relatou sensação de muito calor e calor (27%); na Comunidade Vila Brandina, 47% ficou na faixa de muito calor e 34% na faixa de calor, fato justificado pela configuração morfológica desses espaços aliada à carência de arborização. Ficou evidente também nessas áreas a interferência de fatores subjetivos na sensação de conforto térmico (NIKOLOPOULOU et al., 2006), o que reforça a importância de se considerarem as idiosincrasias dos diferentes

tipos de população como já constatado por Lin et al. (2010). Diante deste contexto, Kim et al. (2013) apontam a necessidade de um novo índice de conforto térmico que considere a sensação térmica subjetiva das pessoas.

Outro fator que pode ter influenciado nos resultados obtidos foi o fato de terem sido utilizados valores pré determinados e fixos de clo (resistência térmica da vestimenta) e de met (taxa de metabolismo) para todos os entrevistados ao calcular os valores PMV e PET, sendo esta uma limitação do modelo RayMan utilizado nesta pesquisa. O tipo de vestimenta e a atividade praticada pelo entrevistado são fatores que interferem de forma direta no conforto térmico, como já constatado em estudo realizado por Dobbert et al. (2011) ao comprovar tais efeitos em pesquisa realizada com usuários de uma unidade hospitalar.

6.4 Conclusões

Considerando a subjetividade da percepção térmica, é possível constatar pela presente pesquisa que, além das variáveis climáticas, fatores subjetivos interferem na sensação térmica das pessoas.

Ao comparar o conforto calculado pelos índices preditivos PET e PMV à sensação de conforto relatada pelos entrevistados, observou-se fraca correlação entre os mesmos, muitas vezes não havendo equivalência entre o conforto calculado e o relatado pelos entrevistados. Apesar do índice PET ser mais apropriado para ambientes externos e o PMV para ambientes internos, não foi detectada forte correlação de nenhum dos dois índices à sensação térmica de conforto relatada pelos entrevistados.

Em relação à aplicação dos índices PMV e PET, ambos se comportaram de forma semelhante, havendo discordância entre os limites estabelecidos para cada sensação térmica, indicando que uma calibração desses índices para o Brasil se faz necessária ou, até mesmo, um índice de ajuste que possa aproximar a sensação predita da real sensação de conforto. Entretanto, devido à grande diversidade regional, cultural, morfológica e climática existente nesse país há que se considerar as idiossincrasias de cada população a fim de se estabelecerem diferentes parâmetros para análise de conforto térmico.

A complexidade da avaliação do conforto térmico, por não ser puramente fisiológica, reforça a necessidade de se observar as peculiaridades de cada região a ser avaliada e verificar a origem do entrevistado, bem como o tempo de moradia no

local. Além disso deve-se considerar o clo (resistência térmica da vestimenta) e o met (taxa de metabolismo) para cada indivíduo em particular, na tentativa de aproximar o valor de conforto calculado coma sensação relatada pelos entrevistados.

O modelo RayMan, utilizado para o cálculo do PMV e PET neste estudo, considera valores pré fixados para clo e met, desconsiderando as particularidades de cada indivíduo, fato que pode ter influenciado nos resultados obtidos. Além disso, mais experimentos devem ser realizados a fim de se adequar os índices de conforto térmico utilizados à realidade de cada região ou área estudada, podendo, assim, avaliar o conforto térmico no meio urbano de forma mais eficaz, dando subsídios para diretrizes de planejamento urbano e ações por meio de políticas públicas.

Referências

AMERICAN NATIONAL STANDARDS. INSTITUT AND AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environment conditions for human occupancy**: ANSI/ ASHRAE 55- 1981. New York, cap. 8, p. 1-42, 1981.

ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 ASHRAE. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2004. p. 3-34.

BARROS, R.M.P.; PINA, MIKAMI, S.; KOWALTOWSKI, D. **Conforto e psicologia ambiental: a questão do espaço pessoal no projeto arquitetônico**. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005. Maceió. **Anais...** Maceió: ENCAC, 2005. p. 135-144.

BRUSANTIN, G.N.; FONTES, S.G.C. Conforto térmico em espaços públicos de permanência: uma experiência na cidade de Bauru-SP. In: ENCONTRO NACIONAL, 10., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO,6., 2009, Natal. **Anais...** Natal: ENCAC, 2009, p. 411-449.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. **Building and Environment**, Oxford, v. 51, p. 285-295, 2012.

DACANAL, C.; RIBEIRO, B.; RANCURA, R.L.; LABAKI, L.C. Conforto térmico em espaços livres públicos: Estudo de caso em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO,6., 2009. Natal. **Anais...** Natal: ENCAC, 2009, p. 563-572.

DOBBERT, L.Y.; SILVA FILHO, D.F.; DACANAL, C.; SILVA, C.A.M. Thermal comfort in hospital environments. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 27., PLEA 2011, Louvain-la-Neuve. **Proceedings...** Louvain-la-Neuve: PLEA 2011. 1 CD-ROM, p. 553-559.

FANGER, P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental** Copenhagen: Engineering, 1970. 244 p.

FONTES, M.S.G.C.; ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. Open urban spaces quality: a study in a historical square in Bath-UK. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 25, 2008, Dublin. **Proceedings...** Dublin: PLEA 2008. 1 CD-ROM.

GOMEZ, F.; GIL, L.; JABALOYES, J. Experimental investigation on the thermal comfort in the city: relation- ship with the green areas, interaction with the urban microclimate. **Building and Environment**, Oxford, v. 39, p. 1077–1086, 2004.

HWANG, R.-L.; LIN, T.-P. Thermal comfort requirements for occupants of semi-outdoor and outdoor environments in hot-humid regions. **Architectural Science Review**, Sydney, v. 50, p. 357-364, 2007.

KIM, J.H.; MIN, Y.K.; KIM, B. Is the PMV index an indicator of human thermal comfort sensation? **International Journal of Smart Home**, Washington, v. 7, n. 1, p. 27-34, 2013.

LABAKI, L.C.; FONTES, M.S.G.C.; BARTOLOMEI, C.L.B.; DACANAL, C. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, 2012.

LIN, T.P.; MATZARAKIS, Tourism climate information based on human thermal perception in Taiwan and Eastern China, **Tourism Management**, Guildford, v. 32, p. 492-500, 2011.

LIN, T.P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R.L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 213-221, Jan. 2010.

LIN, T.-P.; TSAI, K.-T.; LIAO, Ch-Ch.; HUANG, Y-Ch. Effects of thermal comfort and adaptation on park attendance regarding different shading levels and activity types, **Building and Environment**, Oxford, v. 59, p. 599-611, 2013.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 43, p. 76-84, 1999.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments- application the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 51, p. 323-334, 2007.

MCPHERSON, E.G.; NOWAK, D.; HEISLER, G. Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest climate project. **Urban Ecosystems**, Amsterdam, v. 1, p. 49–61, 1997.

MONTEIRO, L.M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. 378 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MONTEIRO, L.M.; ALUCCI, M.P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas: parte 2: proposição de calibração de modelos preditivos. In: ENCONTRO NACIONAL, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1231-1240.

_____. Modelos preditivos de estresse termo-fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008. 1 CD-ROM.

NIKOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. **Building and Environment**, Oxford, v. 41, p. 1455-1470, 2006.

NIKOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 35, p. 95-101, 2003.

RUAS, A.C. **Avaliação de conforto térmico, contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 1999. 83 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

RUROS. **Rediscovering the urban realm and open spaces**. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

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, v. 31, p. 221–235, 2000.

SHIMAKAWA, A.H.; BARTHOLOMEI, C.L.B. Aplicação dos modelos preditivos de Conforto PET e PMV em Presidente Prudente-SP: estudo de caso - Parque do Povo. In: ENCONTRO NACIONAL, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2009, Natal. **Anais...** Natal: ENCAC, p. 543-552, 2009.

SPAGNOLO, J.; DE DEAR, R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. **Building and Environment**, Oxford, v. 38, p. 721–738, 2003.

7 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA POR USUÁRIOS DA CIDADE DE CAMPINAS/SP- UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO

Resumo

Cada indivíduo percebe e reage de forma diferente ao ambiente vivenciado, atribuindo maior ou menor importância à arborização viária urbana. A presente pesquisa tem como objetivo levantar questões referentes à percepção dos usuários de quatro áreas na cidade de Campinas/SP/Brasil em relação à arborização viária local. Os resultados desta pesquisa apontam certo consenso entre os usuários no que se refere ao reconhecimento da interferência da arborização urbana no bem-estar do cidadão. Alguns aspectos negativos como risco de queda, insegurança e sujeira foram relatados, havendo diferença de percepção dos usuários nas diferentes áreas de estudo. Algumas demandas feitas pela população da área mais carente deste estudo, a Comunidade Vila Brandina, foram referentes a serviços de infraestrutura, que sobrepôs-se ao problema da falta de arborização e conforto. Reclamações por falta de gestão e manutenção de áreas verdes foram recorrentes entre os usuários que ressaltaram a falta de atenção da prefeitura em relação a questões relacionadas à arborização urbana viária. Portanto, a legislação ambiental do município de Campinas necessita dedicar maior atenção por parte dos seus gestores a projetos de arborização viária, pois o descaso e a falta de fiscalização agravam ainda mais a situação em alguns Bairros da cidade, pondo em risco a saúde e o bem-estar de seus moradores e usuários.

