

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

LARISSA PIVETTA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS LIVRES
PÚBLICOS:**

Estudo de caso no entorno de praças do município de Londrina, Paraná

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2014

LARISSA PIVETTA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS LIVRES
PÚBLICOS:**

Estudo de caso no entorno de praças do município de Londrina, Paraná

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia C. Lobo Faria
Co-orientador: Prof. Dr. Aulus R. Romão Bineli

LONDRINA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS: Estudo de caso no entorno de praças no município de Londrina, Paraná

por

LARISSA PIVETTA FERNANDES

Trabalho de conclusão de curso apresentado no dia 19 de fevereiro de 2014 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Marcelo Eduardo F. Stipp

(UTFPR)

Prof. Dr. Marcelo Hidemassa Anami

(UTFPR)

Profa. Dra. Patrícia C. Lobo Faria

(UTFPR)

Orientadora

Profa. Dra. Joseane Débora Peruço Theodoro

Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

A Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda força oferecida para vencer mais essa etapa da minha vida.

É com muita satisfação que agradeço a todos que se envolveram na execução de mais essa etapa da minha formação acadêmica. Desde já, peço desculpas se esquecer de algum nome que tenha contribuído na execução desse trabalho, mas agradeço muito a todos pela colaboração.

Agradecimentos à Profa. Dra. Patrícia C. Lobo Faria pela confiança, oportunidade e por todos os momentos de aprendizado e orientação deste trabalho.

Da mesma forma, agradeço carinhosamente ao Prof. Dr. Aulus R. Romão Bineli pela sua co-orientação neste trabalho, e por sua disposição nesse tempo em que desenvolvemos este.

Ainda, agradeço ao Prof. Dr. Admir Créso de Lima Targino pela colaboração na realização do presente trabalho, pelo empréstimo dos equipamentos adquiridos via Fundação Araucária (convênio 470/2010); CNPq (convênio 555768/2010-4) e EMBRAPA Soja (empréstimo) e, também, pelo tempo destinado ao planejamento e análise inicial dos dados.

Agradeço ao Laboratório de Eventos Atmosféricos Extremos da UTFPR, que mediante Edital MCT/CNPq FNDCT N° 05/2010 - Processo 555768/2010-4, pode fornecer os dados sobre velocidade do vento, junto à estação meteorológica.

Agradeço ao Sr. Alexandre Hilário pela autorização para instalação dos equipamentos nas dependências da Igreja Presbiteriana Central. Da mesma forma agradeço ao Sr. Antonio L. Sokoloski pela permissão de instalação dos equipamentos nos postes ornamentais. Agradecimentos também ao Sr. Marcos Telles pela concessão na alocação dos equipamentos nos postes da COPEL.

Agradecimentos ao Corpo de Bombeiros de Londrina, em especial ao Capitão Rodrigo Nakamura, ao Sargento Rivelino S. Vicente e ao Soldado Leandro Dri Manfiolete por toda atenção e contribuição na colocação e retirada dos equipamentos para a execução deste trabalho.

À Prof. Dra. Joseane D. Peruco Theodoro, ao Prof. Dr. Marcelo H. Anami e ao Prof. Dr. Marcelo E. Freres Stipp pelas observações pertinentes e sugestões à melhoria deste trabalho.

Agradeço a minha família, que sempre me apoiou e me manteve firme nos momentos difíceis dessa etapa da minha vida.

Sou grata a todos os meus queridos amigos que, de alguma forma, estiveram envolvidos na execução do presente trabalho e, além disso, que compartilharam comigo vários momentos especiais nesse período acadêmico, tanto dentro como fora da Universidade, sempre me mantendo firme e segura para conseguir terminar a graduação de maneira honrosa. Dessa forma, é com muito carinho que agradeço, em especial ao: Bruno, M. Vendovatte, à Carolyne B. Machado, à Gabriela F. Silva, ao Guilherme C. Coraiola, à Larissa D. Melo, ao Lucas M. Chernev, ao Vinícius Yugi.

Gostaria de agradecer também ao Paulo Bressan por todo carinho, compreensão e companheirismo em toda essa jornada.

Por fim, agradeço a todos pela colaboração direta ou indiretamente na conclusão de mais esta etapa dessa longa jornada acadêmica.

Muito obrigada!

“Assim como a casca de uma árvore protege contra danos a fina camada de tecido vivo da árvore, a vida na Terra é circundada pela camada protetora da atmosfera... Nem a atmosfera acima de nós nem as rochas abaixo de nós são vivas, mas têm sido, ambas, modeladas e transformadas consideravelmente pelos organismos vivos, assim como a casca e a madeira da árvore. Tanto o espaço exterior como o interior da Terra fazem parte do meio ambiente da Terra.”

(CAPRA, Fritjof, 1996).

RESUMO

FERNANDES, Larissa Pivetta. Compartilhamento da informação e do conhecimento em bibliotecas especializadas. 2014. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

Nos últimos tempos tem aumentado a preocupação da população no que diz respeito ao meio ambiente urbano e à qualidade de vida dos cidadãos. A arborização é imprescindível em qualquer planejamento urbano e tem funções significativas. Tendo em vista a importância da arborização na qualidade de vida nas cidades, o presente estudo pretendeu investigar a maneira como a vegetação urbana influencia o microclima da cidade e relacioná-la com índices de conforto térmico. A pesquisa foi realizada em uma região na interface dos jardins Dom Bosco e Quebec na cidade de Londrina (PR), que abriga duas praças, uma bem arborizada e outra menos arborizada, interligadas por arborização viária irregular. Foram realizadas medições contínuas de temperatura e umidade relativa do ar através de 16 sensores modelo HOBO –U23 durante o período de 03 de setembro a 03 de outubro de 2013. A partir desses valores foram calculados o Índice de Desconforto de Kawamura (DI_K) e o índice de Temperatura Efetiva (ET_V) nas imediações dos sensores. Além disso, realizou-se um levantamento de todas as árvores presentes na área de estudo e medições da porcentagem de cobertura da copa de indivíduos adjacentes aos sensores. Os resultados indicaram que a Praça Horace Wells, a praça com uma maior densidade e riqueza de espécies arbóreas chegou a estar $8,7^{\circ}\text{C}$ mais fria que a Praça dos Bandeirantes. Além disso, foi possível avaliar que entre os sensores dispostos na rua, o sensor que estava sob influência do “túnel de árvores” se encontrou até 8°C mais frio em comparação ao sensor sem influência de árvores adjacentes. O índice de desconforto DI_K confirmou a maior frequência de conforto térmico nos locais com uma maior arborização. Já para o índice ET_V essas diferenças não foram tão significativas. Os resultados reforçam a necessidade de um planejamento efetivo da arborização visando atingir tanto a obtenção de condições mais confortáveis à sombra das copas das árvores, quanto a beleza estética e outras funções que as árvores podem nos proporcionar sobre a sensação térmica no entorno imediato no período de verão do que no inverno, com condições mais confortáveis encontradas à sombra da copa da árvore.

Palavras-chave: Conforto-térmico. Arborização. Praças.

ABSTRACT

FERNANDES, Larissa Pivetta. Information and knowledge sharing in special libraries. 2014. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

Lately, has increased the concern of the population about the urban environment and citizen's quality of life. The afforestation is essential in any urban planning and has significant functions. Considering the importance of afforestation in the quality of life in cities, the present study aimed to investigate how urban vegetation influences the microclimate of the city and relate it to the thermal comfort rates. The research was performed in a region at the interface of Don Bosco and Quebec neighborhoods in Londrina (PR), where each one have a square, one well wooded and the other not so much. The street which interconnect them has an planting irregular as so tunnel of trees. Continuous measurements of temperature and air relative humidity were performed using 16 sensors model HOBO-U23, from 03 September to 3 October 2013. From these values, calculations of thermal comfort rates were performed in the surroundings of the sensors according DI_K and ET_V . Furthermore, was carried out a survey of all the trees in the studied area and measurements of their canopy cover percentage were done in the trees that were close to the sensors. The results indicated that Horace Wells Square, had the best density and species richness of trees and was able to be $8,7^{\circ}\text{C}$ colder than Bandeirantes Square. Moreover, it was possible to evaluate that between the sensors on the street, the one that was under the influence of the tunnel of trees was up to 8°C colder then the sensor without influence of surrounding trees. The discomfort rate DI_K confirmed the higher frequency of thermal comfort in sites with greater afforestation. For the ET_V rate weren't so significant. The results reinforced the need for effective planning of afforestation aiming towards getting both more comfortable conditions in the shadow of the tree canopy, as the aesthetic beauty and other functions that trees can provide.

Keywords: Comfort-thermal. Afforestation. Squares.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Expansão demográfica na cidade de Londrina (PR) no período de 1940 a 2010 ..	17
Figura 2 – Áreas verdes na cidade de Londrina (PR).....	21
Figura 3 – Esquema detalhado do processo de emissão e absorção de energia pela terra com valores referentes à dezembro de 1996	23
Figura 4 – Localização de Londrina no estado do Paraná e da área de estudo	26
Figura 5 –Variação de parâmetros climáticos para o município de Londrina (1976 – 2008)..	27
Figura 6 – Localização dos trechos estudados, na interface dos jardins Dom Bosco e Quebec, em Londrina-PR. 1:Praça Horace Wells;2:Praça dos Bandeirantes;3: Rua Jonathas Serrano; IPC: Igreja Presbiteriana Central.....	28
Figura 7 – Ilustração da localização dos 16 pontos de medição e das três áreas de estudo. A1: Praça Horace Wells; A2: Praça dos Bandeirantes; A3: Rua Jonathas Serrano	29
Figura 8 – Densiómetro esférico para quantificar a cobertura da copa de árvores em áreas livres, Londrina,PR.....	31
Figura 9 – Ilustração do sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar.....	32
Figura 10 – Foto panorâmica da Praça Horace Wells.....	34
Figura 11 – Foto panorâmica da Praça dos Bandeirantes.....	36
Figura 12 – Foto do túnel de árvores na Rua Jonathas Serrano.....	36
Figura 13 – Comportamento das médias de temperatura do ar nos 16 sensores na área de estudo no período de 03 a 23/09/2013.Os valores indicam média ± desvio padrão.....	41
Figura 14 – Fachada do edifício localizado em frente à praça Horace Wells e do poste ornamental que sustentou o sensor 1	41
Figura 15 – Comportamento da umidade média relativa do ar nos 16 pontos na área de estudo no período de 03 a 23/09/2013	43
Figura 16 – Perfil térmico nos 16 sensores para o período de 03/09 a 23/09/2013	43
Figura 17 –Perfil da umidade relativa do ar (UR%) nos 16 sensores durante o período de 03/09 a 23/09/2013.	44
Figura 18 – Vista geral da copa do Flamboyant no início e no final do monitoramento. a: em 05/09/2013; b: em 10/10/2013.....	44
Figura 19 – Categorização dos índices de conforto térmico DI_k (a) e ET_v (b) dos pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 1: Exposto ao Sol do meio dia solar; Ponto 2: Sombreado.....	45
Figura 20 – Comportamento do índice de desconforto térmico DI_k dos pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	46
Figura 21 – Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_v dos Pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	46
Figura 22 –Comportamento da temperatura do ar nos pontos 1 e 2 localizados na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	47
Figura 23 – Comportamento dos índices de desconforto térmico DI_k dos pontos 5 ,9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	48
Figura 24 – Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_v dos Pontos 5 , 9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	48
Figura 25 – Categorização dos índices de conforto térmico DI_k (a) e ET_v (b) dos pontos 5, 9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 5: Exposto ao Sol longe do “túnel”, Ponto 9: Sombreado pelo “túnel”; Ponto 10: Exposto ao sol próximo ao “túnel”	49

Figura 26 – Comportamento da temperatura do ar nos Pontos 5, 9 e 10 localizados na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.....	50
Figura 27 – Comportamento da temperatura do ar nos pontos 14 e 16 localizados na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.....	50
Figura 28 – Comportamento dos índices de desconforto térmico DI_k dos pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.....	51
Figura 29 – Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_v dos Pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.....	51
Figura 30 – Categorização dos índices de conforto térmico DI_k (a) e ET_v (b) dos pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 14: Exposto ao Sol; Ponto 16: Sombreado	52
Figura 31 – Frequência de ocorrência para intervalos da diferença de temperatura entre os Pontos 14 (a), 15 (b) e 16 (c) em relação ao Ponto 1, durante o período de 03/09 a 23/09/2013	54
Figura 32 – Frequência de ocorrência para intervalos da diferença de temperatura entre os pontos 5 e 9(a) e 9 e 1 (b) durante o período de 03/09 a 23/09/2013	55
Quadro 1 – Valores do índice de desconforto de Kawamura (DI_k) calculados para temperatura em escala Celsius	33
Quadro 2 – Valores do índice de Temperatura Efetiva (ET_v) calculados para temperatura em escala Celsius	33
Quadro 3 – Principais eventos meteorológicos ocorridos de 03/09 a 3/10 de 2013 no Paran	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos 16 pontos de medição na área de estudo com suas respectivas altitude, coordenadas geográficas, alturas de instalação, condição de exposição ao Sol e características de cada ponto.	30
Tabela 2 – Relação das espécies amostradas na área de estudo e suas respectivas abundâncias e localização.	35
Tabela 3 – Relação das espécies amostradas no entorno dos sensores, periodicidade das folhas e porcentagem de cobertura de copa.	37
Tabela 4 – Caracterização do tempo, precipitação, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar e velocidade do vento durante o período de 03/09 a 03/10/2013 na cidade de Londrina-PR.	39
Tabela 5 – Dados de temperatura do ar (mínima, máxima, média e desvio padrão) da nos 16 pontos até o dia 23/09 e até o dia 03/10/2013.	40
Tabela 6 – Variação das medidas de umidade relativa do ar em 16 sensores localizados na área de estudo.	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
4. METODOLOGIA	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO	26
4.2 COLETA DE DADOS	27
4.2.1 Caracterização das plantas.....	29
4.2.2 Parâmetros meteorológicos	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PLANTAS	34
5.1.1 <i>Identificação das espécies</i>	34
5.1.2 <i>Porcentagem de cobertura da copa</i>	36
5.2 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	38
5.2.1 <i>Temperatura e Umidade relativa do ar</i>	38
5.2.2 <i>Índices de conforto térmico</i>	45
6. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O árduo desafio das grandes cidades é promover o desenvolvimento urbano que possibilite a geração de riqueza, qualidade de vida e qualidade ambiental para seus vigentes e futuros habitantes. Esse é um dos preceitos do Desenvolvimento Sustentável, que tem o meio ambiente como ponto comum e de equilíbrio entre o progresso e a tecnologia, na escala onde a vida acontece: o espaço urbano (ARAUJO; CARAM, 2006, p.1).

O ser humano ao se inserir em um local o modifica de acordo com suas necessidades, gerando ambientes prejudiciais que podem chegar a ser inóspitos para o convívio social (CIDIM; SILVA, 2002, p.2). Com a rápida e crescente urbanização e ocupação irregular do solo nos últimos tempos, um planejamento eficaz, inclusive da arborização urbana tem sido negligenciado, ocasionando, desta forma, sérios danos ambientais, como por exemplo, a impermeabilização do solo como fator desencadeador das inundações (PIVETTA; FILHO, 2002, p.1; MELO; PIACENTINI, 2011, p.340).

Muitos autores destacam que a arborização é fundamental nas áreas urbanizadas, pois promove estabilização climática, embelezamento, fornece áreas para o lazer em bosques e praças, além do bem estar psicológico que decorre do prazer da contemplação. Não obstante a isso, sua disposição e constituição precisam ser previstas no plano diretor e/ou em um projeto de arborização para que se possa usufruir ao máximo do seu potencial, minimizando possíveis conflitos com os bens públicos, como a fiação elétrica, postes, placas, etc (PIVETTA; FILHO, 2002, p.2; NICODEMO; PRIMAVESI, 2009, p.9).

Mendonça (1994, p.57), em seu estudo sobre o clima urbano na cidade de Londrina, concluiu que o avanço da agricultura e o desenvolvimento desordenado da cidade foram fatores responsáveis pela promoção de intenso desconforto térmico quantificados em trechos da área urbana, já no início da década de 1990.

Essa desordenada expansão urbana da cidade, perceptível com o surgimento da região metropolitana de Londrina, assim como a erradicação da vegetação nativa resultaram em um aumento de temperatura do ar na região central (mais urbanizada) em comparação à região periférica ou suburbana (MENDONÇA, 1994, p.265; TARGINO; KRECL; CORAIOLA, 2013, p.3).

Londrina é considerada uma cidade de médio porte com uma população urbana de 493.520 habitantes (IBGE 2010). Segundo Polidoro, Lollo e Barros (2011, p.79), a cidade possui poucas áreas verdes urbanas, apenas 16% da cidade (aproximadamente 3,64Km²) que

estão dispersos por toda a cidade, como praças, resquícios de fundo de vale, ou pequenos bosques urbanos.

Nesse contexto, torna-se imprescindível o planejamento de uma arborização urbana eficiente, assim como a implantação e/ou manutenção dos espaços verdes com o objetivo de proporcionar o conforto térmico aos habitantes, que buscam nesses ambientes atividades de lazer e socialização.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais deste trabalho foram avaliar o conforto térmico em espaços livres públicos e o efeito da vegetação urbana na sua promoção, além de gerar subsídios que possam influenciar a formulação de políticas públicas para a arborização urbana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Foram objetivos específicos do presente trabalho:

- Monitorar a temperatura e umidade do ar *in situ* em trechos sob influência da arborização de praças e calçamento na cidade de Londrina (PR), durante o final do inverno e início da primavera;
- Correlacionar fatores meteorológicos com os elementos arbóreos da estrutura urbana nos referidos bairros;
- Realizar um levantamento das espécies arbóreas utilizadas na arborização nos locais de estudo;
- Avaliar a porcentagem de cobertura da copa dos indivíduos arbóreos próximos ao sensores.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 URBANIZAÇÃO

O fenômeno da urbanização vem crescendo globalmente. De acordo com a previsão da Organização das Nações Unidas (ONU, 2011), até 2030 em todo o mundo pessoas deixarão as zonas rurais. Estas previsões são válidas até mesmo para a África e Ásia, que atualmente são os continentes menos urbanizados. Prevê-se que os maiores crescimentos serão nos países em desenvolvimento onde as populações irão dobrar: de 2,5 bilhões em 2010 para cerca de 5 bilhões em 2050.