Palavras-chave: Arborização urbana; Conforto; Bem-estar; cidade de Campinas

Abstract

Individuals perceive and respond differently to the environment they live in, giving more or less importance to urban street trees. The present study aims to address issues about users' perception of four areas in Campinas city, São Paulo state, Brazil regarding its urban street trees. This study indicate a general agreement in relation to the importance of trees in the city, as they recognize the positive interference of planting trees for citizens welfare. Some negative aspects such as the risk of tree falling, insecurity and dirt were mentioned by respondents, although there were different perceptions from one studied area to another. Some demands made by the population of the poorest studied area, namely the Comunidade Vila Brandina was related to infrastructure services, overlapping the lack of trees and comfort problems. The lack of management and maintenance of green areas have been reported by users on the four studied areas, demanding more attention from the City Hall on related issues of urban forestry. Therefore, environmental legislation in the city of Campinas needs to improve management projects in order not to put into risk people's lives, given urban street trees have not been supervised accordingly.

Keywords: Urban tree cover; Comfort; Well being; Campinas city

7.1 Introdução

"What one finds in nature's silence...is a sense of pure presence in the intangible present moment... When we enter the silence, we return from the exile that is our ordinary state of mind. To become receptive to the natural world in this way is to come home." (Clare Cooper Marcus)

A relação entre o homem e o ambiente natural sofreu várias interferências decorrentes de alterações advindas do crescimento e adensamento das metrópoles no século XX, causando uma série de impactos devido à compactação do solo, à redução de áreas para plantio de árvores, à instalação de rede elétrica e à pavimentação, entre outros, dificultando a arborização no meio urbano e acarretando inclusive mudanças de valores na vida social (KONIJENJIJK, 2000). Esse fenômeno acaba por causar interferências muitas vezes negativas na vida humana, como revela estudo realizado por Morteza et al. (2012) ao evidenciar o forte grau de sensação de opressão em locais com concentração de grandes edifícios desprovidos de vegetação. Nesse sentido, a silvicultura urbana tem reaproximado o homem da natureza, promovendo sua comunicação e integração com a sociedade.

Áreas verdes têm demonstrado grande capacidade em promover a saúde humana e o bem-estar quando comparadas a áreas edificadas (ULRICH, 1981; ULRICH et al., 1991; KAPLAN; KAPLAN, 1982, 1995; KAPLAN, S., 1995; WHITE et al., 2013; LAFORTEZZA et al., 2013).

As pessoas que mantêm contato com ambientes naturais, mesmo por curtos períodos, apresentam efeitos positivos na saúde devido à redução do estresse, segundo estudo realizado em Helsink na Finlândia, por Tyrväinen et al. (2014). Nesse sentido, Kaplan e Berman (2010), bem como Taylore et al. (2001) reconhecem a influência do ambiente natural como elemento restaurador das capacidades cognitivas, apresentando melhorias no desempenho, auto-regulação e eficiência das pessoas. Além de influenciarem de forma positiva o contato social, Kuo (2003) comprova ainda a interferência da quantidade de vegetação no relacionamento entre vizinhos, ao observar que, quanto maior a quantidade de vegetação, menor a agressividade e a violência no local, colaborando inclusive para a redução das taxas de crime, assim como Thompson et al. (2012) observam relações significativas

entre auto-relato de redução de estresse em pessoas comprovada pela diminuição do cortisol devido ao contato com espaços verdes no ambiente em que vivem.

Estudos de Ulrich (1986), Kaplan e Kaplan (1995); Kaplan (2001) e Kamila et al. (2014) comprovam preferências das pessoas por cenas da natureza quando comparadas a cenas urbanas, corroborando a hipótese da *biophilia* proposta por Wilson (1984), que diz respeito ao fato de ser inerente ao homem sua ligação com o ambiente natural. Weber et al. (2014) comprovam inclusive o reconhecimento das pessoas em relação aos serviços ecossistêmicos associados à arborização. A arborização urbana constitui-se, portanto, em um elemento de grande importância em razão dos benefícios fisiológico, sociológico, econômico, psicológico e estético proporcionados aos usuários do espaço urbano.

O papel das árvores na cidade é também destacado por Tuan (1980), que atribui a elas a função de marcos ou referências, lugares potenciais para encontros. As árvores, tantas vezes requisitadas por moradores da cidade de Campinas por serem elementos de afeição e prazer, devem receber devida atenção ao se planejar o espaço urbano (MONTEIRO, 2007).

A arborização urbana tem também um forte enfoque social, ao possibilitar que comunidades locais participem do seu planejamento e gestão. Ao realizar um projeto de planejamento urbano, o envolvimento conjunto de gestores, planejadores e usuários do espaço a ser alterado é de suma importância, pois só assim se consideram as diferentes percepções em relação ao seu uso e função, evitando a elaboração de um projeto de forma equivocada. Vale lembrar o caso do distrito de North End em Boston, o qual foi qualificado pelos planejadores urbanos como zona de cortiço, devido ao fato de não perceberem neste local uma atmosfera de alegria e bem-estar, embora suas ruas fossem cheias de vida e desfrutadas por seus moradores (JACOBS, 1961). Assim sendo, investigar a maneira como as pessoas vivenciam e usufruem do espaço é premissa básica para se lançarem propostas de intervenção e de planejamento em busca de satisfazer as reais necessidades e anseios de seus usuários.

Nessa perspectiva, Lynch (1997) afirma que as imagens ambientais são produtos de um processo bilateral entre o observador e seu ambiente, que seleciona, organiza e dá significado àquilo que vê, sendo essa leitura diversificada, de acordo com as diferentes realidades de cada indivíduo ou grupo, dando subsídios para planejadores intervirem em ambientes urbanos. É com base nessa realidade

que o presente estudo buscou, por meio de aplicação de questionários, avaliar a percepção dos usuários da cidade de Campinas em relação ao papel da arborização viária e suas interferências em seu conforto físico e mental. Indicadores para avaliação dos espaços em análise, no que se refere ao conforto térmico e bem-estar, foram investigados a fim de melhor compreender as necessidades específicas dos usuários desses locais.

7.2 Material e métodos

7.2.1 Área de estudos

Essa pesquisa foi realizada em quatro áreas da cidade de Campinas/SP, já descritas no Capítulo 3 desta tese.

7.2.2 Questionários

O modelo de questionário (Apêndice B) contém questões objetivas e dissertativas relacionadas à percepção das pessoas sobre fatores referentes à arborização urbana viária. Os questionários foram aplicados nos meses de janeiro e fevereiro de 2014 aos usuários das áreas em estudo. Alrek e Settle (1995) determinam que, em entrevistas que utiliza-se de instrumentos tipo survey, 100 respondentes são suficientes para compor uma amostra de uma grande população, e define ainda que 300 entrevistas, independente do tamanho da população, apresenta testes estatísticos satisfatórios. Assim sendo, os questionários foram aplicados a 400 pessoas (100 pessoas em cada área de estudo), a fim de se detectar a percepção dos entrevistados no que diz respeito ao papel da arborização viária urbana, avaliando suas preferências e anseios em relação às áreas estudadas. As entrevistas foram realizadas pessoalmente pela autora para assegurar melhor compreensão das questões por parte dos entrevistados. Bernard (1994) aponta algumas vantagens sobre esse tipo de entrevista que apesar de tomar mais tempo que as outras formas, como as realizadas por telefone ou por correio, essa forma de abordagem garante a real caracterização do entrevistado. Desta forma, pode-se saber quem realmente está respondendo ao questionário direcionando o foco para o assunto de interesse, evitando-se que o entrevistado se

afaste do tema abordado, além de permitir o esclarecimento de alguma questão que não tenha sido compreendida.

A primeira parte do questionário contém questões referentes a sensações e percepções das pessoas em relação ao local analisado, dando enfoque para a questão da arborização urbana viária⁹. A questão 4 foi dissertativa a fim de não influenciar o entrevistado sobre aspectos desfavoráveis à arborização viária apresentados na sequência da entrevista, possibilitando, assim, mapear a primeira impressão do usuário em relação ao tema principal do estudo "arborização urbana". As demais questões foram objetivas e avaliadas por meio da escala de Likert, em que os entrevistados pontuam de acordo com suas sensações referentes a uma série de variáveis apresentadas (BERNARD, 1994), método bastante utilizado em pesquisas desta natureza por ser de fácil aplicação e por simplificar a análise dos resultados (ALREK; SETTLE, 1995).