Junto com o crescimento da urbanização, ocorrem modificações advindas do processo de expansão populacional e urbana. Tais alterações trazem impactos ao meio ambiente e se tornam mais intensas pelas constantes transformações do espaço, levando a um desequilíbrio da natureza e das interações atmosfera-Terra. Esse novo ambiente gerado e constantemente alterado pelas distintas formas de ocupação do solo leva ao aparecimento de microclimas. Esses desequilíbrios meteorológicos são provocados de maneira geral por mudanças na permeabilidade do solo, poluição atmosférica, pelo aumento do número de edificações e pavimentações com seus materiais de potencial armazenamento de calor, especialmente, pela diminuição da vegetação (FEITOSA, 2010, p.16).

Frazer (2005, p.458) afirmou que no momento em que a vegetação, que promove umidade para a evapotranspiração e resfriamento dos ambientes é retirada e substituída por superfícies impermeáveis, riscos de enchentes aumentam, por exemplo. Este problema pode ser confirmado ao concluir que um acre pavimentado apresenta escoamento superficial de cerca de 10 a 20 vezes maior em relação ao escoamento de um acre ($4.046,86\text{m}^2$) de solo coberto por grama.

Segundo Caporusso e Matias (2008, p.71) o rápido crescimento e a carência de políticas eficazes de ordenação do desenvolvimento das cidades estão relacionados, na maioria das vezes, às inúmeras consequências da urbanização.

Fundada em 1934, por colonizadores ingleses, Londrina está localizada ao sul do Brasil, na região centro-norte do Paraná. A cidade possui uma posição geoeconômica estratégica, tanto no âmbito demográfico, geográfico quanto no âmbito de circulação de estradas regionais, estaduais ou interestaduais (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011, p.76).

Projetada para acomodar apenas 20 mil habitantes em uma área de 4 km², a área urbana londrinense se expandiu de forma rápida nas décadas de 60 e 70, principalmente em decorrência do desenvolvimento do café na região, levando ao crescimento do comércio e chegando ao final do século XX e começo do XXI com uma área total de 105,43km² e uma população de aproximadamente 450.000 habitantes (IBGE,2000). A expansão de cerca de 26 vezes proporcionou à cidade um alto nível de desenvolvimento econômico, tornando-a uma das principais cidades do país (CASARIL, 2009, p.91). A expansão demográfica londrinense no período de 1940 a 2010 mostra a natureza urbana se sobrepondo à rural (Figura 1).

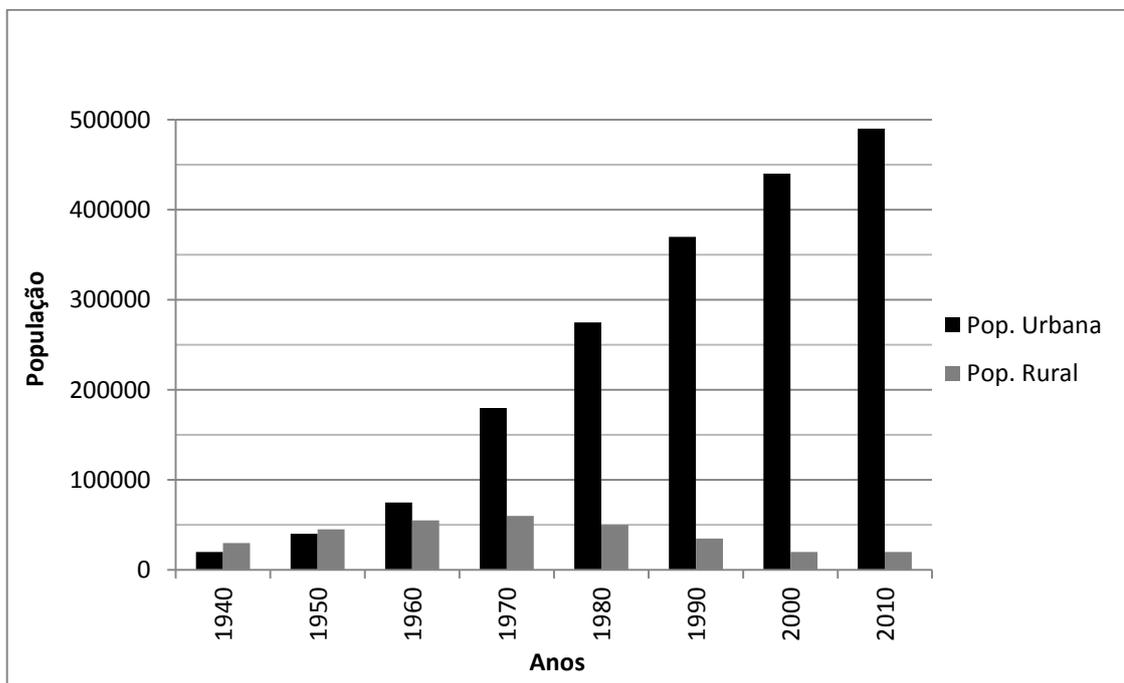


Figura 1- Expansão demográfica na cidade de Londrina (PR) no período de 1940 a 2010.

Fonte: Autoria própria (dados obtidos em: IBGE; Prefeitura de Londrina).

De acordo com Mendonça (1994, p.268), Londrina, ainda em 1994, não possuía um plano diretor de desenvolvimento urbano, apenas havia planos elaborados para o desenvolvimento urbano, antecedentes à Constituição de 1988, os quais relacionavam-se à expansão da cidade e ao zoneamento urbano. Ainda, segundo o autor, a forte especulação fundiária no âmbito do município gerou uma intensa verticalização da malha urbana na região central e um grande número de espaços vazios nas áreas periféricas com uma área rural circunvizinha, ausente de formações vegetais de porte arbustivo ou arbóreo.

Vários autores afirmam que nas cidades, devido à urbanização, caracterizada pelo grande número de superfícies impermeabilizadas, verticalização, asfalto, superfícies acumuladoras e refletoras de calor, além da poluição e da alta concentração de população, a

utilização de árvores de médio e grande porte é imprescindível para a mitigação da amplitude térmica e melhorar as condições microclimáticas urbanas e, conseqüentemente, o social. Os arbustos e árvores de pequeno porte, ao contrário, pelas próprias características intrínsecas destas espécies, não garantem os mesmos efeitos propiciados pelas árvores (GOMES; AMORIM, 2003, p. 103; JUNIOR; LIMA, 2007, p. 53).

Desse modo, a vegetação nas cidades se tornou imprescindível para a manutenção de centros urbanos, pois além de melhorias sociais, ecológicas e de redução da poluição atmosférica e sonora, se trata de um importante componente de regulação térmica urbana (MILANO; DALCIN, 2000, p. 38; PIVETTA; FILHO, 2002, p.2).

3.2 VEGETAÇÃO URBANA

Magalhães (2006, p. 24) procurou sintetizar a abordagem conceitual relacionada ao conjunto da vegetação arbórea de uma cidade. Segundo ele, o termo “floresta urbana” foi proposto no Canadá, em 1970, para abrigar “conjunto de todas as árvores da cidade, presentes nas ruas, bacias hidrográficas, áreas de recreação, suas interfaces e áreas de influência”.

Já, Caporusso e Matias (2008, p.4) comentaram que o termo mais utilizado para referência à vegetação urbana é “áreas verdes”. Este, no plano diretor de arborização de Londrina agrega a esse conceito a presença de grandes áreas verdes permeáveis (além da cobertura vegetal). Assim, várias terminologias têm sido utilizadas no âmbito científico em referência à vegetação presente na malha urbana, no entanto, pode-se dizer que cada termo possui um significado distinto do outro enfatizando diferentes componentes aliados aos elementos arbóreos.

O uso do termo “áreas verdes” engloba espaços livres públicos ou privados revestidos de vegetação natural ou inserida, que têm o papel de lazer, como por exemplo, praças e parques públicos (ABREU; OLIVEIRA, 2004, p.1; ANDRADE, 2004, p.27). Já, o termo “espaços livres”, aborda uma definição mais abrangente, pois inclui ainda as águas superficiais, fazendo de toda área verde um espaço livre. Estes são definidos como locais ocupados por vegetação destinados à proteção ambiental e lazer ativo e também contemplativo (CAVALHEIRO; DEL PICCHIA, 1992, p.31).

De maneira genérica, o termo “arborização urbana” refere-se “aos elementos vegetais de porte arbóreo, tais como árvores e outras e, nesse enfoque, as árvores plantadas em

calçadas fazem parte da arborização urbana, porém, não integram o Sistema de Áreas Verdes” (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Na atualidade, o conceito de “arborização urbana” se tornou amplo e, como ciência, passou a ser denominado de “silvicultura urbana” que tem como propósito o cultivo e manejo de árvores para proporcionarem o bem estar fisiológico sociológico e econômico da população (KUCHELMEISTER; BRAATZ, 1993, p. 3; RACHID, 1999, p.60).

Um estudo epidemiológico realizado na Holanda mostrou que residentes de bairros com abundância de áreas verdes apresentam, geralmente, melhor saúde. Além disso, demonstrou que uma redução de 10% das áreas verdes representa uma diminuição de 5 anos na expectativa de vida da população. Essa relação foi mais aparente entre moradores idosos, donas de casa e pessoas de grupos socioeconômicos mais modestos (VRIES et al., 2003, p.1723).

As áreas verdes, em especial as que possuem espécies nativas, podem funcionar como corredores ecológicos para remanescentes florestais das regiões rurais e periféricas que contornam as cidades. As árvores urbanas cedem alimento para a avifauna e insetos, proporcionando o desenvolvimento de uma fauna mais rica, importante para a manutenção da biodiversidade dos ecossistemas naturais e até mesmo urbano (MATOS; QUEIROZ, 2009, p. 20).

Ainda que bem conhecidos os benefícios na utilização da arborização na mitigação dos impactos negativos causados pela urbanização é necessário um conhecimento das características do ambiente urbano e conhecimento das espécies mais indicadas para cada situação, caso contrário seu uso pode levar a danos a usuários e empresas prestadoras de serviço de energia, telefonia e esgoto (DANTAS; SOUZA, 2004, p.5).

Além disso, a recomendação da implantação de determinada espécie de árvore deve estar relacionada ao uso do ambiente. Como exemplo, se o ambiente se trata de uma praça, bosque ou parque, deverá ser feita a implantação de espécies que proporcionem uma maior atenuação da radiação solar. A Pata-de-vaca e o Sombreiro seriam dois exemplos adequados, pois eles reduzem cerca de 82% e 79% respectivamente da radiação solar, contribuindo de modo eficaz na melhoria dos índices de conforto térmico (BARTHOLOMEI, 2003, p.132).

Carvalho (2001, p. 232) ao analisar a influência de uma área vegetada, o Parque Dunas, na cidade de Natal (RN), concluiu que este atenua a temperatura do ar em um raio de 3,51km² ao seu redor, através da umidificação do ar e minimização da radiação solar. Ao comparar o comportamento da temperatura do ar em um mesmo horário, em regiões do Parque e da cidade com menos vegetação, observou que a temperatura do ar nos locais

arborizados é 2°C menor que a dos locais com pouca cobertura vegetal. Além disso, estimou que o Parque coloca cerca de 5.860.000 toneladas por ano de água na atmosfera, através do processo de evapotranspiração.

Milano e Dalcin (2000, p. 86) enfocaram a necessidade da introdução de planos de arborização urbana que contenham suas possíveis metas (qualitativas e quantitativas) para que nos processos de implantação e gestão alcancem resultados satisfatórios. Para Cavalheiro et. al. (1999, p. 7) a quantificação e a configuração espacial da cobertura vegetal podem ser utilizadas como instrumentos e parâmetros de avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas.

A quantificação da arborização de uma determinada região pode ser feita através dos Índices de Áreas Verdes (IAV). Esse indicador representa a razão entre áreas públicas de lazer revestidas de vegetação (em km² ou m²) e a quantidade de habitantes de uma cidade ou região (OLIVEIRA, 1996, p.50; NUCCI, 2001, p.62; ROCHA; WERLANG, 2005, p.90).

Matos e Queiroz (2009, p.18) discutiram a recomendação do IAV de 12 m²/habitante apresentado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e a sua divergência com o de 15 m²/habitante proposto pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU). No entanto, ressaltaram que mais imprescindível que discutir esse índice é considerar a distribuição das áreas verdes na malha urbana, pois se esses espaços se concentram em algumas regiões da cidade, o índice é satisfatório apenas nestas regiões.

De acordo com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba e com o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da Universidade Estadual de Maringá (UEM) as cidades de Curitiba e Maringá possuem IAV de 64,5m²/habitante e 25,47m²/habitante, respectivamente. Essas cidades são consideradas bons exemplos de investimento na implantação de áreas verdes urbanas (MATOS; QUEIROZ, 2009, p.25).

No entanto, é necessário ter cautela ao fazer comparações entre os diferentes IAV encontrados em vários trabalhos, uma vez que, a comparação entre IAV pode ser um equívoco, pois a falta de definição clara do termo “área verde” e seus correspondentes, as diferentes escalas adotadas e metodologias de coleta de dados distintos, podem levar a interpretações errôneas e a um uso político não muito correto (ROSSET, 2005, p.8; NUCCI, 2008, p.29).

De acordo com Polidoro, Lollo e Barros (2011, p.79), embora a cidade de Londrina possua um número aceitável de áreas verdes (47% de áreas naturais, 21 % áreas de preservação permanente), essas somam apenas 16% de sua área urbana, o que equivale a 3,64Km² (Figura 2).

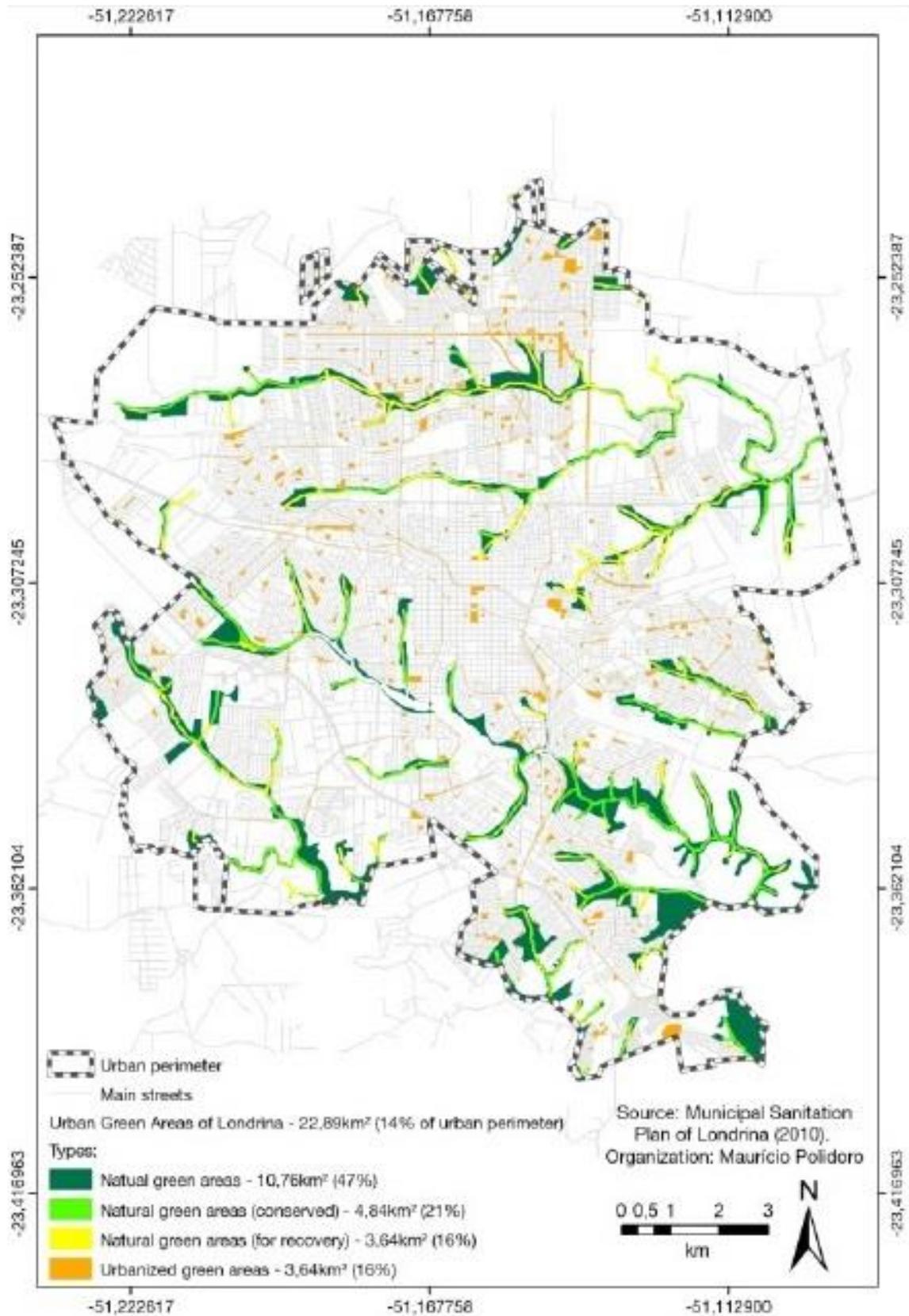


Figura 2 - Áreas verdes na cidade de Londrina (PR).