Outro instrumento utilizado nesta pesquisa foi a apresentação de imagens fotográficas (Figuras 51a 54), tratadas por meio do programa *Photoshop*, que possibilitou simular alterações nos locais estudados (onde havia árvores, foram suprimidas e onde não havia, foram inseridas). O uso de simulação de imagens como meio de determinar as preferências das pessoas e analisar suas atitudes em relação à arborização urbana é um recurso bastante interessante para ser explorado, comenta Konijnenijk (2000).

Antes porém de se utilizarem as fotos, foi feito teste de validade e confiabilidade das mesmas para verificar a correspondência das imagens fotografadas com os ambientes reais em estudo, conforme sugerem Morteza et al. (2011). Este teste foi realizado por meio de aplicação de questionários (Apêndice C) aos usuários das áreas de estudo. O questionário continha duas perguntas relacionadas ao ambiente real e à foto do referido ambiente a fim de avaliar a correlação entre as questões apresentadas para confirmar a semelhança entre a foto e o local fotografado. Assim, pôde-se permitir sua utilização para representar as áreas de estudo nesta pesquisa.

Vale ressaltar que as fotos utilizadas correspondiam a locais familiares aos entrevistados (a rua onde foi feita a coleta de dados climáticos), pois o uso de fotos

⁹ Algumas questões referentes à percepção tomaram como base questionário proposto por Viana (2013).

de ambientes já vivenciados facilita o entendimento das questões relacionadas à percepção por parte dos entrevistados, como destaca Kaplan e Kaplan (1983). E ainda, por se tratar de uma avaliação subjetiva, pode portanto sofrer influência de experiências passadas, segundo Ponty (2011), interferindo nas sensações e percepções dos usuários locais.

Figura 51 - Cambuí A -simulação no Photoshop, B - situação existente

Figura 52 - Jardim das Paineiras A - simulação no Photosho, B - situação existente

Figura 53 - Largo do Rosário A - situação existente, B - simulação no Photoshop

Figura 54 - Comunidade Vila Brandina A - situação existente, B - simulação no Photoshop

As respostas aos questionários foram transportadas para planilhas do Excel que deram origem a um banco de dados. Para as análises estatísticas, utilizou-se o software SAS (Statistical Analysis System) versão 9.2. Os resultados coletados foram analisados segundo variáveis obtidas por meio dos questionários e foram descritos em tabelas e gráficos. Os dados qualitativos foram interpretados e analisados a partir do material coletado por meio das entrevistas que compõem a avaliação dos resultados.

7.3 Resultados e discussão

7.3.1 Teste de confiabilidade e validade das fotos utilizadas como instrumento desta pesquisa

A validade e confiabilidade das fotos, foi confirmada pelo coeficiente de correlação intraclass. Houve concordância entre as respostas ao questionário aplicado (Apêndice C) aos usuários dos locais analisados, referentes ao ambiente

real e as fotos do mesmo local utilizadas na pesquisa. Para a questão 1 o ICC (correlação intraclases) foi de 0.816 e para a questão 2 o ICC foi de 0.962, ambos indicaram forte concordância pois superaram os limites considerados como apresentando substancial confiabilidade, segundo Landis e Koch (1975).

7.3.2 Resultados das entrevistas relacionadas à percepção dos moradores quanto à arborização nas áreas em estudo

Perfil do entrevistado

Foram entrevistadas 100 pessoas em cada área de estudo, perfazendo um total de 400 pessoas sendo 44% do gênero feminino e 56% do gênero masculino. A distribuição do gênero dos entrevistados por área pode ser observada na Figura 55.

Figura 55 - Proporção do gênero de entrevistados por área, na cidade de Campinas / SP

A faixa etária dos entrevistados por área pode ser verificada na Figura 56.

Figura 56 - Faixa etária dos entrevistados em cada área de estudo

Na Comunidade Vila Brandina, a população entrevistada concentrou-se na faixa de 25 a 34 anos (41%); no Jardim das Paineiras os entrevistados se distribuíram de forma mais homogênea, havendo pessoas nas faixas de 35-44 (22%), 45-54 (28%) e 56-64 (18%); no Centro os entrevistados entre 25-34 anos (24%) , 18-24 anos (20%) e entre 35-44 (18%) totalizaram mais de 50% do total da amostra e no Cambuí a situação se apresentou de forma semelhante, com concentração de entrevistados na faixa etária de 10-24 (36%), 25-34 (21%), 35-44 (16%) e 45-54 (16%).

Em relação ao grau de escolaridade (Figura 57), o Bairro Jardim das Paineiras foi o que apresentou entrevistados com maior grau de escolaridade, 40,40% possuía Ensino Superior completo e 16,20% pós graduação, no Bairro Cambuí 34% dos entrevistados possuíam Ensino Médio incompleto e 20 % Superior incompleto, no Centro o grau de escolaridade que mais ocorreu foi o de Ensino Médio completo (34,70%) e na Comunidade Vila Brandina 34% possuíam Ensino Fundamental incompleto e 26% Ensino Médio completo, área constituída por população carente com baixo grau de escolaridade, havendo ocorrência de apenas um entrevistado com Ensino Superior completo.

Figura 57 - Grau de escolaridade dos entrevistados em cada área de estudo

Os entrevistados foram questionados em relação ao local de moradia ou convívio nas áreas onde foram abordados (Figura 58) para que se pudesse confirmar a familiaridade dos mesmos com o local analisado.

Figura 58 - Resposta à pergunta referente ao local de moradia ou convívio do entrevistado nas áreas de estudo na cidade de Campinas, São Paulo

Entre os respondentes, apenas 10% no Bairro Cambuí; 20,8% no Centro e 7% no Bairro Jardim das Paineiras declararam não morarem em Campinas, porém

afirmaram passar a maior parte do tempo nas áreas onde foram entrevistados por motivo de trabalho. Portanto, os usuários dos espaços analisados estavam aptos a prestar declarações em relação à arborização do local.

Percepção do usuário em relação à arborização urbana

Os resultados referentes à percepção da arborização urbana pelos transeuntes nas quatro áreas analisadas apresentaram diferenças, que podem ser explicadas pela variação do perfil dos entrevistados e pelas diferentes configurações espaciais de cada área avaliada.

A Figura 59 delinea a opinião dos entrevistados em relação ao que mais atrai nas quatro áreas analisadas.

Figura 59 - Gráfico contendo respostas à pergunta "o que mais te atrai neste local"

No Bairro Jardim das Paineiras, as árvores foram destacadas como sendo elemento de maior atração do local. Esse Bairro, área mais arborizada deste estudo, tem como característica a baixa ocorrência de edifícios residenciais e concentração de estabelecimentos comerciais na avenida. Dois clubes, o Cultura Artística e o

Clube do Banco do Brasil, encontram-se inseridos nessa área, o que justifica ter sido mencionado por 22% dos entrevistados como sendo a vida social um ponto atrativo do Bairro. Os entrevistados da Vila Brandina (42,9%), do Cambuí (47%) e do Centro (40,6%) também destacaram esse fator, pois na Vila Brandina a igreja evangélica promove grande concentração de pessoas. Além disso a área contém diversos bares ao longo da rua principal, fato que ocorre também nos Bairros Cambuí e Centro. Nestes dois últimos o comércio também foi bastante citado, pois a concentração de estabelecimentos comerciais é grande. No Bairro Cambuí a arborização também foi bastante mencionada. Este Bairro, apesar de ter sido alterado pela instalação de estabelecimentos comerciais ainda contém ruas bastante arborizadas.

Ao apresentar as fotos tratadas no *photoshop*, contento situação do local analisado com e sem árvores, foi levantada a questão em relação à sensação das pessoas ao caminharem por ruas arborizadas. Os resultados podem ser observados na Figura 60.

Figura 60 - Resposta referente à pergunta: "Ao caminhar por uma rua com árvores neste local durante o dia, as árvores te fazem se sentir..."

As sensações "agradável" e "confortável" foram as mais relatadas pelos entrevistados em todas as áreas de estudo, os quais atribuíram à arborização o despertar de sentimentos positivos como bem-estar, calma, paz e conforto proporcionados pelas árvores. Apenas uma pequena parcela da população mencionou se sentir insegura ao caminhar por ruas arborizadas durante o dia, devido ao fato de perceberem o risco de queda de galhos e de árvores, principalmente no Cambuí, Centro e Jardim das Paineiras onde há ocorrência de árvores mais velhas.

Em relação às demandas da população entrevistada, as três mais citadas em cada área podem ser observada no gráfico da Figura 61.