Fonte: Plano de saneamento municipal de Londrina (2010) apud Polidoro; Lollo ; Barros (2011).

As áreas verdes urbanas da cidade de Londrina estão dispersas por toda a cidade, o que não contribui para aliviar as áreas com maior fluxo de pessoas e veículos que, conseqüentemente, são as áreas com maiores emissões de gases de efeito estufa (POLIDORO; LOLLO; BARROS, 2011, p.79). Barros (2002 apud BARROS; VIRGILIO, 2003, p. 568), aponta que dos 245,52 Km² da área urbana de Londrina, 16,25% correspondem aos Espaços Livres, divididos nas categorias: Recreação, (Praça urbanizada – 0,7 Km², Praça não urbanizada 1,00 Km² e Parque de Bairro – 0,67 Km²), com 2,37 Km²; Conservação com 11,60% subdivididos em Unidade de Conservação (1,23 %), Fundo de Vale sem Vegetação (6,10 %), Fundo de Vale com Vegetação (3,38 %) e Lago (0,45%); Ornamental (Jardim de Representação e o Verde Viário) com apenas 0,71 % do total e Uso Especial com 7,29 Km², o que representa 2,97%, do total.

Em novembro de 2013, os vereadores da cidade de Londrina aprovaram após três anos em discussão o Plano de Arborização do município, o qual contempla, como objetivos “atingir e manter densidade arbórea máxima sobre vias e áreas urbanas” além de “institucionalizar à infraestrutura urbana as árvores como sumidouros de carbono e amortecedores climáticos”. No entanto, o plano não apresentou ferramentas claras que favoreçam o plantio de árvores de grande porte, responsáveis por gerar sombra e conforto térmico.

3.3 INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico é o produto da associação e/ou adaptação dos parâmetros tanto do ambiente quanto do próprio corpo humano (PEETERS; DE DEAR; HENSEN; D’ HAESELEER, 2009). Segundo ASHRAE (2004, p. 2), conforto térmico é definido como uma condição da mente que expressa a satisfação em relação ao meio ambiente térmico e é analisado por avaliação subjetiva.

Segundo Ayoade (1996, p.2) o clima, refere-se “às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período”. Para Stathopoulos, Wu e Zacharias (2004, p.297), o clima urbano, da mesma forma que o interior das edificações, exerce influência no conforto térmico do homem. Em espaços abertos, o conforto humano pode ser afetado por diversos parâmetros, entre eles os climáticos e as atividades humanas.

De acordo com Ayoade (1996, p.2), a alteração do clima nas cidades pode estar relacionada com alguns fatores, são eles:

- Geração de calor por sistemas metabólicos, de combustão e aquecimento;
- Geração de calor decorrente das características térmicas das cidades;
- Aquecimento da atmosfera devido à absorção de radiação infravermelha por poluentes atmosféricos;
- Substituição das superfícies naturais por elementos da construção (cimento, asfalto, telhado, etc.);

Como consequência desses fatores, ocorrem desequilíbrios dos mecanismos do sistema cidade-atmosfera, como por exemplo, o balanço de energia em superfície. Essa alteração no balanço energético acontece uma vez que reduzidas as áreas cobertas por vegetação, se reduz o teor de umidade nas superfícies disponível para evaporação e evapotranspiração. Dessa forma, a energia que seria utilizada nesses processos é transferida para o aquecimento da superfície através do aumento do fluxo de calor sensível. Como consequência, as temperaturas do sistema cidade-atmosfera se elevam, desencadeando em bolsões de calor sobre as áreas urbanas, denominados de ilha de calor (AYOADE, 1996, p.304; TAHA, 1997, p.100; BORGES et al., 2002, p.31).

A Figura 3 ilustra as formas dos fluxos de energia entre o espaço e a atmosfera da Terra assim como os processos de emissão e absorção de energia.



Figura 3 - Esquema detalhado dos processos de emissão e absorção de energia pela Terra com valores referentes à dezembro de 1996.

Fonte: Adaptado de Claes Johnson (2010).

Em um estudo realizado em junho e agosto de 2011 na cidade de Londrina, Targino, Krecl e Coraiola (2013, p. 11) verificaram a ocorrência de ilhas de calor durante prolongados períodos de bloqueios meteorológicos o que causou ascensão da temperatura e diminuição da umidade do ar. Mostraram ainda, que a maior intensidade de ilha de calor ocorreu em períodos de bloqueio meteorológico (com pouca ou nenhuma nebulosidade e velocidade do vento menor que 2m/s) na região central da cidade, com valor temperatura média diária de aproximadamente 6°C maior em relação às áreas com predominância de vegetação. Os autores concluíram que as temperaturas mais elevadas em áreas densamente urbanizadas decorrem da alta concentração de elementos da construção civil, enquanto que as regiões com predomínio de elementos naturais obtiveram temperaturas mais baixas, já que primeiramente a radiação incidente é utilizada na evapotranspiração. Além disso, esses elementos urbanos também têm a capacidade de armazenar energia por mais tempo, o que leva a um aumento da temperatura do ar em contato com os mesmos.

As plantas amenizam a temperatura ambiente e fazem com que o clima se torne mais agradável. Estes efeitos acontecem pelo aumento da evapotranspiração que leva a um resfriamento do ar. Dessa forma, a vegetação, em especial as árvores de grande porte, reduzem o efeito das ilhas de calor urbanas (MATOS; QUEIROZ, 2009, p.19). Akbari et al. (1992, p. 40), afirmam que os efeitos da evapotranspiração são mais perceptíveis em climas áridos como Davis, na Califórnia, onde as temperaturas em locais com árvores de grande porte podem ser 3°F a 6°F mais baixas do que nas áreas adjacentes com árvores de pequeno porte, jovens ou sem a presença de nenhum indivíduo arbóreo.

De acordo com Oliveira, Andrade e Vaz (2011, p. 2186) a presença de áreas verdes em espaços urbanos na cidade de Lisboa ajuda a mitigar o aumento da temperatura do ar em áreas urbanas. Os autores verificaram uma diminuição de 6,9°C em relação à temperatura ambiente dos locais pouco arborizados. Além disso, essas áreas também podem auxiliar na redução e adaptação aos efeitos negativos do clima esperados num futuro não tão distante, tais como a absorção de dióxido de carbono (CO₂) pelas árvores e a minimização no consumo de energia em decorrência das temperaturas mais baixas advindas da presença de áreas verdes.

Chernev e Targino (2012, p.7) avaliaram o conforto térmico no perímetro urbano da cidade de Londrina durante o inverno de 2011, utilizando o Índice de Desconforto de Thom (ID), Índice de Desconforto de Kawamura (ID_K) e índice de Temperatura Efetiva (ET_V). O ID mostrou que 20 % dos dados analisados foram caracterizados por ocorrer desconforto por calor, enquanto que ID_K mostrou que cerca de 5% dos dados analisados estavam inseridos na categoria “inconfortavelmente quente”. Para o ET_V, os dados divergiram dos outros dois

índices, não havendo ocorrência de desconforto por calor, mas sim por frio. Além disso, os autores concluíram que o índice de Desconforto de Thom, não é adequado para o período de inverno londrinense, em decorrência da sua não precisão em descrever as diferenças dos níveis de situações frias.

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado nos jardins Dom Bosco e Quebec, localizados na cidade de Londrina, PR (23,3° S e 51,16° O). Com uma população de 506.645 habitantes (IBGE 2010), a cidade tem uma área de aproximadamente 1.653 km² e está situada na região norte do Estado do Paraná, a 381 km da capital (Figura 4).



Figura 4- Localização de Londrina no estado do Paraná e da área de estudo.
Fonte: Polidoro; Lollo e Barros (2011).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima da cidade é classificado como Cfa. Além disso, de acordo com o Instituto Agropecuário do Paraná (IAPAR, 2011), Londrina possui uma temperatura média anual de 21,0°C e seu regime térmico apresenta dois períodos distintos: verão, que compreende os meses de outubro a março, e inverno, entre os meses de abril e setembro. O verão tem influência de correntes intertropicais ou quentes e mostra os

maiores índices pluviométricos, sendo fevereiro o mês mais quente, como mostra a Figura 5. No inverno predominam correntes do sul, extratropicais, com temperaturas mais baixas e tempo relativamente seco. Julho é o mês mais frio e agosto o mês de menor índice pluviométrico.

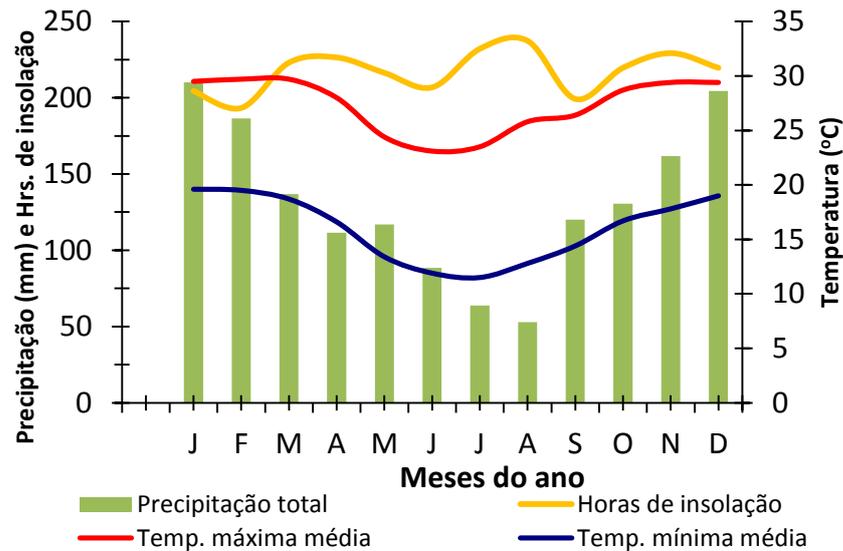


Figura 5 - Variação de parâmetros climáticos para o município de Londrina (1976 – 2008).

Fonte: IAPAR.

4.2 COLETA DE DADOS

Este estudo foi baseado em trabalho de campo para coleta de dados *in situ* sobre as características da vegetação que compõem a arborização urbana, bem como parâmetros meteorológicos para o período de 03 de setembro a 03 de outubro de 2013.

Para a escolha dos sítios de medição e coleta de dados foram levados em consideração alguns fatores como:

- Proximidade entre duas áreas verdes em trecho urbano;
- Ausência de edifícios e de variações na topografia do terreno, para reduzir seu efeito sobre os sensores e marcar o efeito dos indivíduos arbóreos, etc;
- Local acessível, com facilidade de instalação e manutenção dos equipamentos;
- Segurança dos equipamentos contra a interferência de terceiros;

- Áreas que podem fazer parte do lazer da população;

Após esses critérios, foi escolhida uma região na interface dos jardins Dom Bosco e Quebec (Figura 6) que abriga duas praças interligadas por arborização irregular, descritas a seguir.



Figura 6- Localização dos trechos estudados, na interface dos jardins Dom Bosco e Quebec, em Londrina-PR. 1: Praça Horace Wells; 2: Praça dos Bandeirantes; 3: Rua Jonathas Serrano; IPC: Igreja Presbiteriana Central.

Fonte: Autoria própria (imagem obtida junto ao programa Google Earth - 2013).

Localizada no jardim Dom Bosco, a Praça Horace Wells, definida como área 1 ($23^{\circ}18'31,57''$ S e $51^{\circ}10'33,44''$ O) ocupa uma área de aproximadamente 0,47ha e se localiza próxima a um clube, a escolas e estabelecimentos comerciais, recebendo um grande fluxo de pessoas e veículos. A praça se apresenta muito bem arborizada, com presença de várias árvores de grande porte, arbustos, herbáceas e um extenso gramado e abrigou dois sensores.

Já a Praça dos Bandeirantes, área 2 ($23^{\circ}18'50,99''$ S e $51^{\circ}10'29,51''$ O), encontra-se no jardim Quebec, ocupa uma área de aproximadamente 0,6ha, porém com uma menor densidade de vegetação arbórea, mas um extenso gramado. Localizada em um bairro residencial, recebe menor fluxo de pessoas e veículos em relação à Praça Horace Wells e abrigou três sensores.

As duas praças são interligadas pela rua Jonathas Serrano ($23^{\circ}18'40,12''$ S e $51^{\circ}10'27,99''$ O), que apresenta arborização irregular, mas merece destaque a presença de uma concentração de árvores de grande porte que formam um “túnel” (área 3) que tem ao seu lado as dependências da Igreja Presbiteriana Central (IPC), com grande área pavimentada, que abrigou seis sensores.

Tabela 1- Caracterização dos 16 pontos de medição na área de estudo com suas respectivas altitudes, coordenadas geográficas, alturas de instalação, condição de exposição ao Sol e características de cada ponto.

Ponto	Altitude (m)	Coordenadas	Altura (m)	Condição de exposição dos sensores	Localização / informações gerais sobre os sensores
1	607	23°18,524' S 51°10,570' O	6,5	ESM	PHW; fixado em um poste de luz ornamental; sombreado por prédio de 3 andares; indivíduos de <i>Tipuana tipu</i> adjacentes.
2	599	23°18,529' S 51°10,547' O	5,16	SOM	PHW; fixado em galhos de <i>Ficus benjamina</i> ; sombreado; removido dia 23/09/13.
3	588	23°18,559' S 51°10,474' O	3,7	ES	IPC, fixado em um poste elétrico; cercado por área pavimentada.
4	579	23°18,562' S 51°10,456' O	3,9	ESO	IPC; fixado em placa de propaganda; sob copa de <i>Caesalpinia pluviosa</i> .
5	572	23°18,599' S 51°10,457' O	3,7	ES	IPC; fixado em um poste elétrico;
6	575	23°18,664' S 51°10,468' O	3,7	ES	IPC; fixado em um poste elétrico.
7	567	23°18,678' S 51°10,470' O	3,9	ESO	IPC; fixado em um poste elétrico; próximo ao "túnel de árvores".
8	569	23°18,697' S 51°10,471' O	2,8	SOM	IPC; fixado em um pé de mamão (<i>Carica papaya</i>), cercado por <i>Thuja sp.</i> , próximo ao "túnel de árvores"
9	572	23°18,678' S 51°10,459' O	4,35	SOM	RJS; fixo em um poste elétrico; sombreado pelo "túnel de árvores".
10	581	23°18,696' S 51°10,461' O	4,5	ES	RJS; fixado em um poste elétrico; Próximo ao "túnel de árvores".
11	592	23°18,573' S 51°10,464' O	4,5	ES	RJS; fixado em um poste elétrico; distante do "túnel de árvores".
12	588	23°18,772' S 51°10,468' O	4,5	ES	RJS; fixado em um poste elétrico; cercado por <i>Platanus acerifolia</i> e <i>Terminalia catappa</i> .
13	579	23°18,830' S 51°10,469' O	4,5	ES	RJS; fixado em um poste elétrico; sem árvores adjacentes.
14	579	23°18,836' S 51°10,494' O	4,2	ES	PDB; fixado em um poste de luz ornamental; sem árvores adjacentes.
15	583	23°18,865' S 51°10,499' O	4,2	SOM	PDB; fixado em um poste de luz ornamental, sob a copa de Flamboyant (<i>Delonix regia</i>).
16	582	23°18,866' S 51°10,482' O	4,2	SOM	PDB; fixado em um poste de luz ornamental; sombreado por uma mangueira (<i>Mangifera indica</i>) e Santa Bárbara (<i>Melia azedarach</i>).

Notas: ES, Exposto ao Sol; ESM, Exposto ao Sol do meio dia solar; ESO, Exposto ao Sol ocasionalmente; IPC, Igreja Presbiteriana Central; SOM, Exposto à sombra; PHW, Praça Horace Wells; PDB, Praça dos Bandeirantes; RJS, Rua Jonathas Serrano.

4.2.1.1 Identificação das espécies

Foi realizado um levantamento de todas as árvores presentes na área de estudo, que foram reconhecidas ao nível de gênero ou espécie, mediante consulta à literatura especializada (LORENZI; SOUZA, 2003; LORENZI, 2008, 2009a, 2009b).

4.2.1.2 Porcentagem de cobertura da copa

Para cada planta localizada nas imediações dos sensores foi feito um reconhecimento e caracterização quanto ao porte e periodicidade das folhas de acordo com literatura especializada (LORENZI; SOUZA, 2003; LORENZI, 2008,2009a, 2009b). Além disso, a porcentagem de cobertura da copa foi quantificada mediante o uso do densiômetro esférico (Figura 8), de acordo com Lemmon (1956, p.668). A avaliação foi realizada tendo como referência um único ponto de tomada de dados próximo ao tronco, para evitar o trânsito de veículos. Os dados foram coletados tanto no início, quanto após o final do monitoramento dos parâmetros climáticos. As duas medidas de início (1ª avaliação em 05/09 e 2ª avaliação em 11/09) englobaram o período de perda de folhas, enquanto a 3ª avaliação (10/10) ocorreu uma semana após o término do experimento, visando avaliar a cobertura em uma situação mais próxima da máxima cobertura de copa de cada indivíduo.



**Figura 8- Densiômetro esférico para quantificar a cobertura da copa de árvores em áreas livres, Londrina, PR.
Fonte: site AAKER (2013).**

4.2.2 Parâmetros meteorológicos

O estudo de parâmetros meteorológicos foi dividido em duas abordagens: a primeira se refere a medições contínuas de temperatura do ar e umidade relativa durante o mês de setembro e início de outubro de 2013 e a segunda ao cálculo de índices de conforto térmico nas imediações dos sensores.

Os dados meteorológicos foram coletados através de sensores (Figura 9) do modelo HOBO U-23 (Onset Inc., Massachussets, EUA) previamente calibrados. Os sensores operam em uma faixa de temperatura entre -40 a 70°C , com precisão de $0,2^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,02^{\circ}\text{C}$ e de umidade relativa de 0 a 100% com precisão de 2,5% e resolução de 0,03%. A Figura 8 ilustra os principais componentes do sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade do ar, formados pelo sensor HOBO U23, a base ótica e a caixa protetora de cor branca, para abrigar da radiação solar direta, chuva e vento. Dados de velocidade do vento foram fornecidos pela estação meteorológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

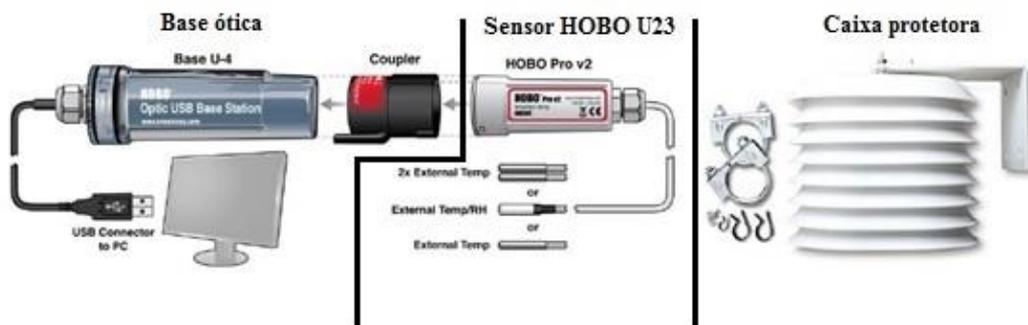


Figura 9- Ilustração do sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar.
Fonte: site ONETEMP.

O intervalo para a obtenção de dados foi de 2 minutos, sendo que com esse intervalo pode-se armazenar até 30 dias de dados na memória interna. Após este tempo, foi preciso descarregar os dados através de uma base ótica USB que conecta o dispositivo ao computador.

Para o cálculo do conforto térmico humano nas áreas monitoradas, foram escolhidos dois índices, levando-se em consideração as variáveis meteorológicas disponíveis e a recomendação de outros trabalhos nessa área (CHERNEV; TARGINO, 2012, p.7; MAIA;

GONÇALVES, 2002, p.313), a saber: o índice de desconforto de Kawamura (DI_K) (KAWAMURA, 1965 apud CHERNEV; TARGINO, 2012, p.7) e a versão de temperatura efetiva de Suping (ET_v)(SUPING; GUANGLIN; YANWEN, 1992), o qual leva em consideração a velocidade do vento para o cálculo do índice. Assim, os índices são calculados de acordo com as seguintes equações:

$$DI_K = 0,99 \times T + 0,36 \times Td + 41,5 \quad (1)$$

$$ET_v = 37 - \frac{37-T}{0,68 - 0,0014 + RH + 1/(1,76 + 1,4 \times v^{0,75})} - 0,29 \times T \times \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (2)$$

Onde T é a temperatura do ar ($^{\circ}C$), Td é a temperatura do ponto de orvalho, RH é a umidade relativa (%) e v é a velocidade do vento (m/s).

A interpretação dos valores de cada índice está apresentada nos Quadros 1 e 2 a seguir:

DI_K ($^{\circ}C$)	Interpretação
>80	Insuportavelmente quente
75-80	Desconfortavelmente quente
60-75	Confortável
55-60	Desconfortavelmente frio
<55	Insuportavelmente frio

Quadro 1 - Valores do índice de desconforto de Kawamura (DI_K) calculados para temperatura em escala Celsius.

Fonte: Chernev; Targino (2012, p. 9).

ET_v ($^{\circ}C$)	Interpretação
> 42.4	Muito quente
34.9-42.4	Quente
27.3- 34.8	Ligeiramente quente
19.6-27.2	Neutralidade
12.0-19.5	Ligeiramente frio
4.4-11.9	Frio
<4.4	Muito frio

Quadro 2 - Valores do índice de temperatura efetiva (ET_v) calculados para temperatura em escala Celsius.

Fonte: Chernev; Targino (2012, p. 9).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PLANTAS

5.1.1 Identificação das espécies

Na Praça Horace Wells foram amostrados 78 indivíduos arbóreos, representando uma densidade de 0,47 árvores/hectare, com representantes de 14 espécies de angiospermas (Tabela 2), além de algumas gimnospermas (pinheiros), arbustos e um amplo gramado. Seu maior representante é a *Tipuana tipu*, espécie de grande porte que, juntamente com as figueiras, formam copas amplas e extensa sombra na praça (Figura 10).

Já na Praça dos Bandeirantes (Figura 11), foram amostrados 56 indivíduos (93,3 árvores/ha), pertencentes a 13 espécies de angiospermas e, também, um extenso gramado com arbustos esparsos, além de palmeiras. *Handroanthus* spp, foi a mais abundante, incluindo representantes de grande porte.

O “túnel” da Rua Jonathas Serrano (Figura 12) é formado por 13 exemplares de *Tipuana tipu* e 8 de *Handroanthus* spp com sobreposição de copas entre as mesmas.



**Figura 10: Foto panorâmica da Praça Horace Wells.
Fonte: Autoria própria.**

Tabela 2 -Relação das espécies amostradas na área de estudo e suas respectivas abundâncias e localização.

Nome científico	Espécie		Abundância		
	Nome comum	PDB	PHW	RJS	
<i>Bauhinia</i> sp.	Pata-de-vaca	-	-	2	
<i>Bougainvillea</i> sp.	Primavera	1	-	-	
<i>Caesalpinia echinata</i>	Pau -brasil	-	2	-	
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Sibipiruna	-	-	3	
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Flaboianzinho	-	-	1	
<i>Cassia fistula</i>	Canafístula	-	-	1	
<i>Cassia leptophylla</i>	Falso-barbatimão	-	5	-	
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro-rosa	-	1	-	
<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	2	-	-	
<i>Eugenia uniflora</i>	Pintangueira	4	2	-	
<i>Ficus auriculata</i>	Figueira-de-jardim	-	4	-	
<i>Ficus benjamina</i>	Figueira-benjamina	-	1	-	
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Ipê-amarelo	7	8	7	
<i>Handroanthus</i> spp	Ipê-roxo	19	12	8	
<i>Lauracea</i> sp	Não identificada	-	1	-	
<i>Licania tomentosa</i>	Oiti	-	-	1	
<i>Ligustrum lucidum</i>	Ligustro	5	-	1	
<i>Litchi chinensis</i>	Lichieira	-	1	-	
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	1	-	-	
<i>Melia azedarach</i>	Santa Bárbara	2	-	-	
<i>Michelia champaca</i>	Magnólia amarela	-	-	1	
<i>Muntingia calabura</i>	Calabura	1	-	-	
<i>Murraya paniculata</i>	Murta	-	-	1	
<i>Musa</i> sp.	Bananeira	5	-	-	
<i>Nerium oleander</i>	Espirradeira	1	-	-	
<i>Persea americana</i>	Abacateiro	-	1	-	
<i>Platanus acerifolia</i>	Plátano	-	-	1	
<i>Prunus</i> sp	Cerejeira	-	15	1	
<i>Psidium guajava</i>	Goiabeira	4	4	-	
<i>Schefflera actinophylla</i>	Guarda-chuva	-	-	1	
<i>Tabebuia roseoalba</i>	Ipê-branco	-	-	6	
<i>Terminalia catappa</i>	Chapéu-de-sol	-	-	1	
<i>Tibouchina granulosa</i>	Quaresmeira	-	1	-	
<i>Tipuana tipu</i>	Tipuana	4	18	13	
Indeterminada	Indeterminada	-	2	-	

Fonte: Autoria própria.

Notas: PHW, Praça Horace Wells; PDB, Praça dos Bandeirantes; RJS, Rua Jonathas Serrano.



**Figura 11: Foto panorâmica da Praça dos Bandeirantes.
Fonte: Autoria própria.**



**Figura 12 - Foto do túnel de árvores na Rua Jonathas Serrano.
Fonte: Autoria própria.**

5.1.2 Porcentagem de cobertura da copa

No início do monitoramento dos parâmetros climáticos a grande maioria dos indivíduos arbóreos se apresentava com poucas folhas, o que resultou em uma baixa porcentagem de cobertura de copa (Tabela 3). Os Ipês (*Handroanthus chrysotrichus*, *Handroanthus* spp e *Tabebuia roseoalba*) foram as espécies que apresentaram as menores porcentagem de cobertura no início do monitoramento (1ª e 2ª avaliações), isso se deveu ao fato de estarem decíduas e praticamente não terem iniciado a renovação das folhas. Após o término do monitoramento, grande parte das espécies arbóreas já apresentava um aumento dessa porcentagem, com algumas chegando a dobrar, como o *Platanus acerifolia* e a *Tipuana tipu*, outras chegando a quase triplicar como a *Ficus auriculata*, mostrando que ao final do experimento as condições de sombreamento eram maiores que no início.

Tabela 3: Relação das espécies amostradas no entorno dos sensores, periodicidade das folhas e porcentagem de cobertura de copa avaliada em setembro de 2013.

Espécie / Indivíduo	Porte	Periodicidade das folhas	Local	Cobertura da copa (%)		
				05/set	11/set	10/out
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Grande	Semidecídua	RJS	55,9	73,6	76,3
<i>Delonix regia</i>	Grande	Decídua	PDB	40,2	40,8	61,6
<i>Ficus auriculata 1</i>	Médio	Decídua	PHW	39,7	75,3	93,5
<i>Ficus auriculata 2</i>	Médio	Decídua	PHW	-	81,3	97,2
<i>Ficus benjamina</i>	Grande	Perenifólia	PHW	70,9	80,7	-
<i>Handroanthus chrysotrichus 1</i>	Médio	Decídua	PHW	-	20,6	23,3
<i>Handroanthus chrysotrichus 2</i>	Médio	Decídua	PDB	-	12,9	20,2
<i>Handroanthus spp 1</i>	Grande	Decídua	PHW	-	2,1	70,7
<i>Handroanthus spp 2</i>	Grande	Decídua	PHW	-	18,3	20,6
<i>Handroanthus spp 3</i>	Grande	Decídua	RJS	30,4	46,4	57,4
<i>Handroanthus spp 4</i>	Grande	Decídua	RJS	-	33,1	44,3
<i>Handroanthus spp 5</i>	Grande	Decídua	RJS	33,7	44,7	66,1
<i>Handroanthus spp 6</i>	Grande	Decídua	RJS	18,7	22,7	79,9
<i>Handroanthus spp 7</i>	Grande	Decídua	PDB	-	26,4	63,6
<i>Handroanthus spp 8</i>	Grande	Decídua	PDB	-	15,2	31,8
<i>Melia azedarach</i>	Grande	Decídua	PDB	45,3	27	58,2
<i>Platanus acerifolia</i>	Médio	Decídua	RJS	-	37,4	88,5
<i>Tabebuia roseoalba 1</i>	Grande	Decídua	RJS	-	41,2	59
<i>Tabebuia roseoalba 2</i>	Grande	Decídua	RJS	-	26	37,2
<i>Tabebuia roseoalba 3</i>	Grande	Decídua	RJS	-	31,2	61,6
<i>Terminalia catappa</i>	Grande	Decídua	RJS	-	50,5	70,3
<i>Tipuana tipu 1</i>	Grande	Decídua	PHW	-	49,7	73,6
<i>Tipuana tipu 2</i>	Grande	Decídua	RJS	-	52,8	53,2
<i>Tipuana tipu 3</i>	Grande	Decídua	PDB	-	45,3	73,4
<i>Tipuana tipu 4</i>	Grande	Decídua	PDB	-	57,8	67,8
<i>Tipuana tipu 5</i>	Grande	Decídua	RJS	-	34,7	71,1

Fonte: Autoria própria.

Notas: PHW, Praça Horace Wells; PDB, Praça dos Bandeirantes; RJS, Rua Jonathas Serrano.

* Indivíduo tombado após tempestade no dia 23/09/2013.

Vale destacar que o uso do densiômetro, por um espelho (côncavo), permite a quantificação da porcentagem de cobertura do dossel proporcionada por galhos e troncos situados a alturas elevadas, registrando percentuais mesmo para as espécies que perdem totalmente suas folhas em determinada época do ano.

5.2 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

5.2.1 Temperatura e Umidade relativa do ar

A condição meteorológica para a cidade de Londrina, durante o período de monitoramento, está apresentada no Quadro 3 e na Tabela 4 onde foi possível perceber a caracterização de um final de inverno com chuvas bem reduzidas e início de primavera mais úmido.

Data	Condição
03/set	Tempo instável por conta do avanço de uma frente fria levando chuva em diversas regiões do Estado.
04/set	Afastamento da frente fria e chuva rápida.
05/set	Aumento das temperaturas no norte do Estado.
14/set	"Bloqueio atmosférico" impede formação de nuvens, as temperaturas continuam altas.
16/set	Avanço de uma frente fria no norte do Estado.
18/set	Massa de ar frio e seco atua sobre o Estado.
20/set	Condição de desenvolvimento de áreas de instabilidade baixa, deixando as temperaturas se elevarem.
22/set	Avanço de uma frente fria no Estado.
24/set	Avanço de uma massa de ar frio e seco.
26/set	A massa de ar frio e seco continua atuando.
29/set	Tempo bastante instável.
30/set	Um sistema de baixa pressão originou uma área de nebulosidade, trazendo chuvas ao norte do Estado.

Quadro 3- Principais eventos meteorológicos ocorridos de 03/09 a 3/10 de 2013 no Paraná.
Fonte: Autoria própria (dados obtidos junto ao SIMEPAR).

Tabela 4: Caracterização do tempo, precipitação, temperaturas média, máxima e mínima, umidade relativa do ar e velocidade do vento durante o período de 03/09 a 03/10/2013 na cidade de Londrina, PR.

Data	Condição	Chuva (mm)	Temperatura (°C)			Umidade (%)	V.V. pico máx (m/s)
			Média	Máxima	Mínima		
03/set	Encoberto	5,2	20,5	26,8	16,8	71,2	18,3
04/set	Nublado	0	18,1	21,4	17	81,2	9,1
05/set	Aberto	0	18,8	25,6	11,6	58,3	9,2
06/set	Nublado	0	20,2	28	12,4	57,2	9,2
07/set	Aberto	0	21,3	29,2	13,8	50,3	9,5
08/set	Nublado	0	23,3	31,7	14,8	49,2	8,7
09/set	Nublado	0	24,3	32,4	16,5	38,2	7,9
10/set	Aberto	0	23,8	32,8	16,4	36,7	10
11/set	Aberto	0	24	32,6	16,2	38,7	8
12/set	Aberto	0	24,1	32	1,2	40,1	9,6
13/set	Aberto	0	23,6	32	14,6	36,7	7,2
14/set	Nublado	0	25,9	32,8	16,6	31,4	9,1
15/set	Encoberto	0	25,6	33,9	16,5	36	9,9
16/set	Encoberto	0	22,2	27,6	20,2	67,3	9,8
17/set	Nublado	22	15,9	20,2	13,5	84,6	8,1
18/set	Encoberto	20,4	17,1	23	9,4	70,1	10,2
19/set	Nublado	0	21,2	27,8	16	67,9	6,2
20/set	Nublado	0	25	32,8	16,2	51,8	8
21/set	Nublado	0	27	34,8	20,3	52	10,1
22/set	Encoberto	0	23,5	33	19	71,3	14
23/set	Encoberto	9	17,8	20	16,4	86,9	30,2
24/set	Nublado	5,2	13,5	18,8	11,6	64,4	8
25/set	Aberto	0	15	23	6,4	49,3	10,6
26/set	Aberto	0	17,2	24,6	9,4	44,5	11,5
27/set	Nublado	0	18,1	26,8	9,6	42,8	13,7
28/set	Encoberto	0	18,9	29	12,2	58,5	10,6
29/set	Nublado	12,4	18	21	15,5	90,7	11,6
30/set	Encoberto	11,2	19,1	22,8	18	90,8	6,8
01/out	Encoberto	32,1	20,7	24,2	17,2	81,2	8,7
02/out	Encoberto	27,5	21,3	25,2	19	92	6,8
03/out	Encoberto	15,8	20,4	22,6	19,2	92	12,2

Fonte: Autoria própria (dados obtidos em IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná).

Notas: V.V. pico máx.: Velocidade do vento de pico máximo (m/s).

Durante o monitoramento dos sensores, a menor temperatura foi observada no sensor 16, que registrou 10°C até o dia 23/09 e 6,8°C no período subsequente. A menor temperatura máxima foi obtida na Praça Horace Wells, nos sensores 1 e 2 no primeiro período de monitoramento assim como no sensor 2, após o dia 23 de setembro (Tabela 5), o que indica a influência de uma maior densidade arbórea no efeito do conforto térmico.

Tabela 5 – Dados de temperatura do ar (mínima, máxima, média e desvio padrão) nos 16 sensores durante o período de 03/09 a 23/09 e até o dia 03/10/2013.