Figura 61 - Resposta referente à pergunta: " se você pudesse, o que mudaria neste local? "

No Cambuí, fatores relacionados à calçada, segurança e drenagem foram os mais citados. Esse Bairro possui sérios problemas na rede de drenagem, sendo a rua Cel Quirino uma das mais problemáticas devido à falta de galerias para captação de águas pluviais. As calçadas estreitas e irregulares, danificadas em parte por

raízes de árvores plantadas em espaços reduzidos, dificultam a caminhada dos pedestres. Neste sentido, as árvores podem ser mais valorizadas neste Bairro também pelo serviço de melhoria do sistema de drenagem, por meio da interceptação da água da chuva por suas copas (XIAO; MCPHERSON, 2003; SILVA et al., 2008).

No Centro, os fatores mais citados foram referentes à falta de arborização e de segurança. Estabelece-se aí um conflito de necessidades, pois, apesar de 57% dos entrevistados reivindicarem o plantio de árvores, em mesma proporção (57%) declararam se sentirem incomodados pela presença de marginais e drogados, considerando as árvores como sendo abrigo para essas pessoas. Outro fator destacado foi a necessidade de reparo e manutenção das calçadas. Nessa área, assim como no Cambuí, a falta de espaço prejudica o conforto do pedestre. As ruas e calçadas estreitas inviabilizam a arborização de alguns locais.

No Bairro Jardim das Paineiras, apesar de ser bastante policiado por vigias em todas as ruas, a falta de segurança ainda é um fator recorrente, sendo o mais reivindicado pelos entrevistados. Nesse Bairro, bastante arborizado, os entrevistados alegaram haver problemas de gestão por parte da prefeitura municipal em relação à arborização viária, havendo queixas de falta de manutenção e de podas adequadas. Outro item mencionado nesse Bairro foi em relação às calçadas, que, apesar de serem largas, muitos moradores não respeitaram as normas de acessibilidade, invadindo o espaço destinado ao passeio com plantas inadequadas, colocando em risco a segurança dos pedestres.

Na Comunidade Vila Brandina, a segurança foi o fator mais destacado, seguido de trânsito e pavimentação. Nessa área, apesar de haver carência de arborização, fatores relacionados à infraestrutura são maior prioridade, por se tratar de uma área de ocupação irregular, de modo que a falta de segurança, o trânsito e a pavimentação das ruas são os itens mais relevantes para a população residente nesse local. As ruas estreitas sem calçadas, construções irregulares e sem recuos dificultam o plantio de árvores tornando a área bastante desconfortável.

Em relação à presença ou ausência de árvores, o entrevistado, ao observar as fotos alteradas por meio do programa *photoshop* simulando cenários (onde havia árvores foram retiradas e onde não havia, foram inseridas), pôde relatar sua preferência (Figura 62).

Figura 62 - Preferência do entrevistado em relação à presença ou ausência de árvores

A maioria (93%) preferiu o local com árvores. Os motivos citados foram agrupados em quatro categorias: conforto térmico, estética, meio ambiente e bem-estar. A categoria conforto térmico foi associada a respostas: agradável, confortável, mais frescor, sombra, clima ameno; a categoria estética agrupou respostas como beleza, paisagem, limpeza e aspecto visual; a categoria meio ambiente envolveu respostas do tipo: oxigênio, ar puro, fotossíntese, redução de poeira, aumento de umidade; e a categoria bem-estar teve respostas como: qualidade de vida, alegria, saúde, bem-estar, paz e calma. Desse modo foi possível avaliar as respostas mais recorrentes dos grupos entrevistados nas quatro áreas de estudo.

No Bairro Cambuí, as categorias priorizadas que justificaram a escolha do local com árvores foram conforto térmico (49%) e meio ambiente (30.6%), seguidos de bem-estar (25.5%) e estética (22.4%). Vale esclarecer que nesta questão os entrevistados podiam eleger mais de uma categoria. No Centro, o meio ambiente foi o mais citado (56.4%), seguido de conforto térmico (44.7%), bem-estar (23.4%) e estética (19.1%). No Bairro Jardim das Paineiras a ordem de importância foi meio ambiente (50%) e conforto térmico (46.9%), seguido de estética (33.7%) e bem-estar (25.5%).

Na Comunidade Vila Brandina os relatos tiveram a mesma hierarquia que no Bairro Jardim das Paineiras: meio ambiente (44.3%), conforto térmico (44.3%), estética (39.8%) e bem-estar (13.6%), apesar de serem Bairros totalmente distintos em relação à morfologia, tipologia das construções e população residente. Pode-se destacar, portanto, que independente do grau de escolaridade e condição socioeconômica a percepção dos benefícios proporcionados pela arborização urbana foi semelhante.

O reconhecimento de que as árvores trazem benefícios ao meio ambiente assim como contribuem para melhorar o conforto térmico ficou bastante evidente nas quatro áreas de estudo. Interessante notar que a função estética foi a mais valorizada nos Bairros mais contrastantes entre si: a Comunidade Vila Brandina e o Bairro Jardim das Paineiras. No primeiro valoriza-se a estética por ser desprovido de beleza cênica, onde casas apinhadas configuram o ambiente desorganizado; no segundo por já ser um local arborizado e bonito, seus usuários destacam essa função.

Os benefícios que as árvores proporcionam à saúde humana foram pouco reconhecidos pela Comunidade Vila Brandina, fato que pode estar relacionado ao menor grau de informação em relação a esse tema. Nas outras três áreas, aproximadamente 25% da população entrevistada reconhece a interferência da arborização urbana na saúde humana. Os 7% dos entrevistados que preferiram a ausência de árvores alegaram receio de queda de galhos e árvores, medo da presença de andarilhos e marginais e insatisfação pela sujeira de folhas e presença de pombos.

Outra questão levantada foi sobre o aumento ou diminuição de árvores no local (Quadro 17).

OPINIÃO	Cambuí	Centro	Jd Paineiras	C.Vila Brandina
aumentou muito	6%	1%	7%	2%
aumentou	8%	9.9%	22%	19%
continua a mesma	38%	7.9%	37%	31%
diminuiu	34%	61.4%	20%	40%
diminuiu muito	10%	12.9%	1%	2%
não sei	4%	6.9%	13%	6%

Quadro 17 - Questão referente à quantidade de árvores no local

O Centro foi o local onde houve mais entrevistados que perceberam a diminuição de árvores, seguido da Vila Brandina e do Cambuí. Entretanto, na Vila Brandina, 19% dos entrevistados relataram aumento da quantidade de árvores e 31% afirmaram não haver alteração. O Bairro Jardim das Paineiras foi o que menos identificou a diminuição da quantidade de árvores, sendo que 37% afirmou não ter ocorrido alteração alguma e 22% respondeu ter aumentado a quantidade de árvores no Bairro. As pessoas deste Bairro demonstraram preocupação com a questão da redução das árvores, alegando inclusive insatisfação com a gestão das áreas verdes urbanas por parte da prefeitura de Campinas.

Os usuários das áreas analisadas foram também questionados sobre os aspectos positivos (Quadro 18) e negativos (Quadro 19) relacionados à existência de árvores na cidade. Essa questão foi formulada com o intuito de analisar se o entrevistado, sem prévia informação, teria noção de fatores favoráveis e desfavoráveis da arborização no meio urbano. Nesta questão as respostas referentes aos aspectos positivos foram agrupadas nas mesmas categorias da questão referente à Figura 62 (conforto térmico, estética, meio ambiente e bem-estar), o respondente pôde eleger mais de uma categoria.

Categoria	Cambuí	Centro	Jd Paineiras	Brandina
Conforto térmico	72.2%	56%	57%	57.1%
Estética	27.8%	23%	33%	33.7%
Meio ambiente	51.5%	74%	84%	67.3%
Bem-estar	19.6%	15%	11%	14%

Quadro 18- Aspectos positivos sobre árvores na cidade segundo opinião dos entrevistados

No Bairro Cambuí, o conforto térmico foi o mais destacado, seguido de meio ambiente, estética e bem-estar; no Centro, os aspectos positivos relacionados ao meio ambiente foram os mais reconhecidos pela população entrevistada, seguido de conforto térmico, estética e bem-estar; no jardim das Paineiras e na Comunidade Vila Brandina a situação se repetiu na mesma ordem de importância. Diante disso, é possível verificar que, no Centro, o conforto térmico ficou em destaque, muito provavelmente devido ao fato de os entrevistados estarem em ritmo de trabalho e em um local pouco confortável, na maioria das vezes em pleno sol. O desconforto térmico no momento da entrevista pode ter influenciado na resposta. Entretanto, na

Comunidade Vila Brandina deveria ter ocorrido o mesmo, porém, a população que a compõe é proveniente em grande parte da região nordeste, não se incomodando tanto com altas temperaturas por serem mais resistentes ao calor.

Em relação aos aspectos negativos (Quadro 18), as respostas foram agrupadas em três categorias: insegurança, associada a respostas como: abriga bandido, falta segurança, queda de árvores e atrapalha iluminação; estrago, associada a respostas como: conflito com a rede elétrica ou hidráulica, prejudica a circulação e a visão; e a sujeira, associada a respostas como: sujeira de pombos, folhas e galhos.