PONTOS	Temperatura relativa do ar (°C)					
	03/09 a 23/09/2013			03/09 a 03/10/2013		
	Mín.	Máx.	Méd.± DP.	Mín.	Máx.	Méd.± DP.
1	10,5	33,9	20,3 ± 5,0	7,4	33,9	20,7 ± 5,2
2	10,8	33,9	22,5 ± 5,0	--	--	--
3	11	34,3	22,4 ± 5,1	7,5	34,3	20,9 ± 5,3
4	10,9	35,1	22,8 ± 5,4	7,3	35,1	21,0 ± 5,5
5	10,4	35,1	22,6 ± 5,7	7,2	35,1	20,9 ± 5,7
6	10,8	34,2	22,5 ± 5,2	7,4	34,2	20,9 ± 5,3
7	10,7	34,4	22,5 ± 5,3	7,3	34,4	20,9 ± 5,4
8	10,8	34,7	22,7 ± 5,2	7,4	34,7	20,9 ± 5,4
9	10,7	34,5	22,5 ± 5,2	7,3	34,4	20,9 ± 5,3
10	10,7	34,8	22,4 ± 5,2	7,4	34,8	20,8 ± 5,3
11	10,8	34,6	22,3 ± 5,3	7,3	34,6	20,9 ± 5,4
12	10,6	34,3	22,2 ± 5,3	7,2	34,3	20,7 ± 5,4
13	10,5	34,6	22,3 ± 5,2	7,3	34,6	20,7 ± 5,3
14	11,3	34,2	22,6 ± 5,0	7,4	34,2	21,0 ± 5,1
15	12,2	38,2	24,5 ± 5,6	7,6	38,2	22,0 ± 5,8
16	10	38,3	22,5 ± 6,4	6,8	38,7	21,0 ± 6,4

Fonte: Autoria própria.

Notas: ⁽¹⁾ Máx.: Temperatura máxima do ar; Méd.±DP.: Temperatura média do ar e desvio padrão; Mín.: Temperatura mínima do ar.

⁽²⁾ O número de dados até 23/09/2013 é igual a 14776 e até o dia 03/10/2013 é igual a 21723.

⁽³⁾ --: Retirada do sensor após tempestade ter derrubado a árvore no dia 23/09.

Percebeu-se uma pequena variação da temperatura média do ar entre os sensores, com exceção dos Pontos 01 e 15, os quais obtiveram a menor e a maior média de temperatura do ar, respectivamente (Tabela 5, Figura 13). O Ponto 1 foi o único exposto à interferência de um edifício, que pode ter causado seu sombreamento na parte da tarde, além da presença de árvores adjacentes e de ter sido fixado a uma altura relativamente alta (Tabela 1) comparado aos demais pontos. Pode-se inferir, portanto, que o sombreamento do prédio e das árvores contribuiu para reduzir a média de temperatura do sensor. Podem ser desconsiderados efeitos de irradiação do prédio, visto que a face frontal voltada ao sensor é constituída por vidros (Figura 14), o que promove o aproveitamento de energia solar no espaço interno da construção e dificulta a transferência de calor do edifício para o meio ambiente.

Em relação ao Ponto 15, a maior média de temperatura pode ter ocorrido devido a alguns fatores, como: problemas elétricos do poste ornamental, reflexibilidade do material do poste (alumínio) ou ainda o material da caixa protetora do sensor que não era o padrão.

Observou-se, também, que a mínima e a máxima temperatura do ar foram encontradas no Ponto 16, localizado na praça com uma menor arborização.

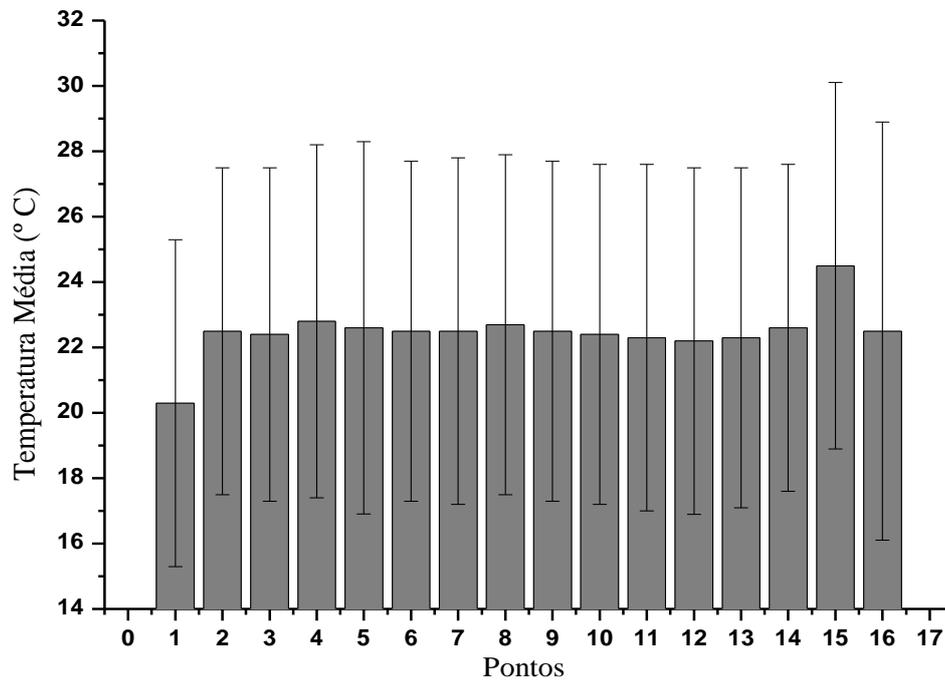


Figura 13: Comportamento das médias de temperatura do ar nos 16 sensores na área de estudo no período de 03 a 23/09/2013. Os valores indicam a média \pm o desvio padrão.

Fonte: Autoria própria.



Figura 14: Fachada do edifício localizado em frente à Praça Horace Wells e do poste ornamental que sustentou o sensor 1.

Fonte: Autoria própria.

No decurso do monitoramento, a menor umidade relativa do ar foi registrada no sensor 16 (Tabela 6), que registrou 16,2% até o dia 23/09 e manteve esse valor como mínima no período subsequente. As menores médias de umidade relativa foram obtidas pelo sensor 15, com 51,5% no primeiro período de monitoramento e 60,8% no segundo momento. Ambos os sensores estavam sujeitos a situações semelhantes: ambos localizados na mesma face da Praça dos Bandeirantes, sombreados por uma árvore, fixos em um poste ornamental e protegidos por uma caixa protetora “não padrão”, o que pode indicar uma influência de tais fatores no registro das umidades.

Pode-se verificar que a umidade máxima relativa do ar (Tabela 6, Figura 15) em grande parte dos pontos foi de 100 %, o que implica na saturação do ar. Essa quantidade de pontos com umidade relativa de 100% aumentou após o dia 23/09, quando chuvas atingiram a cidade (Tabela 3), através do choque entre massas de ar quente e a massa de ar frio que estava avançando pelo estado como pode ser visto pelo Quadro 3 e Tabela 4.

Tabela 6 – Variação das medidas de umidade relativa do ar em 16 sensores localizados na área de estudo.

PONTOS	Umidade relativa do ar (%)					
	03/09 a 23/09/2013			03/09 a 03/10/2013		
	Mín.	Máx.	Méd.± DP.	Mín.	Máx.	Méd.± DP.
1	20,8	98,7	58,2 ± 21,0	20,8	99,5	66,8 ± 22,3
2	20,8	100	58,1 ± 21,6	--	--	--
3	22	99,1	59,5 ± 20,4	22	100	67,4 ± 21,7
4	20,3	100	57,3 ± 21,8	20,3	100	65,8 ± 23,4
5	17,9	100	56,8 ± 22,4	17,9	100	65,5 ± 23,9
6	21,2	99,3	58,4 ± 20,8	21,2	100	66,8 ± 22,2
7	20,5	99,7	58,2 ± 21,3	20,5	100	66,7 ± 22,7
8	21,3	100	59,2 ± 21,2	21,3	100	67,1 ± 22,8
9	20,3	99,4	58,4 ± 21,0	20,3	100	66,6 ± 22,4
10	20,4	99,5	59,1 ± 21,0	20,6	100	67,2 ± 22,3
11	19,3	99,1	58,0 ± 21,2	19,3	100	66,2 ± 22,5
12	19,8	100	59,4 ± 21,3	19,9	100	67,1 ± 22,6
13	21,3	99,8	59,1 ± 20,7	21,3	100	67,0 ± 22,1
14	20,4	99,7	57,2 ± 20,7	20,4	100	65,6 ± 22,1
15	18,3	100	51,5 ± 22,1	18,3	100	60,8 ± 23,8
16	16,2	100	57,1 ± 23,1	16,2	100	66,0 ± 24,5

Fonte: Autoria própria.

Notas: ⁽¹⁾ Máx.: máxima ; Méd.±DP.: média ± o desvio padrão; Mín.: mínima.

⁽²⁾ O número de dados até 23/09/2013 é igual a 14776 e até o dia 03/10/2013 é igual a 21723.

⁽³⁾ --: Retirada do sensor após tempestade ter derrubado a árvore no dia 23/09.

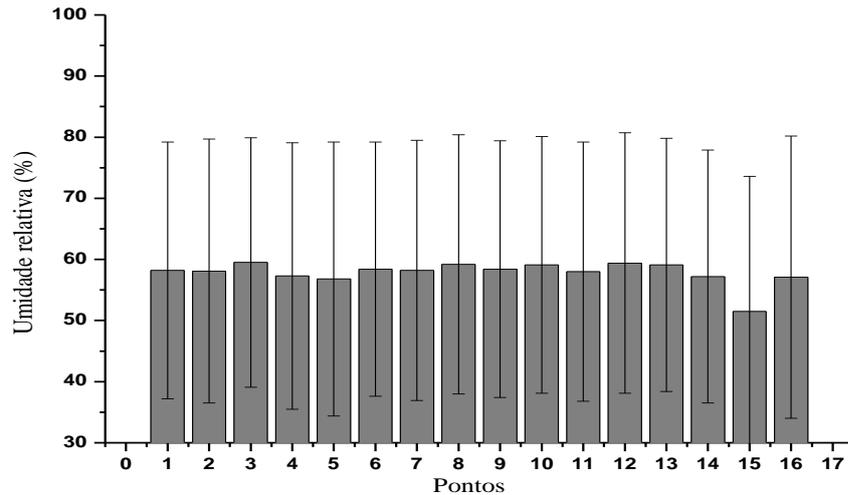


Figura 15: Comportamento das médias de umidade relativa do ar nos 16 sensores na área de estudo no período de 03 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

Em relação à mínima umidade relativa, pode-se notar que 7 dos 16 pontos ficaram com a umidade próximas de 20% até medições realizadas no dia 23/09 enquanto que 6 dos 16 pontos ficaram nesta mesma zona até medições realizadas no dia 03/10. Essas baixas umidades estão relacionadas com períodos secos e de “bloqueio atmosférico”, que impediram a formação de nuvens e deixaram as temperaturas ainda mais altas como pode ser verificado no Quadro 3, Tabela 4 e nas Figuras 16 e 17.

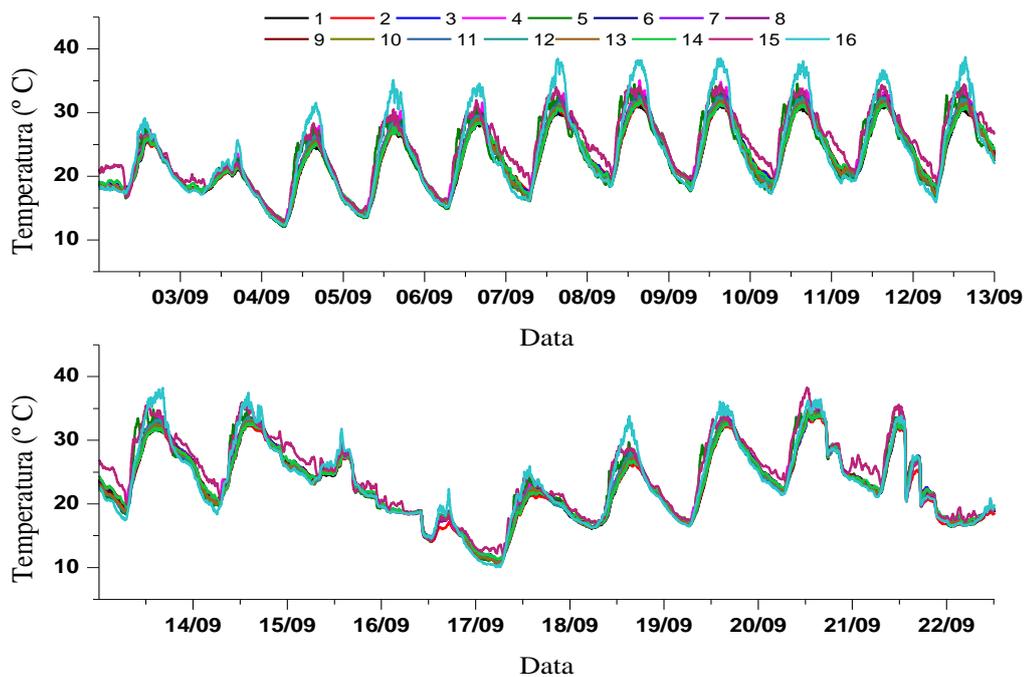


Figura 16: Perfil térmico nos 16 sensores para o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

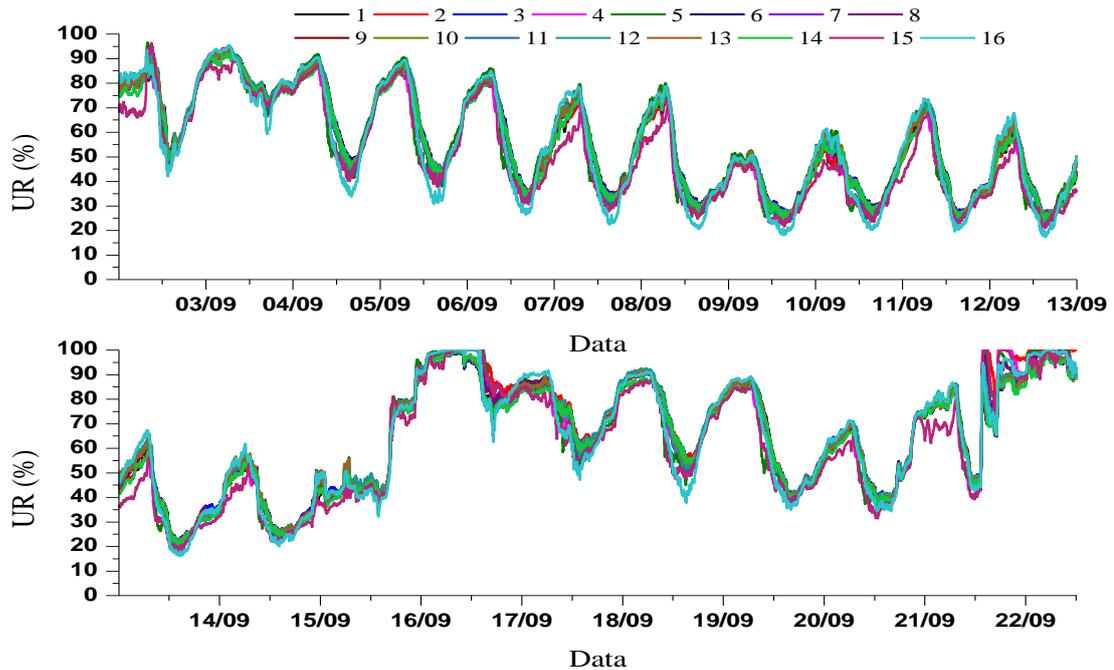


Figura 17: Perfil da umidade relativa do ar (UR%) nos 16 sensores durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

O Ponto 15 foi o que apresentou a menor média da umidade relativa do ar (51,5%) até 23/09 e, como já exposto, a maior média de temperatura. Sombreado pelo Flamboyant (Figura18), árvore de hábito decidual, foi possível notar neste ponto um aumento da porcentagem de cobertura da copa, de 40,2% para 61,6%, um incremento da umidade média relativa, de 51,5% para 60,8%, acompanhando os elevados níveis pluviométricos que atingiram a cidade, porém as temperaturas nesse ponto continuaram elevadas, assim como no sensor 16, sombreado pela Santa Bárbara.

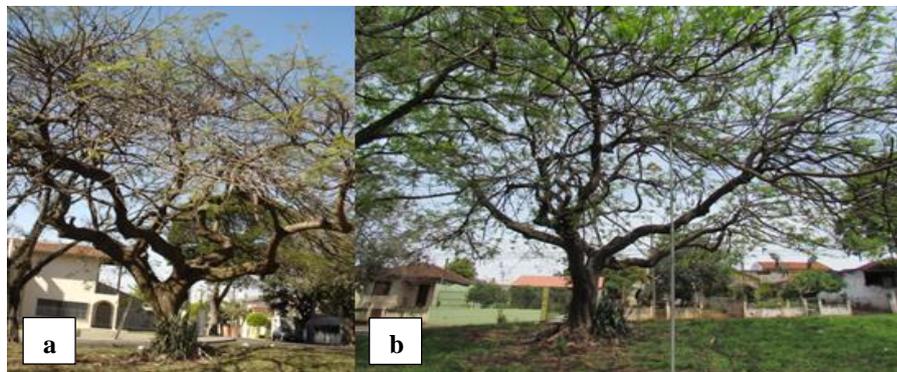


Figura 18: Vista geral da copa do Flamboyant no início e no final do monitoramento. a: em 05/09/2013; b: em 10/10/2013.

Fonte: Autoria própria.

No caso do Flamboyant, suas folhas são compostas por folíolos pequenos e, portanto, sua eficiência em absorver a radiação pode não ser muito alta, fazendo com que uma menor quantidade de radiação seja filtrada.

5.2.2 Índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico foram analisados até o dia 23/09 para a comparação de todos os sensores, visto que nesta data o sensor no Ponto 2 foi removido devido à queda da árvore na qual estava instalado.

Tanto o índice DI_K quanto o ET_V não discriminaram valores de conforto significativos entre os Pontos 1 e 2 (Figuras 19, 20 e 21), situados na Praça Horace Wells.

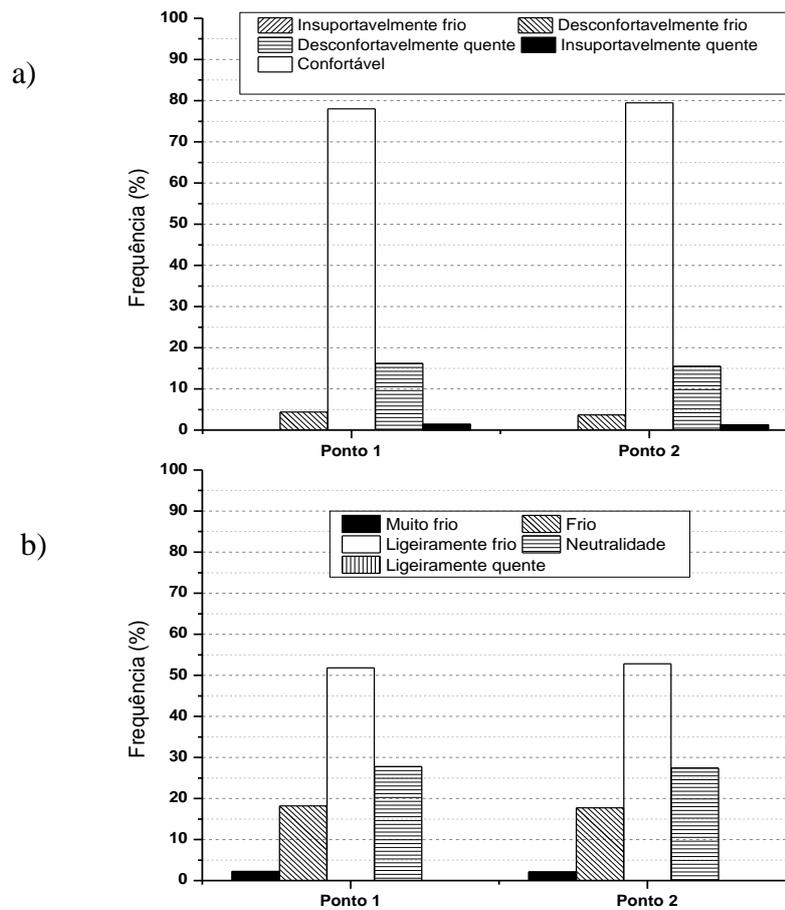


Figura 19: Categorização dos índices de conforto térmico DI_K (a) e ET_V (b) dos Pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 1: Exposto ao Sol do meio dia solar; Ponto 2: Sombreado.

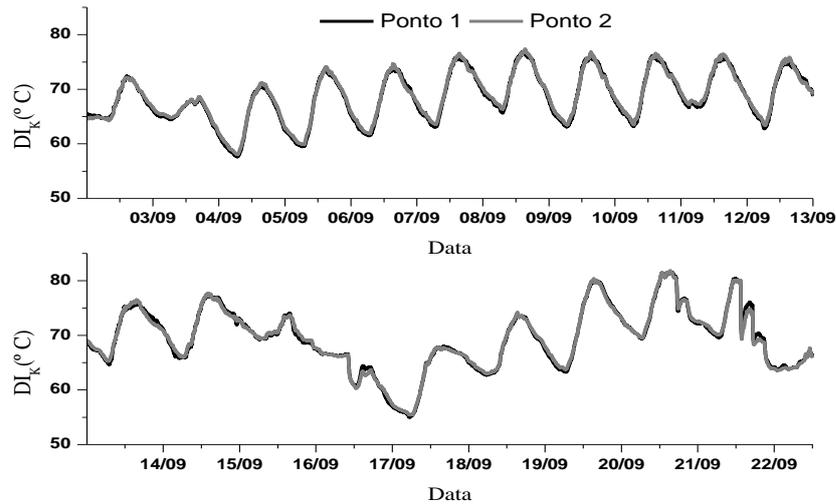


Figura 20: Comportamento do índice de desconforto térmico DI_K dos Pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.
Fonte: Autoria própria.

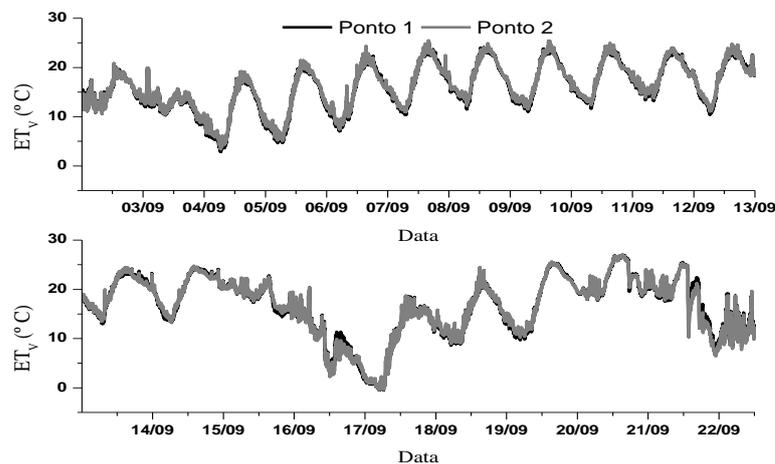


Figura 21: Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_V dos Pontos 1 e 2 na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.
Fonte: Autoria própria.

Em relação ao DI_K (Figura 19a), o Ponto 01 obteve uma maior porcentagem de dados na zona “desconfortavelmente frio” (4,4%) do que o Ponto 2 (3,7%). Na caracterização de “confortável” o Ponto 2 apresentou 1,5% de dados a mais em relação ao Ponto 1. Já na zona de “desconfortavelmente quente” (16,2% e 15,5%) e “insuportavelmente quente” (1,4% e 1,3%) os valores dos dois pontos foram mais próximos.

Para o ET_V (Figura 19b), as porcentagens de dados dos dois pontos foram ainda mais semelhantes: 0,1%, 0,5% e 0,4% a mais de dados o Ponto 1 em relação ao Ponto 2 nas zona de “muito frio”, “frio” e “neutralidade” respectivamente. Enquanto que para “ligeiramente frio” o Ponto 1 obteve 51,8% e o Ponto 2 obteve 52,2%.

Algumas poucas diferenças do comportamento dos índices entre os pontos 1 e 2 (Figura 20 e 21) ocorreram quando uma frente fria atuava na cidade (Quadro 3, Tabela 4). Essas quedas de temperaturas trazidas pela entrada de frente fria, como nos dias 17/09 e 22/09 podem ser percebidas pela Figura 22.

Essa semelhança do comportamento dos dados entre os Pontos 1 e 2 sugerem que ambos os pontos receberam grande influência da arborização na Praça Horace Wells.

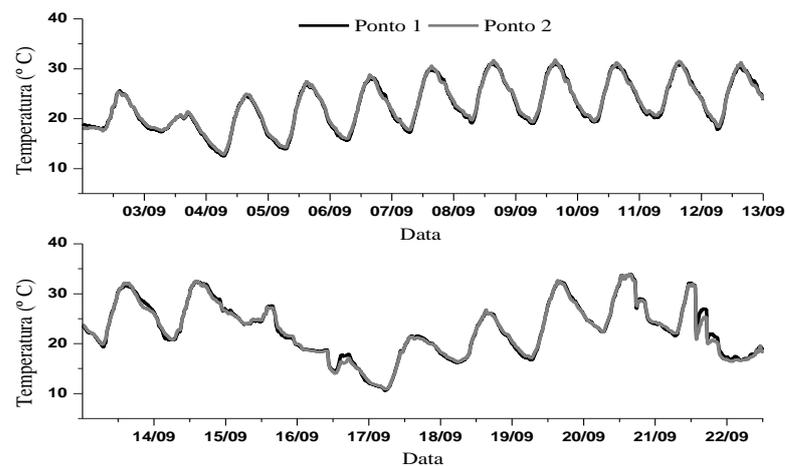


Figura 22: Comportamento da temperatura do ar nos Pontos 1 e 2 localizados na Praça Horace Wells, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

Dentre os sensores localizados ao longo da Rua Jonathas Serrano, foram selecionados o Ponto 5, que se encontrava permanentemente exposto à luz solar e afastado do “túnel de árvores”, o Ponto 9, que se encontrava sombreado pelo “túnel de árvores” e o Ponto 10, que estava também exposto à luz solar, no entanto, diferente do Ponto 5, este se localizava próximo ao “túnel”.

Foi possível perceber pequenas diferenças no comportamento dos dois índices de conforto térmico (Figuras 23, 24 e 25) entre os três diferentes pontos da Rua Jonathas Serrano ao longo do período de coleta de dados meteorológicos.

O índice DI_K apontou maior semelhança entre os Pontos 9 e 10, sob o efeito do “túnel”, com maior proporção de valores na faixa “confortável”, enquanto o Ponto 5, distante do “túnel”, mostrou valores ligeiramente maiores para “desconfortavelmente frio” e “desconfortavelmente quente” (Figura 25a). Isso sugere que a presença das árvores torna o ambiente mais confortável, reduzindo as amplitudes térmicas.

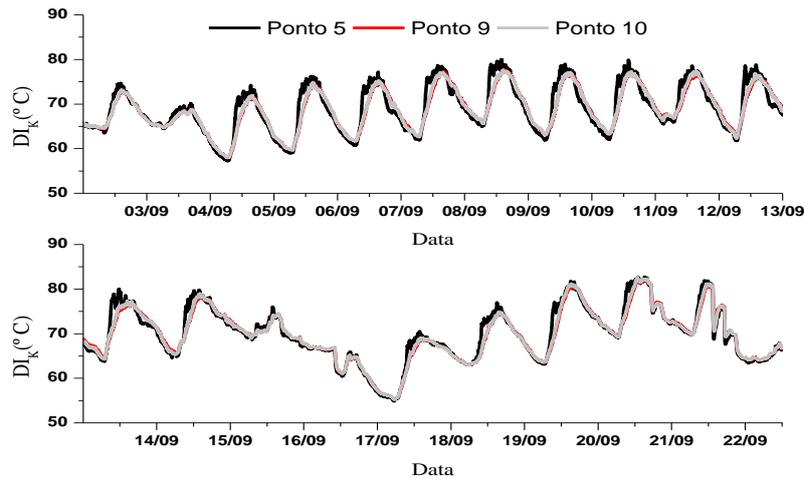


Figura 23: Comportamento do índice de temperatura efetiva DI_K dos Pontos 5, 9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Fonte: A autoria própria.

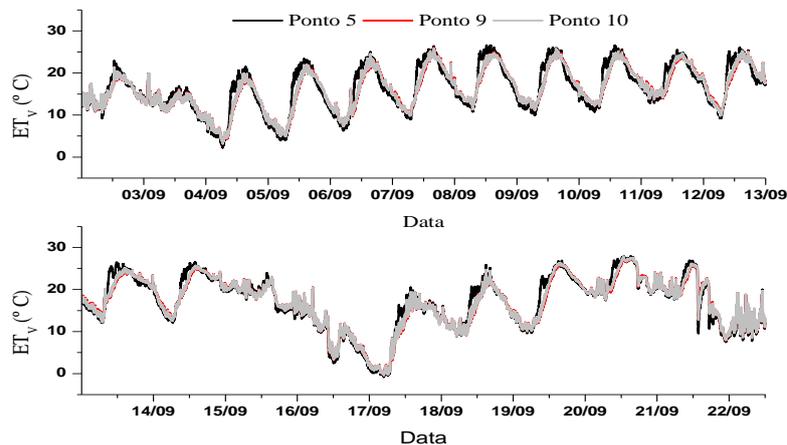


Figura 24: Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_V dos Pontos 5, 9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Fonte: A autoria própria.

Analisando a Figura 24a, pode-se perceber que o Ponto 5 mostrou uma maior porcentagem de dados na zona de “insuportavelmente quente” (3%) e “desconfortavelmente quente” (21,4%), enquanto que os Pontos 9 e 10 obtiveram 2,3% e 2,5% para “insuportavelmente quente” e o mesmo valor, 18,7% para “desconfortavelmente quente”. Para a categoria “confortável” os Pontos 9 e 10 se comportaram de forma semelhante novamente (75,1% e 75% respectivamente), enquanto o Ponto 5 apresentou a menor porcentagem nessa classificação (71,1%). Ao comparar os pontos pelo ET_V (Figura 25 b) os Pontos 9 e 10 obtiveram valores semelhantes: 30% e 29,9% para a “neutralidade”, ambos com 50,6% e 17,6% para “ligeiramente frio” e “frio”, respectivamente e 1,8% e 1,9% para “muito frio”. Já o Ponto 5 obteve 33,2% para a “neutralidade”, 46% para “ligeiramente frio”, 18,4% para “frio” e 2,4% para “muito frio”.

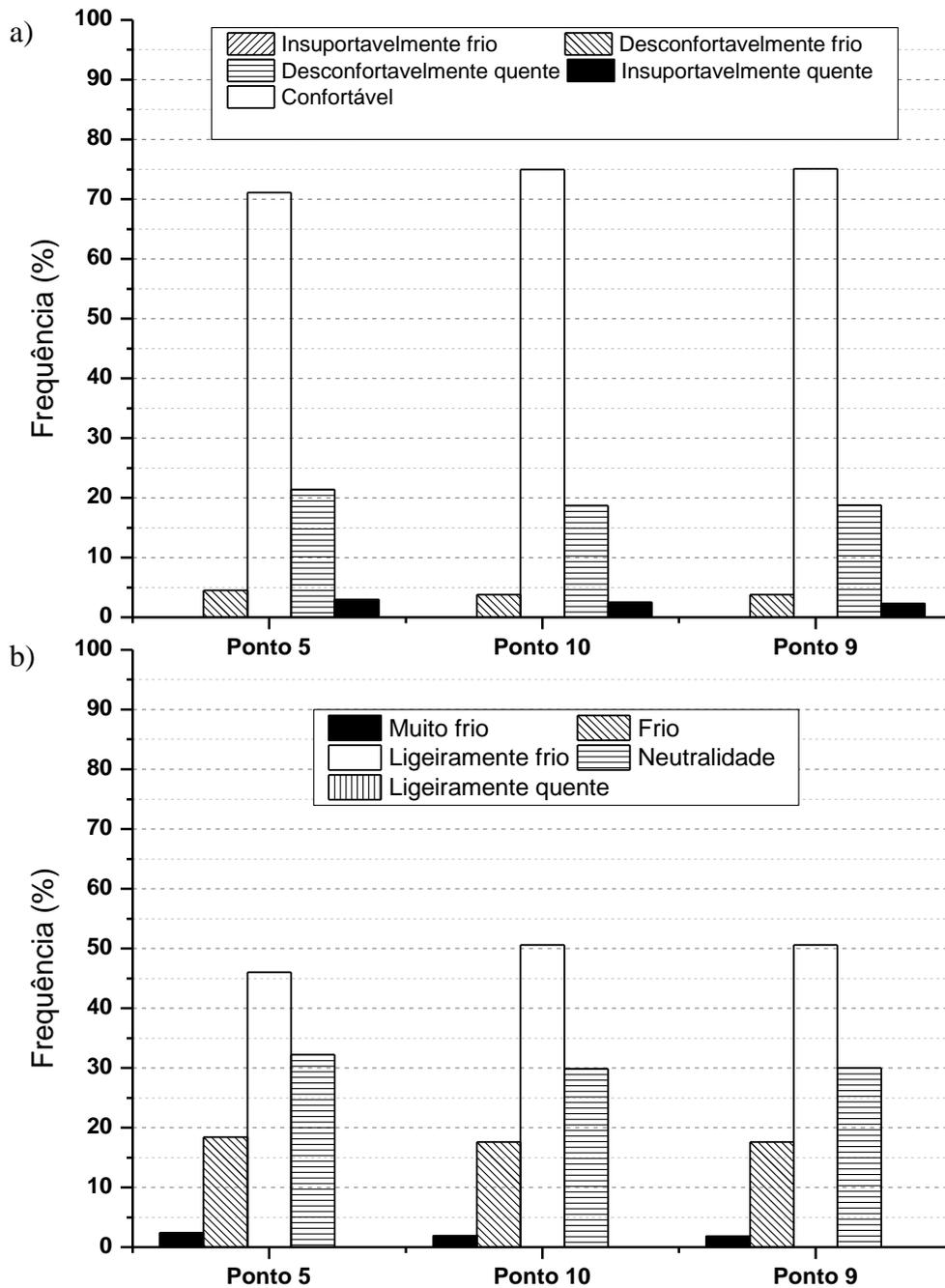


Figura 25: Categorização dos índices de conforto térmico DI_K (a) e ETV (b) dos Pontos 5, 9 e 10 na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 5: Exposto ao Sol longe do “túnel”, Ponto 9: Sombreado pelo “túnel”; Ponto 10: Exposto ao Sol próximo ao “túnel”. Fonte: Autoria própria.

Verificando o comportamento dos dois índices durante o período de 03/09 a 23/09 (Figura 23 e 24) pode-se verificar que as maiores diferenças dos pontos com influência do “túnel” (Ponto 9 e 10) com o Ponto 5 foram no final da manhã e início da tarde, momento em

que as temperaturas estão subindo, e foram sempre mais altas no Ponto 5, claramente ilustradas na Figura 26.