Categoria	Cambuí n=55/100	Centro n=58/100	Jd Paineiras n=55/100	Brandina n=29/100
Insegurança	43.6%	56.9%	65.5%	58.6%
Estrago	65.5%	20.7%	65.5%	34.5%
Sujeira	10.9%	34.5%	20%	20.7%

Quadro 19 - Aspectos negativos sobre árvores na cidade segundo opinião dos entrevistados

No Bairro Cambuí o fator negativo mais evidenciado pelos entrevistados foi referente aos estragos nas calçadas provocados pelas raízes das árvores. A falta de espaço e o plantio de espécies inadequadas, além de covas reduzidas prejudicam o crescimento das árvores acarretando sérios danos às calçadas. Outro fator bastante apontado foi insegurança devido ao risco de queda de árvores e problemas com a rede elétrica. Somente dois entrevistados neste Bairro relacionaram a insegurança à presença de bandidos em ruas mais arborizadas. Em relação à sujeira, 10,9% se manifestaram incomodados com a sujeira de folhas das árvores.

O Bairro Cambuí possui um grupo de pessoas que defende a questão da arborização do local. Esse grupo, denominado "Resgate Cambuí", empenha-se em fiscalizar e manter as árvores de rua do Bairro, além de revitalizar áreas degradadas pelo processo de descaracterização de suas ruas e avenidas.

No Centro, a percepção em relação aos aspectos negativos da arborização urbana foi diferente. Os entrevistados (56.9%) ressaltaram o problema da insegurança, sendo que 40% relacionou a insegurança ao risco de queda de árvores e 16.9%, à presença de bandidos. Nessa área, principalmente nas praças, a presença de marginais é frequente. Em relação à sujeira, 30,5% dos entrevistados

se mostraram insatisfeitos com a queda de folhas e dejetos de pombos, fortemente presentes no Largo do Rosário. O estrago nas calçadas provocado pelas árvores foi menos citado nesse local, fato relacionado à carência de árvores na região.

No Bairro Jardim das Paineiras, a insegurança e o estrago nas calçadas foram igualmente mencionados por 65,5% dos entrevistados. A insegurança foi principalmente devido ao risco de queda de galhos e árvores, apenas três entrevistados mencionaram o fato de as árvores poderem ocultar bandidos. Esse Bairro é bastante policiado por segurança privada e a incidência de roubos é menor.

A sujeira ocasionada pelas folhas das árvores foi a menos destacada, apenas 20% dos entrevistados mencionaram esse tipo de problema. A maioria não classifica a queda de folhas como sujeira, mas sim como um fenômeno natural que pode ser contornado, demonstrando satisfação e prazer pela presença das árvores nas ruas, reconhecendo inclusive a contribuição da arborização para maior valorização do Bairro.

Na Comunidade Vila Brandina, 58,6% dos entrevistados relacionaram a presença de árvores à insegurança, sendo esta atribuída tanto ao risco de queda de árvores como à possibilidade de ocultar bandidos e drogas. A incidência de drogados e marginais é bastante frequente nesse local. Os entrevistados (34,5%) mencionaram problemas referentes a estragos devido à queda de galhos ou árvores nas construções. Nesse local não há calçadas e, apenas parte das ruas estão pavimentadas. A sujeira foi associada à queda de folhas e frutos, fato agravado principalmente pela falta de alguns serviços de infra estrutura como a coleta de lixo. Importante salientar como a falta de alguns serviços de infraestrutura como segurança e limpeza podem implicar na desvalorização de fatores importantes como a arborização urbana.

A idade dos entrevistados não influenciou diretamente nesta questão segundo teste Qui-quadrado. Apenas o gênero e escolaridade apresentaram diferença significativa. O fator estética foi mais mencionado pelo gênero feminino (36,8%) que pelo masculino (23,5%), $p=0,004$. A estética também foi mais citada por pessoas com maior grau de escolaridade sendo citada por entrevistados com nível superior (35,5%) e 25,6% por pessoas de nível médio e fundamental, $p=0,017$. Em relação aos fatores psicológicos, 18,2% das pessoas com nível superior mencionaram este aspecto e 12,3% dos níveis fundamental e médio, $p=0,042$. Para os aspectos negativos apenas a escolaridade influenciou nas respostas referentes aos danos na

calçada e problemas com a rede elétrica, sendo estes fatores mais mencionados por pessoas com escolaridade superior e pós-graduação (59,8%) e 36,5% por pessoas com ensino fundamental ou médio, $p=0,008$.

A opinião do entrevistado em relação à existência de árvores na calçada foi questionada a fim de verificar se houve um consenso nas respostas para as diferentes áreas estudadas (Figura 63).

Figura 63 - Opinião do entrevistado em relação à existência de árvores na calçada

Os entrevistados das quatro áreas de estudo, de modo geral, mostraram-se favoráveis à existência de árvores nas calçadas, evidenciando boa aceitação da arborização viária urbana, principalmente nos Bairros mais arborizados, o Cambuí e o Jardim das Paineiras. Na Comunidade Vila Brandina, apenas 15% rejeitaram a ideia de haver árvores no local por motivos de falta de espaço e aumento de insegurança. No Centro, apenas 10% dos entrevistados e no Cambuí (5%) reconhecem a dificuldade do plantio e da manutenção das árvores em razão de calçadas estreitas e presença de rede elétrica, fator este também apontado pelos 8% de moradores do Jardim das Paineiras.

Após verificar qual o posicionamento das pessoas em relação à existência de árvores na calçada, foram levantadas diversas questões contendo vantagens e desvantagens da arborização viária (Figura 64), a fim de se verificar os fatores mais

recorrentes e, a partir desse mapeamento, propor diretrizes para um melhor planejamento de arborização nas cidades.

Cambuí

Centro

DP= Discordo Plenamente, **D=** Discordo, **NC ND=** Não Concordo Nem Discordo, **C=** Concordo, **CP=** Concordo Plenamente

Comunidade Vila Brandina

Jardim das Paineiras

Figura 64 - Resposta dos entrevistados das quatro áreas de estudo sobre ter árvores na calçada

Nas quatro áreas de estudo, fatores como frescor, beleza e calma foram reconhecidos por quase todos os entrevistados como vantagens de se ter árvores nas calçadas. Quando questionados se as árvores ajudam a refrescar o ambiente, apenas 1% dos entrevistados do Cambuí, Centro e Comunidade Vila Brandina discordaram dessa afirmação. Em relação ao fator estético, a respeito do embelezamento proporcionado pelas árvores, a maioria dos entrevistados estavam de acordo com essa afirmação, visto que apenas 2% não concordaram. A capacidade restauradora da vegetação ficou evidenciada pelas respostas dos entrevistados que relataram se sentir mais calmos e relaxados em ruas arborizadas (98%- Cambuí e Centro; 96% - Comunidade Vila Brandina; 78%- Jardim das Paineiras).

A queda das folhas foi reconhecida como um dos aspectos negativos pelos entrevistados no Cambuí (32%), no Centro (40%), na Com. Vila Brandina (44%) e no Jardim das Paineiras (41%). O perigo de acidentes por queda de galhos, frutos e árvores foi confirmado por 62% dos entrevistados no Cambuí, por 73% no Centro, 52% na Comunidade Vila Brandina e 58% no Jardim das Paineiras. Estragos nas calçadas por raízes das árvores foram admitidos por grande parte da população entrevistada, no Cambuí (50%), no Centro (59%), na Comunidade Vila Brandina (74%) e no Jardim das Paineiras (64%). Conflito entre rede elétrica e arborização foi reconhecido por grande parte dos entrevistados como um problema, no Cambuí (51%), no Centro (62%), na Comunidade Vila Brandina (58%) e no Jardim das Paineiras (62%).

Em relação à satisfação dos entrevistados com a quantidade de árvores em cada área analisada neste estudo, verificou-se grande diversidade de opinião (Quadro 20).

Escala Likert	Cambuí	Centro	Jd. das Paineiras	Com.Vila Brandina
Concordo plenamente	12%	2%	22%	1%
concordo	40%	12.9%	65%	27%
Não concordo Nem discordo	10%	2%	0%	1%
discordo	34%	71.3%	13%	69%
Discordo plenamente	3%	11.9%	0%	1%
Não sei	1%	0%	0%	1%

Quadro 20 - Resposta à questão: "estou satisfeito com a quantidade de árvores neste local"

Os entrevistados no Jardim das Paineiras foram os que se mostraram mais satisfeitos com a quantidade de árvores no Bairro. Este Bairro, um dos mais arborizados de Campinas, possui grande variedade de espécies arbóreas, contribuindo para a propagação da fauna e da flora. Uma situação desejável seria a de se criar corredores verdes que interligassem fragmentos florestais existentes na cidade. Estes corredores por desempenharem diversas funções ecológicas auxiliam os serviços ecossistêmicos em busca da sustentabilidade no meio urbano como destacam Frischenbruder e Pellegrino (2006).

Outra questão levantada nesta pesquisa foi sobre a presença de árvores em frente à residência do entrevistado. Em caso de resposta negativa ele era indagado se gostaria que tivesse e, em caso de resposta positiva, se ele estava satisfeito. Do total de entrevistados (400) nas quatro áreas de estudo, 219 possuíam árvore em frente à residência e estavam satisfeitos com a situação, apenas dois preferiam que retirasse devido à falta de espaço. Dos 179 entrevistados que não possuíam árvores, 117 gostariam de ter e 62 preferiram permanecer sem árvores. Os motivos alegados pela preferência em não plantarem árvore em frente ao lote foram: insegurança por receio de marginais se esconderem, queda de folhas, falta de espaço e estragos na calçada, além de problemas com a rede elétrica.

7.4 Conclusões

Os entrevistados, mesmo sem informação técnica sobre o assunto, têm uma visão positiva em relação à arborização urbana e percebe as alterações na paisagem, identificando algumas funções ambientais das árvores na cidade, reconhecendo sua interferência no conforto térmico, bem-estar das pessoas. As funções mais recorrentes citadas nas entrevistas foram referentes ao conforto térmico proporcionado pela sombra das árvores; funções relacionadas ao meio ambiente (melhoria da qualidade do ar); função estética associada à beleza das árvores e funções relacionadas à saúde como aumento do bem-estar por proporcionar mais calma às pessoas.

Aspectos negativos da arborização urbana foram pouco mencionados, porém houve queixa em relação à queda de árvores, galhos e, principalmente, folhas por fazerem sujeira nas calçadas. Os diversos perfis de entrevistados, usuários de quatro áreas com morfologia e tipologia distintas, apresentaram diferentes visões e percepções em relação à arborização viária. Na Vila Brandina, a demanda por parte

da população entrevistada ficou concentrada em serviços de infraestrutura como pavimentação e calçada, refletindo as necessidades de uma área ocupada por população carente, ficando a arborização urbana em segundo plano.

O fator "segurança" foi recorrente em todas as áreas de estudo, sendo mais relacionado à queda de galhos e árvores e em menor parte devido ao risco de ocultar bandidos. Uma demanda bastante recorrente no Jardim das Paineiras foi em relação às calçadas e à arborização que, de maneira geral, encontram-se em mal estado de conservação e manutenção respectivamente. A população entrevistada se mostrou bastante insatisfeita com o plano de gestão de áreas verdes de Campinas, reclamando o abandono por parte da administração no que diz respeito à manutenção da arborização viária.

Os órgãos responsáveis pela gestão do município de Campinas precisam, portanto, dedicar maior atenção a projetos de arborização viária, pois o descaso e a falta de fiscalização nessa área agravam ainda mais a situação em alguns Bairros da cidade. Ao prejudicarem a qualidade do ambiente urbano, colocam em risco a saúde e o bem-estar dos moradores e usuários da cidade.

Referências

ALRECK, P.; SETTLE, R.B. **The survey research handbook: guidelines and strategies for conducting a survey**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 470p.

BERNARD, H.R. **Research methods in anthropology**. 2nd ed. Walnut Creek: Alta Mira Press, 1994. 513 p.

JACOBS, J. **The death and life of great American cities**. London: Penguin Books, 1961. 221 p.

KAMILA, S.; PETR, S.; KRISTINA, M.; JIŘÍ, V., Does the composition of landscape photographs affect visual preferences? The rule of the golden section and the position of the horizon. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 8, p. 143-152, 2014.

KAPLAN, R. The nature view from home: psychological benefits. **Environmental and Behaviour**, Ann Arbor, v. 33, p. 507-541, 2001. Disponível em: <<http://www.sagepublications.com>>. Acesso em: 14 jul.2010.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S. **The experience of nature: a psychological perspective**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 360 p.

KAPLAN, S. The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 15, p. 169-182, 1995.

KAPLAN, S.; BERMAN, M.G. Directed attention as a common resource for executive functioning and self-regulation. **Perspectives on Psychological Science**, Virginia, v. 5, n. 1, p. 43-57, 2010. Disponível em: <<http://www.sagepublications.com>>. Acesso em: 14 set. 2014.

KAPLAN, S.; KAPLAN, R. **Human Scape: environments for people**. Ann Arbor: University of Michigan; Ed. Ulrich's Books, 1982. 480p..

_____. **Cognition and environments, functioning in an uncertain world**. Ann Arbor: University of Michigan; Ed. Ulrich's Books, 1983. 287 p.

KONIJNENDIJK, C.C. Adapting forestry to urban demands Ð role of communication in urban forestry in Europe. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 52, p. 89-100, 2000.

KUO, F.E. The role of arboriculture in a healthy social ecology, **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 29, p. 148-155, 2003.

LAFORTEZZA, R.; CARRUSO, G.; SANESIA, G.; DAVIES, C. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 35, p. 40-51, 2013.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. **A review of statistical methods in analysis of data arising from observer reliability studies**. Stat Neerland, 1975. pt. 1, 3, p.103-123.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997. 227p.

MCHARG, I.L. **Design with nature**. New York: Americas Museum of Natural History; Natural History Press, 1969. 208 p.

MONTEIRO, E.Z. **Verdes-dentro e verdes-fora: visões prospectivas para espaços abertos urbanos - privados e públicos - em área habitacional de interesse social**. 2007. 272 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MORTEZA, A.; LUSK, A.; KOGAB, T.; HIRATEB, K. Measuring oppressiveness of streetscapes, **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 107, p. 1–11, 2012.

FRISCHENBRUDER, M.T.M.; PELLEGRINO, P. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 76, n. 1/4, p. 67-78, 2006.

PONTY, M.M. **Fenomenologia da percepção**. 4. ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 2011. 662 p.

SILVA, L.F.; LIMA, A.M.L.P.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. Interceptação da chuva pelas copas das espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC.(Sibipiruna) e Tipuana

tipu O. Kuntze (Tipuana) em arborização urbana. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 307-315, 2008.

TAYLOR, A.; KUO, F.; SULLIVAN, W.C. Coping with ADD, the surprising connection to green play settings. **Environment and Behavior**, Beverly Hills, v. 33, n. 1, p. 54-77, 2001.

THOMPSON, C.W.; ROEB, J.; ASPINALLB, P.; MITCHELLC, R.; CLOWD, A.; MILLERE, D. More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns, **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 105, p. 221–229, 2012.

TUAN, Y.F. **Topofilia, um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1980. 288 p.

TYRVÄINEN, L.; OJALA, A.; KORPELA, K.; LANKI, T.; TSUNETSUGU, Y.; KAGAWA, T. The influence of urban green environments on stress relief measures: a field experiment. **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 38, p. 1-9, 2014.

ULRICH, R.S. Natural versus urban scenes: some psychophysiological effects. **Environment & Behavior**, Ann Arbor, v. 13, n. 5, p. 523-556, 1981.

_____. Human responses to vegetation and landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 13, p. 29-44, 1986.

ULRICH, R.S.; SIMONS, R.F.; LOSITO, B.D. ; FIORITO, E.; MILES, M.A.; ZELSON, M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. **Journal of Environmental Psychology**, Austin, v. 11, p. 201-230, 1991.

VIANA, S.M. **Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos, SP**. 2013. 211 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

WEBER, F.; KOWARIKA, I.; SÄUMEL, I. A walk on the wild side: perceptions of roadside vegetation beyond trees. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 13, p. 205–212, 2014.

WHITE, M.P.; PAHL, S.; ASHBULLBY, K.; HERBERT, S.; DEPLEDGE, M.H. Feelings of restoration from recent nature visits, **Journal of Environmental Psychology**, Ann Arbor, v. 35, p. 40-51, 2013.
WILSON, E.O. **Biophilia, the human bond with other species**. Cambridge: Harvard University Press, 1984. 157 p.

XIAO, Q.F.; MCPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, Washington, v. 6, p. 291–302, 2003.

8 CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação às hipóteses iniciais da pesquisa, foi possível qualificar os benefícios da arborização urbana por meio dos resultados obtidos pela aferição de dados climáticos em áreas arborizadas e não arborizadas. Confirmaram-se interferências positivas da arborização na qualidade do ambiente urbano, refletindo positivamente no conforto térmico humano. Verificou-se a relação entre a quantidade de cobertura arbórea e seus efeitos no microclima por meio de simulações computacionais, realizadas com o auxílio do programa ENVI-met. Além disso, um ajuste do Índice de Floresta Urbana (IFU) foi necessário para poder qualificar a arborização nas áreas em estudo, levando-se em consideração não apenas a quantidade de árvores existentes mas também o modo como elas se encontram inseridas nessas áreas. Entretanto, faz-se necessário ampliar o uso do IFU para que ele possa ser melhor avaliado como um índice apropriado para gestão da floresta urbana.