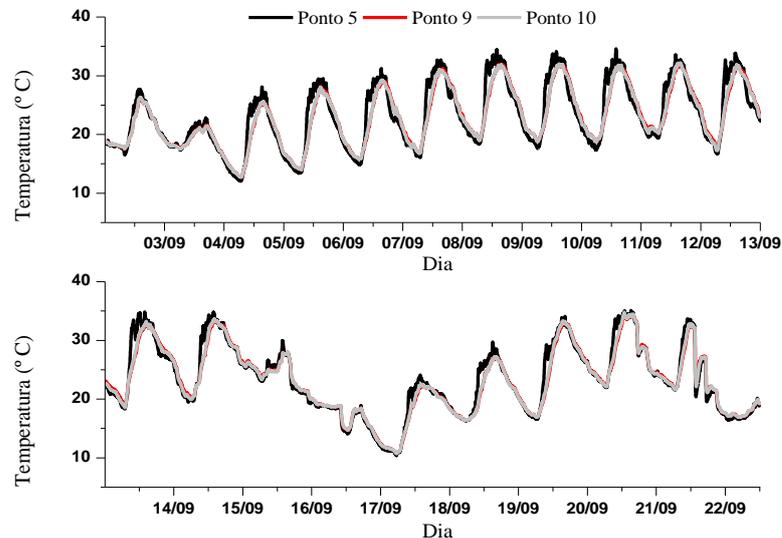


Figura 26: Comportamento da temperatura relativa do ar nos Pontos 5, 9 e 10 localizados na Rua Jonathas Serrano, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

Essa semelhança entre os dados dos Pontos 9 e 10 sugere que ambos receberam interferência da vegetação que forma o “túnel”, ao contrário do Ponto 5 mais distante desse.

Na Praça dos Bandeirantes, os valores de temperatura no Ponto 16, sob a copa da Santa Bárbara, foram maiores que os do Ponto 14, a pleno sol, em especial no final da manhã e início da tarde, quando as temperaturas estão se elevando. Esse ponto também apresentou as maiores temperaturas noturnas (Figura 27).

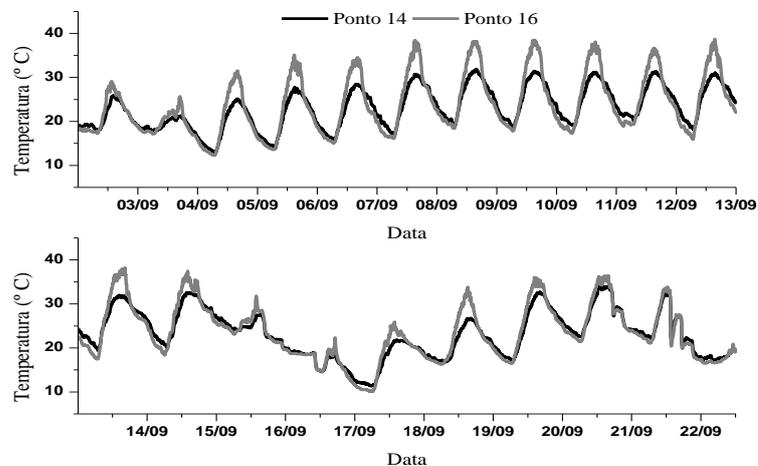


Figura 27: Comportamento da temperatura do ar nos Pontos 14 e 16 localizados na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

Para os Pontos 14 e 16 situados na Praça dos Bandeirantes, tanto o índice DI_K quanto o ET_V discriminaram alguns dos valores de conforto significativos (Figura 28 e 29). Esses valores mais expressivos foram nas categorias: “insuportavelmente quente”, “confortável”, “ligeiramente frio” e “ligeiramente quente”.

O índice DI_K para o ponto Ponto 14 (Figura 30a) apresentou uma maior porcentagem de dados na zona “confortável” (78%) do que o Ponto 16 (69,7%), embora tenham apresentado porcentagens iguais em “desconfortavelmente quente”. Outra diferença mais acentuada foi de 8% a mais para o Ponto 16 na categoria “insuportavelmente quente”. No entanto, o Ponto 16 estava sob a copa da Santa Bárbara e o Ponto 14 a pleno sol. Isso representa que sob a copa, os valores foram mais desconfortáveis e de maior amplitude térmica, o que ainda requer considerações.

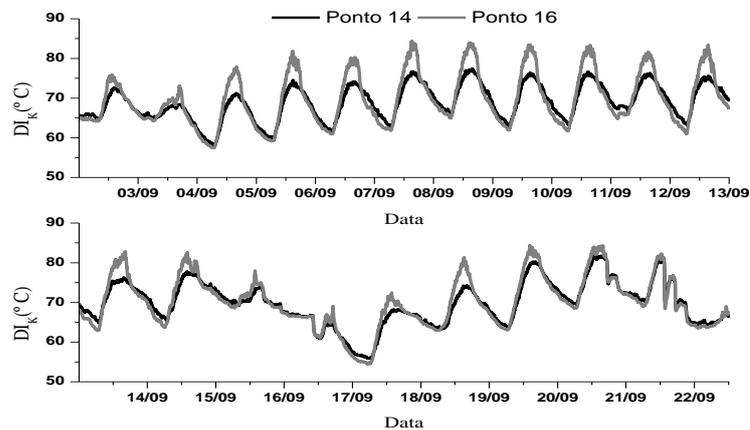


Figura 28: Comportamento do índice de temperatura efetiva DI_K dos Pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

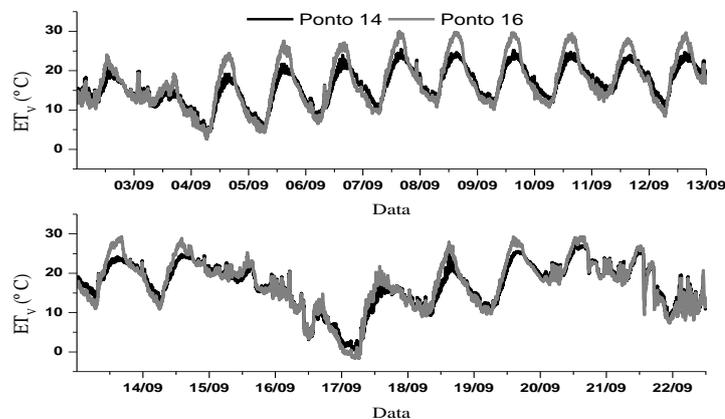


Figura 29: Comportamento do índice de temperatura efetiva ET_V dos Pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

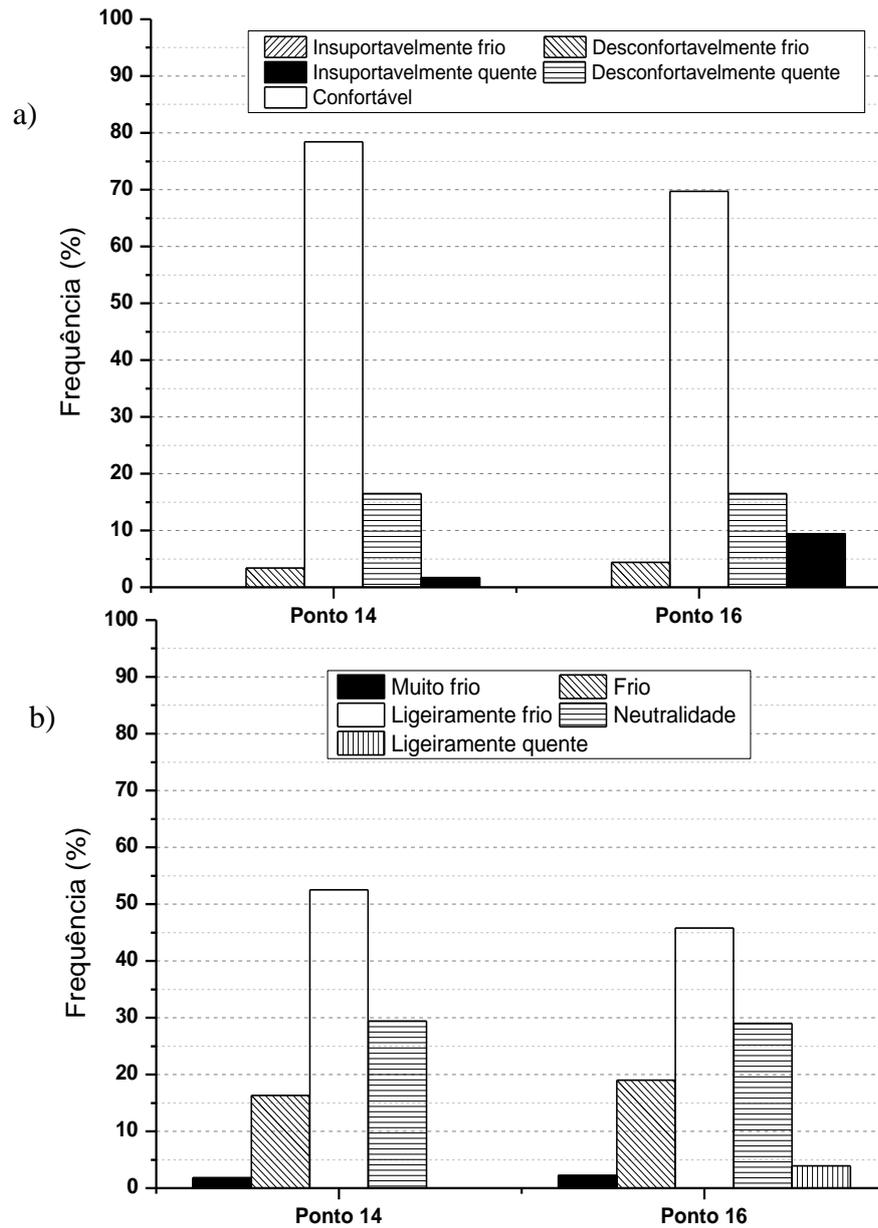


Figura 30: Categorização dos índices de conforto térmico DI_K (a) e ET_V (b) dos Pontos 14 e 16 na Praça dos Bandeirantes, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Ponto 14: Exposto ao Sol; Ponto 16: Sombreado.

Fonte: Autoria própria.

Para o ET_V (Figura30 b), o Ponto 14 obteve valores mais altos de percentuais que o Ponto 16 nas zonas “ligeiramente frio” (6,7% a mais) e “neutralidade” (0,4% a mais), enquanto que o Ponto 16 obteve maiores porcentagens em “muito frio” (0,4% a mais), “frio” (2,7% a mais) e “ligeiramente frio” (3,9%).

Considerando as temperaturas e valores de umidade relativa do ar e os índices DI_K e ET_V , a Praça Horace Wells, com uma maior cobertura arbórea, mostrou-se em grande parte dos momentos mais confortável em relação à Praça dos Bandeirantes.

Comparando, ainda, os valores de temperatura registrados nos sensores da Praça dos Bandeirantes (menos arborizada) com o localizado na Praça Horace Wells (mais arborizada), observou-se que os sensores 14 (Figura 31a) e 15 (Figura 31b) da Praça dos Bandeirantes apresentaram a temperatura na maioria das vezes (cerca de 90%) mais elevada que a do sensor 1. Já o sensor 16 (Figura 31c) apresentou para 50% dos valores uma temperatura mais amena que o sensor 1.

Comparando o Ponto 1 com o 14 (Figura 31a), a máxima diferença de temperatura observada foi de até 1,35°C menor na Praça Horace Wells. Porém, analisando os valores para os sensores 15 (sob a copa de Flamboyant, Figura 31b) e 16 (soba a copa da Santa Bárbara, Figura 31c), as maiores diferenças observadas foram de 6,5°C e 8,7°C, respectivamente, maiores do que o Ponto 1 (sensor exposto ao sol do meio dia solar, em praça bem arborizada). A maior diferença encontrada entre os Pontos 1 e 14 e entre os Pontos 1 e 15 foi na parte da manhã (próximo às 9h), já a maior diferença encontrada entre os Pontos 1 e 16 foi próximo às 15h.

As diferenças de temperatura menores que 0°C (intervalos acompanhados de valores negativos) aconteceram quando as temperaturas do Ponto 1 foram superiores às dos demais pontos (Pontos 14, 15 e 16). A maior temperatura no ponto 1 foi 0,85°C maior em relação ao Ponto 14 (Figura 31^a) e 2,7°C em relação aos Pontos 15 e 16, sendo que essas diferenças estavam concentradas no final da noite e início manhã.

Na comparação entre os Pontos 1 e 14, aproximadamente 80% dos dados estiveram no intervalo de diferença de temperatura de 0,01 a 1°C, ou seja, o sensor localizado a pleno sol na praça menos arborizada foi bastante semelhante ao da praça bem arborizada. Entre os Pontos 1 e 15, a maior frequência também foi encontrada no intervalo de 0,01 a 1°C. Já em relação aos Pontos 1 e 16, cerca de 50% dos dados mostraram que as temperaturas do Ponto 16 estavam mais amenas que o Ponto 1, principalmente no início da manhã e durante a noite. Por outro lado, em, 50% dos momentos, estavam também mais quentes (Figura 31c).

Uma situação semelhante foi encontrada por Gomes e Amorim (2003, p. 104), que analisaram o efeito do conforto térmico pelo índice de Temperatura Efetiva entre duas praças distintas na cidade de Presidente Prudente, SP. Verificaram que a praça mais

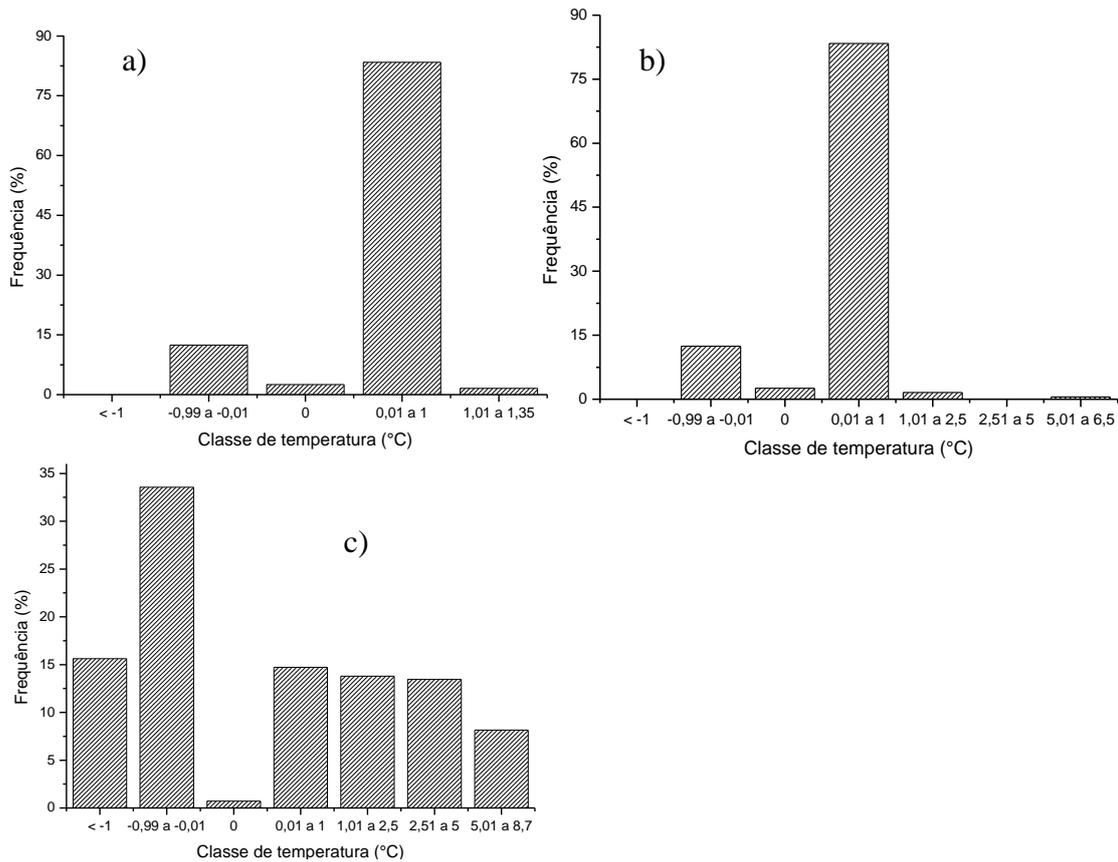


Figura 31: Frequência de ocorrência para intervalos da diferença de temperatura entre os Pontos 14 (a), 15 (b) e 16 (c) em relação ao Ponto 1, durante o período de 03/09 a 23/09/2013. Fonte: Autoria própria.

arborizada apresentou mais indicações de conforto em relação à outra praça, com uma menor arborização. Segundo eles, esse fato foi observado com maior eficiência às 16h.

Brandão e Lucena (1999, p.67), da mesma forma, avaliaram o conforto térmico de algumas praças na cidade do Rio de Janeiro pelo índice de Temperatura Efetiva, e apontaram que a insuficiência arbórea em espaços abertos dessa natureza auxilia nas situações de extremo desconforto humano por alcançar índices de desconforto fora do limite tolerável. No estudo realizado por Shashua-Bar e Hoffman (1999, p. 222) em Tel-Aviv, constataram que o efeito amenizador climático de pequenas áreas verdes pode ser sentido em um raio de até 100 metros distante das mesmas.

Já Oliveira, Andrade e Vaz (2011, p.2189) analisaram um pequeno espaço verde e a sua influência no meio ambiente atmosférico de uma área densamente urbanizada em Lisboa. Confirmaram que a área verde se encontrava mais fria que as áreas adjacentes, tanto no sol, quanto na sombra, sendo a maior diferença encontrada de 6,9°C em relação à temperatura do ar.