Interferências no microclima como queda de temperatura do ar e aumento da umidade relativa foram comprovadas por meio de simulações feitas pelo programa ENVI-met e por comparações entre as diferentes áreas de estudo, em que foram quantificadas a cobertura arbórea e relacionadas aos índices (PMV e PET), comprovando que, em áreas mais arborizadas, esses índices apresentam-se com valores mais próximos da faixa de neutralidade térmica.

A correlação entre os índices de conforto térmico (PMV e PET) e a sensação térmica relatada pelos usuários entrevistados foi fraca, indicando a necessidade de se considerarem fatores subjetivos, bem como as particularidades do local avaliado, para melhor avaliação do conforto térmico no espaço urbano.

A percepção do usuário das diferentes áreas de estudo confirmou os benefícios proporcionados pela arborização urbana, principalmente no que se refere ao conforto térmico. Fatores positivos como saúde, bem-estar e estética foram associados à arborização, sendo reconhecidos também alguns fatores negativos como queda de árvores, sujeira de folhas, danos na calçada e na rede elétrica, além da redução da segurança por diminuir a visibilidade no local.

Esta pesquisa estruturou-se por duas vertentes. A primeira avaliou os efeitos provocados pela arborização no microclima urbano e a segunda analisou fatores relacionados à percepção das pessoas referente à arborização viária local. Árvore e

cidade, uma convivência com conflitos e contrastes de natureza diversa, mas imprescindível para assegurar a qualidade de vida de seus habitantes.

Algumas dificuldades foram encontradas para a realização desta pesquisa, uma delas foi referente às aferições das variáveis climáticas. Os pontos de coleta de dados, por serem espaços públicos (calçadas e praça), não permitiram que se instalassem as estações meteorológicas por longos períodos, sem que houvesse a presença de alguma pessoa junto do equipamento. Sendo assim, não foi possível aferir os dados climáticos durante 24 horas consecutivas. Além disso, constatou-se que um período de coleta das variáveis climáticas mais extenso é necessário a fim de melhor avaliar as condições térmicas do ambiente em análise.

Foram utilizados dois modelos computacionais para avaliação do conforto térmico, o RayMan e o ENVI-met. O RayMan, por estar ainda em construção, apresentou algumas respostas que necessitam de análise mais profunda para se detectar possíveis ajustes necessários na obtenção de melhores resultados. Este modelo, por não considerar a atividade metabólica e a resistência térmica da vestimenta de cada indivíduo entrevistado, pode não estar avaliando adequadamente o conforto térmico humano, acarretando discordância entre os valores do conforto calculado e o relatado pelo entrevistado. Nesta pesquisa a sensação de conforto térmico das pessoas foi também avaliada por meio da aplicação de questionários confirmando a necessidade de se considerar fatores subjetivos para avaliação do conforto térmico do usuário do espaço urbano.

Diversas simulações com o software ENVI-met foram realizadas a fim de avaliar qual a relação entre quantidade de cobertura arbórea e as alterações provocadas no microclima urbano. Esse software exige muitas horas de trabalho de acordo com o tamanho da malha (*grid*) estipulada. Quanto maior a área a ser estudada, maior o tempo despendido para obtenção dos resultados, limitando assim o tamanho da área de estudo.

Embora a área delimitada tenha sido reduzida, os resultados das simulações atenderam ao objetivo proposto. Para a classificação supervisionada, o software utilizado, o MultiSpec® 3.3e Quantum GIS, apresentaram resultados bastante satisfatórios no que diz respeito à quantificação da cobertura arbórea das áreas em estudo.

Outra dificuldade encontrada foi em relação à aplicação de questionários referentes à sensação térmica que, por terem sido realizados simultaneamente à

aferição dos dados climáticos, limitaram o número de entrevistas aos dias da coleta de dados. Os questionários referentes à percepção foram realizados pelo próprio pesquisador, o que aumentou a chance de abranger todos os tópicos de interesse da pesquisa evitando possíveis falsas interpretações de algumas questões apresentadas. Esse procedimento fez com que o tempo para realização desta etapa fosse prolongado.

Como resultado final desta pesquisa, um novo método, baseado na utilização de modelos computacionais aliados à aplicação de questionários, foi proposto com o objetivo maior de avaliar de forma eficaz os efeitos da arborização urbana no conforto térmico e bem-estar humano. Este método permite orientar gestores a qualificarem de modo adequado o espaço urbano. O fluxograma a seguir apresenta as etapas desse método.

PROPOSTA DE MÉTODO DESENVOLVIDO NESTA PESQUISA

AS CAIXAS BRANCAS CORRESPONDEM AOS PRODUTOS RESULTANTES DESTA PESQUISA

Nos tempos de alta tecnologia, excesso de trabalho e ritmo acelerado, sintomas de estresse são frequentes em população de grandes centros urbanos. Nesse contexto, as plantas interferem de forma direta no comportamento humano.

Uma reflexão sobre respostas fisiológicas, psicológicas e sociais das pessoas em relação à vegetação no meio urbano consiste, portanto, em importante ferramenta para que se possa melhorar a qualidade de vida dos habitantes de uma cidade.

Os resultados empíricos desta pesquisa destacam a importância de áreas verdes inseridas nas cidades, corroborando outros estudos realizados sobre os efeitos da arborização urbana no conforto e na saúde humana. A importância desta linha de pesquisa justifica-se por viabilizar estudos com propostas de intervenções no tecido urbano a partir de metas específicas de conforto térmico humano.

APÊNDICES

Apêndice A

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Laboratório de Silvicultura Urbana

Questionário referente ao conforto térmico dos usuários entrevistados na cidade de Campinas/SP

Nome do entrevistado: **Grau de escolaridade:** fundamental (c) (i), médio (c) (i), superior (c) (i), pós graduação (c) (i)

Local da entrevista:

CÉU:limpo/parcialmente coberto/nublado SOL ou SOMBRA	DATA	HORA	IDADE	ALTURA/PESO	GENERO
VESTIMENTA/CALÇADO					
ATIVIDADE					
TEMPERATURA MAX/ MIN	UMIDADE MAX/MIN	RELATIVA	VEL. VENTO MAX/MIN		

QUAL SUA SENSÇÃO TÉRMICA NESTE MOMENTO

0 _____ 10

NADA CONFORTÁVEL

MUITO CONFORTÁVEL

COMO PREFERIA QUE ESTIVESSE?

Apêndice B

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Laboratório de Silvicultura Urbana

Percepção dos usuários da cidade de Campinas/SP
Ficha de entrevista

Endereço: _____

Data: _____ / _____ / 2014

PARTE 1.

1. O que mais te atrai neste local?

() comércio () edifícios () árvores () ruas () vida social () tráfego () outros

2. Ao caminhar por uma rua com árvores neste local durante o dia, as árvores te fazem se sentir:

() seguro () inseguro () agradável () desagradável () confortável () desconfortável () outros

3. Se você pudesse, o que mudaria, melhoraria neste local? Enumere em grau de importância as alternativas selecionadas, sendo 1 o mais importante.

() calçadas () pavimentação () arborização () segurança () iluminação () drenagem de água / esgoto () limpeza () acessibilidade () transporte () trânsito () outro

4. Você prefere esse local :

op 1- com árvores- por quê?

op.2-sem árvores- por quê?

5. Na sua opinião, considerando o tempo que você convive neste bairro, a quantidade de árvores...

() aumentou muito () aumentou () continua a mesma () diminuiu () diminuiu muito () não sei

6. Aponte aspectos positivos e negativos das árvores na cidade.

(+)

(-)

7. Árvores na calçada:

é muito bom	é bom	nem bom nem ruim	é ruim	é muito ruim	não sei
-------------	-------	---------------------	--------	--------------	---------

por quê?

9. As árvores sujam a calçada

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	Concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

10. Há perigo de acidente com queda de galhos, frutos, árvores.

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

11. As raízes estragam a calçada

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

12. As árvores oferecem risco à rede elétrica

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

13. As árvores ajudam a refrescar o ambiente.

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

14. As árvores embelezam a cidade

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

15. Me sinto mais calmo e relaxado ao caminhar por ruas arborizadas.

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

16. Estou satisfeito com a quantidade de árvores neste local.

discordo plenamente	discordo	não concordo nem discordo	concordo	concordo plenamente	não sei
------------------------	----------	------------------------------	----------	------------------------	---------

17. Você tem árvore em frente a sua casa? (rel. com 4 e 7)

() Sim () Não . Gostaria que tivesse?

PARTE 2. Caracterização do entrevistado(a):

2.1. Gênero: () Masculino () Feminino

2.2. Faixa etária:

() 18 -24 anos () 25 - 34 anos () 35 - 44 anos

() 45 - 54 anos () 55 - 64 anos () 65 - 74 anos

() 75 anos ou mais

2.3. Grau de escolaridade:

() Analfabeto () Médio incompleto () Superior completo

() Fundamental incompleto () Médio completo () Pós graduação

() Fundamental completo () Superior incompleto

Mora em Campinas? _____ Há quanto tempo?

Observações

Apêndice C

Universidade de São Paulo

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Laboratório de Silvicultura Urbana

Percepção dos usuários da cidade de Campinas/SP em relação a arborização urbana

Ficha de entrevista

Local: _____

Data: ____ / ____ / 2013

Perguntas feitas ao entrevistado observando o ambiente real:

1. Como é este local para caminhar em relação a segurança ?

Totalmente segura	7	6	5	4	3	2	1	Totalmente insegura
--------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------------

2. Como é este local para caminhar em relação ao conforto ?

Totalmente confortável	7	6	5	4	3	2	1	Totalmente desconfortável
-------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------------------

Perguntas feitas ao entrevistado observando a foto do ambiente:

1. Como é este local para caminhar em relação a segurança ?

Totalmente segura	7	6	5	4	3	2	1	Totalmente insegura
--------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------------

2. Como é este local para caminhar em relação ao conforto ?

Totalmente confortável	7	6	5	4	3	2	1	Totalmente desconfortável
-------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------------------

ANEXOS

Anexo A

certificados de calibração

Instrumentos de Medição

Rua Antonio Zingra, 151 - Jd. Chapadão
CEP: 13070-192 - Campinas - SP
FONE/FAX: (19) 3243-5972 / 3213-6404
Esc. Comercial SP: (11) 5686-1999
www.instrucamp.com.br
vendas@instrucamp.com.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 33149/12

Fl.: 01/02

Cliente: **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz, s/nº - Barão Geraldo - CEP: 13083-970 - Campinas - SP

Instrumento: Registrador de temperatura

Fabricante: Testo

Modelo: 175-T2

Número de Série: -

Cód. Cliente: ERC 3996

Número do Instrumento: 24514

Faixa de Indicação: -35 a 70 °C (int.) / -40 a 120 °C (ext.)

Faixa Calibrada: 0 a 60 °C (int.)

Resolução: 0,1 °C

Procedimento utilizado: A calibração foi realizada conforme o Procedimento Instrucamp PO-07.03 (Revisão 3 - Maio/10). Foram realizadas três leituras não sucessivas para cada ponto selecionado.

Rastreabilidade dos padrões utilizados:

Descrição	Fab.	Modelo	Identificação	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Termômetro digital	Testo	720	4400	LV 25409/11	06/10/12	RBC / Visomes

Condições ambientais:

Temperatura ambiente: $(22,0 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Umidade relativa do ar: $(66,0 \pm 10) \% \text{UR}$

TÉCNICO DO LAB.

John Costa Mendes

GERENTE TÉCNICO

Ennio Flavio Soares Lima

DATA DA EMISSÃO: 17/07/12

DATA DA CALIBRAÇÃO: 17/07/12

PRÓXIMA CALIBRAÇÃO: ____/____/____
(Campo preenchido pelo cliente)

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, e sem nenhuma alteração.

Instrumentos de Medição

Rua Antonio Zingra, 151 - Jd. Chapadão
 CEP: 13070-192 - Campinas - SP
 FONE/FAX: (19) 3243-5972 / 3213-6404
 Esc. Comercial SP: (11) 5686-1999
 www.instrucamp.com.br
 vendas@instrucamp.com.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 33149/12

Fl.: 02/02

Resultados da Calibração

Instrumento	Valor do Padrão (°C)	Resultado da Medição			
		Erro (°C)	Incerteza ($\pm$ °C)	k	veff
0,0	-0,3	0,3	0,29	2,00	∞
30,0	30,0	0	0,29	2,00	∞
60,0	60,0	0	0,29	2,00	∞

- VALOR INDICADO: valor ajustado no instrumento sob calibração, para cada ponto;
- VALOR DO PADRÃO: média aritmética das leituras realizadas no padrão, para cada ponto;
- ERRO: diferença entre a indicação do instrumento sob calibração e o valor do padrão;
- INCERTEZA DE MEDIÇÃO: incerteza expandida de medição avaliada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com v_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %.

TÉCNICO DO LAB.

John Costa Mendes

GERENTE TÉCNICO

Ennio Flavio Soares Lima

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, e sem nenhuma alteração.

INSTRUCAMP

Instrumentos de Medição

Rua Antonio Zingra, 151 - Jd. Chapadão
 CEP: 13070-192 - Campinas - SP
 FONE/FAX: (19) 3243-5972 / 3213-6404
 Esc. Comercial SP: (11) 5686-1999
 www.instrucamp.com.br
 vendas@instrucamp.com.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 33150/12

Fl.: 01/02

Cliente: **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz, s/nº - Barão Geraldo - CEP: 13083-970 - Campinas - SP

Instrumento: Registrador de temperatura e umidade

Fabricante: Testo

Modelo: 175-H1

Número de Série: -

Cód. Cliente: ERC 33987

Número do Instrumento: 24527

Faixa de Indicação: -10 a 50 °C / 0 a 100 %UR

Resolução: 0,1 °C / 0,1 %UR

Procedimento utilizado: A calibração foi realizada conforme o Procedimento Instrucamp
 PO-07.04 (Revisão 4 - Maio/10).

Rastreabilidade dos padrões utilizados:

Descrição	Fab.	Modelo	Identificação	Certificado	Validade	Rastreabilidade
Termohigrômetro digital	Testo	650	4281	LV 14347/12	07/05/13	RBC / Visomes

Condições ambientais:Temperatura ambiente: $(22,0 \pm 5) ^\circ\text{C}$ Umidade relativa do ar: $(60,0 \pm 10) \% \text{UR}$

TÉCNICO DO LAB.

John Costa Mendes

GERENTE TÉCNICO

Ennio Flavio Soares Lima

DATA DA EMISSÃO: 17/07/12

DATA DA CALIBRAÇÃO: 17/07/12

PRÓXIMA CALIBRAÇÃO: ____/____/____
 (Campo preenchido pelo cliente)

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, e sem nenhuma alteração.

INSTRUCAMP

Instrumentos de Medição

Rua Antonio Zingra, 151 - Jd. Chapadão
 CEP: 13070-192 - Campinas - SP
 FONE/FAX: (19) 3243-5972 / 3213-6404
 Esc. Comercial SP: (11) 5686-1999
 www.instrucamp.com.br
 vendas@instrucamp.com.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 33150/12

Fl.: 02/02

Resultados da Calibração**Umidade Relativa**

Temperatura de Referência	Instrumento Valor Indicado (%UR)	Valor do Padrão (%UR)	Resultado da Medição			
			Erro (%UR)	Incerteza ($\pm$ %UR)	k	veff
25,0	43,7	40,2	3,5	1,20	2,00	∞
25,0	66,9	60,5	6,4	1,50	2,00	∞
25,0	87,4	79,7	7,7	1,90	2,00	∞

- TEMPERATURA DE REFERÊNCIA: os valores de temperatura apresentados estão em conformidade com a Escala Internacional de temperatura de 1990;
- VALOR INDICADO: média aritmética das leituras realizadas no instrumento sob calibração, para cada ponto;
- VALOR DO PADRÃO: média aritmética das leituras realizadas no padrão, para cada ponto;
- ERRO: diferença entre a indicação do instrumento sob calibração e o valor do padrão;
- INCERTEZA DE MEDIÇÃO: incerteza expandida de medição avaliada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com $veff$ graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %.

TÉCNICO DO LAB.

John Costa Mendes

GERENTE TÉCNICO

Ennio Flavio Soares Lima

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, e sem nenhuma alteração.

Anexo B

Autorização do comitê de ética

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

Av. Pádua Dias, 11 • Caixa Postal 9 • Cep. 13418-900 • Piracicaba, SP - Brasil
Fone (19) 3429-4100 • Fax (19) 3428-0929
<http://www.esalq.usp.br>

COET/0149

Piracicaba, 24 de setembro de 2012

Ilma. Sra.

Msc. Lcia Yamaguchi Dobbert

Prezada Pesquisadora:

Comunico que o Projeto de Pesquisa, com o Protocolo nº 105, intitulado "ÁREAS VERDES E O CONFORTO NO ESPAÇO URBANO", foi aprovado pelo Comitê de Ética da ESALQ, em 24 de setembro de 2012.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Ernani Porto
Coordenador do CEP/ESALQ

" O conhecimento prazeroso é aquele que nos abre as janelas do mundo. Como se a gente estivesse viajando, e fosse vendo árvores, riachos, campos, vacas, cavalos, pássaros, casas, caminhos, nuvens...Conhecimento prazeroso é aquele que coloca diante de nós os cenários do mundo, que vão dos ovos num ninho de beija-flor até as galáxias a milhões de anos-luz de distância. Diante dos cenários que o conhecimento nos abre, os olhos e a alma ficam abobalhados de assombro."

Rubem Alves