A eficiência do “túnel de árvores” pode ser reforçada pelas diferenças de temperaturas encontradas entre os Pontos 5 e 9 (Figura 32a), que chegou a ser 8°C mais

quente no Ponto 5, fato ocorrido no final da manhã do dia 13/09, porém com cerca de 10% dos dados com temperaturas maiores em cerca de 2,5°C ou mais. No entanto, no geral, as temperaturas do Ponto 5 foram inferiores as do Ponto 9 em cerca de 61,8% dos dados (principalmente no período da tarde), sendo que a maior diferença encontrada foi de 3,2°C (Figura 32a).

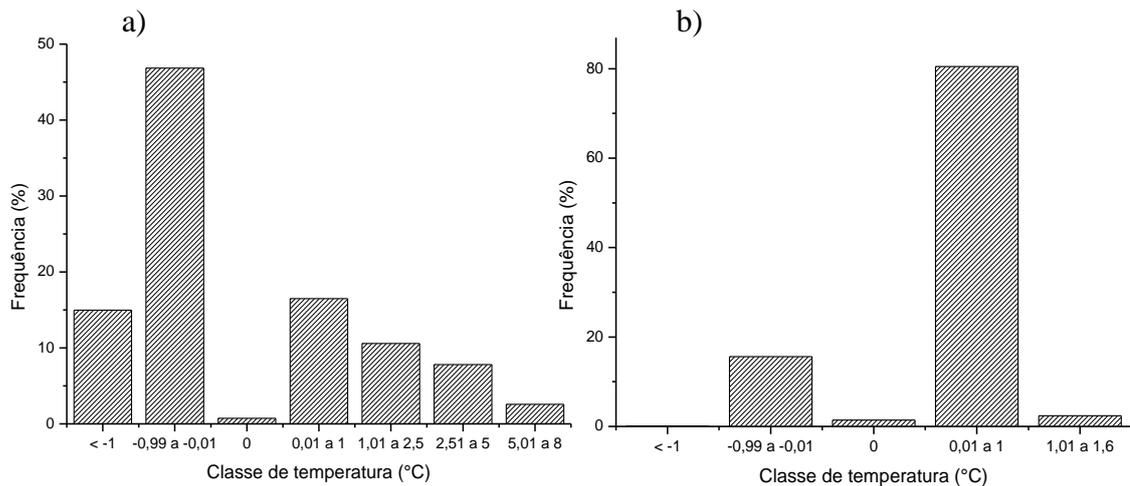


Figura 32: Frequência de ocorrência para intervalos da diferença de temperatura entre os Pontos 5 e 9 (a) e 9 e 1 (b) durante o período de 03/09 a 23/09/2013.

Fonte: Autoria própria.

Comparando a temperatura do sensor localizado na praça mais arborizada (Ponto 1) com a do localizado no túnel, pode-se perceber que em cerca de 80% (Figura 32b) dos dados a diferença foi de até 1°C com as menores temperaturas observadas na praça. Já a temperatura no túnel se mostrou, em cerca de 16% dos dados (concentrados no início da manhã e a noite) menor em relação aos da praça Horace Wells.

Além disso, foi observado que o Ponto 1 estava até 1,6°C mais ameno que o Ponto 9, essa maior diferença foi registrada no período da tarde. Já o Ponto 9 se mostrou até 1,3°C menor em relação ao Ponto 1.

Shashua-Bar e Hoffman (1999, p.234) mostraram um aumento do efeito de resfriamento nas ruas com árvores, mas que um tráfego pesado tem efeito oposto. Estes resultados divergem dos encontrados por Oliveira, Andrade e Vaz (2011, p.2190), que mostraram que a presença de árvores nas ruas, por outro lado, não tem uma grande influência sobre o ambiente térmico por proporcionarem um ambiente levemente mais quente do que os jardins e praças. Mas, afirmam que tal resultado pode indicar a importância da irrigação no jardim, permitindo uma mais intensa evapotranspiração em dias quentes e secos.

Em um estudo realizado na cidade de Rio Claro-SP, Silva (2012, p.79) avaliou o efeito provocado por arranjos de florestas urbanas sobre a temperatura e umidade do entorno. Nesse estudo, foi verificado que uma avenida, caracterizada por uma alta densidade de árvores de copa ampla, proporcionou uma atenuação de 2°C no seu entorno, confirmando que a redução da quantidade de superfícies impermeáveis e aumento da cobertura vegetativa reduzirão as temperaturas do ar.

Martini (2013, p.80), verificou a influência de diferentes arranjos paisagísticos na temperatura na cidade de Curitiba. Segundo a autora, a rua composta por *Tipuana tipu* nos dois lados proporcionou uma atenuação de até 2,12 °C, enquanto que a rua composta por *Handroanthus chrysotrichus* apresentou uma menor influência no microclima, atenuando em cerca de 1°C em relação a temperatura do entorno.

De acordo com Junior e Lima (2007, p.55), a correta utilização da arborização formando túneis pelo encontro das copas das árvores de médio e grande porte, proporciona um efeito paisagístico interessante, conduz o olhar do observador e gera microclimas agradáveis nas ruas, ao contrário daquelas que utilizam arbustos e árvores de pequeno porte.

O efeito do porte das árvores no conforto térmico também deve ser avaliado quanto à altura e tamanho da copa, pois, segundo (Silva et al., 1996 e Ghelfi Filho et al., 1996, apud Bartholomei 2003, p.132), árvores de copa densa e baixa e folhas largas dificultam a ventilação, tornando mais difícil a dissipação do calor (ar quente). Essa poderia ser uma das causas das temperaturas mais elevadas sob a copa do Flamboyant.

6. CONCLUSÃO

A Praça Horace Wells se apresentou mais “confortável” em relação à Praça dos Bandeirantes, podendo inferir que o sombreamento do prédio e a maior densidade arbórea contribuíram para reduzir a média de temperatura nos sensores.

Além da maior densidade arbórea, a Praça Horace Wells também apresentou maior riqueza de espécies, dispostas com maior espaçamento, o que pode contribuir para o conforto térmico, pois, além do maior sombreamento, a sobreposição das copas e a variação na quantidade e qualidade das folhas contribuem de forma diferenciada para o controle dos parâmetros climáticos (temperatura, umidade e vento). Dessa forma, o ideal seria que todas as praças tivessem sua arborização incentivada e manejada buscando o conforto térmico.

A presença do “túnel de árvores” também contribuiu para o conforto térmico, apresentando efeito semelhante ao da praça bem arborizada, sendo capaz de atenuar a temperatura do ar em cerca de 2,5 até 8°C em comparação a sensores totalmente expostos. Dessa forma sugere-se a necessidade de um planejamento visando uma arborização urbana mais eficiente com árvores de grande porte com sobreposição de copas. Outros estudos são necessários para avaliar o efeito da concentração ou espaçamento entre árvores de diferentes espécies, visando encontrar padrões de conforto indicados para diferentes regiões das cidades.

No período analisado, final do inverno, o índice de desconforto DI_K indicou mais “confortável” nos locais com uma maior arborização. Já para o índice ET_V essas diferenças entre as praças e a rua não foram tão significativas.

Mais estudos são necessários para uma melhor compreensão do diferente comportamento entre as espécies, como verificado para o Flamboyant e a Santa Bárbara, sendo que esta última mostrou tanto temperaturas mais amenas quanto mais elevadas sob sua copa, além de todos os diferentes fatores que explicam a influência das áreas verdes e da arborização urbana nos ambientes do entorno, fornecendo as informações necessárias aos gestores para uma eficiente utilização da vegetação na área urbana.

REFERÊNCIAS

AAKER. Desiômetro florestal. Disponível em: http://www.aaker.com.br/produtosdetalhes_sv.asp?ProdutoID=158&nome=DENSI%D4METRO-FLORESTAL . Acesso em: 19 jun. 2013

ABREU, Alexandre H. OLIVEIRA, Rodrigo J. de. **Áreas verdes e municípios**, 2004. 4p.

AKBARI, Hashem; DAVIS, Susan; DORSANO, Sofia; HUANG, Yu J.; WINNETT, Steven. Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. 1992. **Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos**, 1992. p.17-42.

ANDRADE, Inês E. **Jardins Históricos Cariocas: significação e preservação**. 2004. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, 2004. 181 p.

ARAUJO, Bianca C. D de; CARAM, Rosana. Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico. **Ambiente & Sociedade**, v. IX nº, 2006. 167 p.

ASHRAE, Standard. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, USA, v.55, 2004.

AYOADE, Johnson O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Trad. Maria Juraci Zani dos Santos. 4ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BARROS, M. V. F.; VIRGILIO, H. Praças: espaços verdes na cidade de Londrina. **Geografia** Volume 12 - Número ,1, 2003. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewArticle/6713>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

BARTHOLOMEI, Carolina L.B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. 189 p.

BORGES, Péricles F.; DA SILVA, Bernardo B.; MELO, Ewerton C. S.; DA SILVA, Thábata D. U. **Crescimento, desenvolvimento e balanço de radiação do algodoeiro herbáceo BRS-201 em condições irrigadas**. 2002. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, 2002. 99 p.

BRANDÃO, Ana M. P. M. e LUCENA, Andrews J. L. A ilha térmica e sua influência no conforto humano na área central da cidade do Rio de Janeiro. In: **VIII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada**. v.1. UFMG, Belo Horizonte. 1999.p. 66-67.

CAPORUSSO, Danúbia; MATIAS, Lindon F. Áreas Verdes Urbanas: Avaliação e Proposta Conceitual. **Anais** do I Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado de São Paulo, Rio Claro, 2008, p. 71-87.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P.C.D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: **Anais** do 1º Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana e 4º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Vitória - ES, 1992. p 29-38.

CAVALHEIRO, Felisberto; NUCCI, João C.; GUZZO, Perci; ROCHA, Yuri T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - SBAU, ano VII, n.3, 1999.7 p.

CARVALHO, Márcia O. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal**. 2001. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001. p.145-247.

CASARIL, Carlos C. A expansão físico-territorial da cidade de Londrina e seu processo e verticalização: 1950-2000. **Revista Geografia**. v.18, n.1 , 2009. p.65-94.

CHERNEV, Lucas M.; TARGINO, Admir C. **Índices de conforto térmico aplicados em conglomerados urbanos**. Relatório Técnico-Científico. Fundação Araucária, 2012. 23 p.

CIDIM, Renata C.P. J.; SILVA, Ricardo S. **A pegada ecológica em relação ao homem, à natureza e à cidade**. Universidade Federal de São Carlos, 2002. 19 p.

CLAES JOHNSON ON MATHEMATICS AND SCIENCE Towards understanding by critical constructive inquiry. Disponível em:
<http://claesjohnson.blogspot.com.br/2010_04_01_archive.html>Acesso em: 21 jan. 2014

DANTAS, Ivan C.; SOUZA, Cinthia M.C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004. 18 p.

FEITOSA, Sônia M. R. **Alterações climáticas em Teresina, PI, decorrentes da urbanização e supressão das áreas verdes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí, 2010. 112 p.

FRAZER, Lance. Paving Paradise: The Peril of Impervious Surfaces. **Environ Health Perspec**, v.113, n.7, 2005. p. 456-462.

GOMES, Marcos A. S.; AMORIM, Margarete C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de presidente prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, Presidente Prudente, 7(10)94-106, set. 2003.

GOOGLE MAPS. Rua João XXIII, Londrina-PR. Disponível em: <https://maps.google.com.br/maps?q=rua+joao+xxiii+londrina&ie=UTF-8&ei=Qk3pUquOJMWukAeGgIFQ&ved=0CAcQ_AUoAQ> Acesso em: 25 jan. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA-IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/Parana.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ –IAPAR. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1647>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ –IAPAR. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>>. Acesso em: 02 mar. 2014.

JUNIOR, José H. A.; LIMA, Ana M.L.P. Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.4,2007. p. 50-66.

KAWAMURA, Takeshi. Distribution of discomfort index in Japan in Summer season. **Journal of Meteorological Research**, 17, 1965.p. 460-466.

KUCHELMEISTER, Guido; BRAATZ, Susan. Urban forestry revisited. **Unasylva**, v.44, n.173, 1993. p.3-12.

LEMMON, Paul E.A new instrument for measuring forest overstory density. **Revista Florestal**, 1957. p.667-668.

LOBODA, Carlos R.; DE ANGELIS, Bruno L.D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. Guarapuava, PR. **Revista Ambiência**, v.1, n.1, 2005. p.125-139.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 2008. 384 p.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.2, 2009a. 384 p.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.3, 2009b. 384 p.

LORENZI, Harri; SOUZA, Hermes M. de; TORRES, Mario A.V. **Árvores Exóticas no Brasil – madeireiras, ornamentais e exóticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 384 p.

MAIA, João A. GONÇALVES, Fábio T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo – Parte 1. **Anais XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz do Iguaçu-PR, 2002.p. 305-314.

MAGALHÃES, Luís M. S. Arborização e florestas urbanas: terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Revista Floresta e Ambiente. Série Técnica**, Rio de Janeiro, v. 1, 2006. p. 23-26

MARTINI, Angelina. **Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba, PR**.2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.Curitiba,2013. 129 p.

MATOS, Eloina; QUEIROZ, Luciano P. **Árvores para cidades**. Salvador: Ministério Público do Estado da Bahia: Solisluna, 2009. 340 p.

MELO, Evanisa F. R. Q; PIACENTINI, Carla A. M. Diversidade da Arborização Urbana no Município de Colorado (RS). Guarapuava, PR. **Revista Ambiência**, v. 7, n.2,2011. p.339-352.

MENDONÇA, Francisco A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de médio e pequeno porte**. 1994. Proposta metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/Pr. Tese (Doutorado). São Paulo, 1994. 300 p.

MILANO, Migue S.; DALCIM, Eduardo C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226 p.

NICODEMO, Maria L. F.; PRIMAVERSI, Odo. **Por que manter árvores na área urbana?** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NUCCI, João C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano.** São Paulo: Humanitas / FAPESP, 2001. 150 p.

NUCCI, João C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP).** 2ª ed., Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.

OLIVEIRA, Carlos H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas.** 1996. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 1996. 181 p.

OLIVEIRA, Sandra; ANDRADE, Henrique; VAZ, Teresa. The cooling effect of Green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. **Building and Environment** 46, 2011, p.2186-2194.

ONETEMP. Hobo-u23 pro v2 temperature/relative humidity data logger - U23-001. Disponível em: <<http://www.onetemp.com.au/p/1127/hobo-u23-pro-v2-temperaturerelative-humidity-data-logger-u23-001>>. Acesso em: 23 jun.2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. 2011. World Urbanization Prospects. Disponível em: <<http://esa.un.org/unup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm>>. Acesso em: 24 julho 2013.

PEETERS, Leen; DEAR, Richard de; HENSEN, J.;D’HAESELEER, W. Thermal comfort in residential buildings: Confort values and scales for building energy simulation. **Applied Energy**, v.86, n.5, maio, 2009. p.772-780.

PIVETTA, Kathia F. L.; FILHO, Demóstenes F. da S. **Arborização urbana.** Boletim acadêmico UNESP/FCAV/FUNEP Jaboticabal, SP, 2002, 69 p.

POLIDORO, Maurício; LOLLO, José A. de; BARROS, Mirian V.F. Environmental impacts of urban sprawl in Londrina, Paraná, Brazil. **Journal Urban Environ Engineering**. v. 5, n.2, 2011 p.73-83.

PORTAL DA PREFEITURA DE CURITIBA. Agência de notícias da Prefeitura de Curitiba. Meio Ambiente: índice de área verde passa para 64,5 m² por habitante. Disponível em: <

<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/indice-de-area-verde-passa-para-645-m2-por-habitante/25525>> Acesso em: 23 jul. 2013.

PREFEITURA DE LONDRINA. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=163&Itemid=66>. Acesso em: 23 jul.2013.

RACHID, Carolina; COUTO, Hilton T. Z. do. Estudo da eficiência de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de São Carlos-SP. **Scientia Florestalis**, n.56, dez. 1999. p.59-68.

ROCHA, José R. ; WERLANG, Mauro K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 27,2005. p. 85-100.

ROSSET, Franciele. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas. Estudo de caso: Erechim, RS.**2005. Dissertação de mestrado São Carlos: UFSCar, 2005. 60 p.

SEMINÁRIO NACIONAL DE SAÚDE E AMBIENTE COM CONTROLE SOCIAL, 1., 2003, Brasília. Documento CISAMA. Brasília: Conselho Nacional de Saúde, 2005.

SHASHUA-BAR, Limor; HOFFMAN, Milo E. The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. **Journal of Building and Environment**, 2002; p. 221-235.

SILVA, Isadora M. Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico.2012 Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2012. 170p.

SIMEPAR. Tecnologias e informações ambientais. Disponível em: <<http://www.simepar.br/>>. Acesso em: 03 set.2013.

STATHOPOULOS, Theodore.; WU, Hanqing.; ZACHARIAS, John. (2004).Outdoor human comfort in an urban climate. **Build Environ**, v.39, 2004 .p.297–305.

SUPING, Zhang; GUANGLIN, Meng; YANWEN, Wang; JI, Li. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, 36, 1992. p. 63-68

TAHA ,Haider .Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energ Buildings** 25,1997. p. 99- 103.

TARGINO, Admir C.; KRECL, Patrícia; CORAIOLA, Guilherme C. Effects of the large-scale atmospheric circulation on the onset and strength of urban heat islands: a case study. **Teórica e Aplicada Climatologia**, 2013. 15 p.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, 12, 57-60, 1959.

UEM, Programa de pós Graduação em Genética e Melhoramento. Conhecendo Maringá. Disponível em : <<http://www.pgm.uem.br/maringa/maringa.htm>> Acesso em: 23 jul. 2013.

VRIES, Sjerp de; VERHEIJ, Roberta A.; GROENEWEGEN, Peter P.; SPREEUWENBERG, Peter. Natural environments—healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between green space and health. **Ambiente e Ordenamento**, v.35, n.10, 2003. p. 1717-1731.