



A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES EXEMPLARES VEGETAIS NO CONFORTO TÉRMICO DE PEDESTRES E CICLISTAS: CASO DA AVENIDA PROFESSOR FONSECA RODRIGUES DE SÃO PAULO, SP.

Bruna Suzana Pereira Dias (IC) e Loyde Vieira de Abreu Harbich (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

O sombreamento vegetal é capaz de reduzir a incidência de radiação no solo urbano, controlar o clima e promover mais saúde e bem-estar, além de incentivar o uso de bicicletas. O **objetivo** desta pesquisa é desenvolver um protótipo de sensor de baixo custo de temperatura e umidade que permita avaliar quantitativamente a relação entre diferentes exemplares vegetais na melhoria do conforto térmico na Avenida Professor Fonseca Rodrigues em São Paulo. A **metodologia** consiste em: a) seleção da área de estudos; b) seleção dos equipamentos; c) levantamento de dados climáticos de campo através de equipamento de baixo custo; d) análise estatística descritiva dos dados climáticos. Como **resultado**, há viabilidade de criar dispositivos de baixo custo capazes de fornecer respostas rápidas no monitoramento de temperatura em Smart Cities. Na ciclovía, tanto as árvores quanto as palmeiras contribuem para a redução do calor. Esses resultados são relevantes para o planejamento urbano, considerando que nem sempre há espaço disponível para o plantio de árvores. Sugere-se o planejamento de forma adequada a preservação, implantação e manutenção da arborização viária. Esta pesquisa faz parte da pesquisa Universal CNPQ, n. processo: 409032/2021-2.

Palavras-chave: arborização urbana, conforto térmico, Arduino.

ABSTRACT

Vegetative shading can reduce the incidence of radiation on urban soil, controlling the climate and promoting health and well-being, as well as encouraging the use of bicycles. The purpose of this research is developing a low cost sensor of air temperature and humidity to quantitatively of relationship between different plant species in improving thermal comfort on Professor Fonseca Rodrigues Avenue in São Paulo. The methodology consists of: a) selection of the study area; b) selection of equipment; c) collection of field climate data using low-cost equipment; d) descriptive statistical analysis of the climate data. As a result, the feasibility of creating low-cost devices capable of providing quick responses in temperature monitoring in Smart Cities was identified. On the bike path, it was observed that both trees and palm trees contribute to heat reduction. These results are relevant for urban planning, considering that space for tree planting is not always available. Adequate plan the preservation, implementation, and maintenance of street tree planting. This research is part of the Universal CNPQ, process no.: 409032/2021-2.

Keywords: Urban forestry, thermal comfort, Arduino.



1. INTRODUÇÃO

O processo contínuo de ampliação da área urbanizada junto à supressão da cobertura vegetal altera as condições microclimáticas das cidades, prejudicando a saúde e o bem-estar da população. Recentemente, estudos apontaram que a presença de exemplares vegetais como árvores e palmeiras é uma estratégia prática recomendada para mitigar os efeitos negativos das mudanças no microclima urbano, proporcionando mais conforto térmico à população (DACANAL; LABAKI; SILVA, 2010; LABAKI, et al. 2011; KRÜGER; MINELLA; RASSIA, 2011; WANG et al. 2018).

A vegetação urbana melhora a estética e o conforto dos ambientes, incentivando a permanência das pessoas para atividades esportivas e contemplativas (LIN et al., 2008). O Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta destaca que o sombreamento das vias influencia o uso de bicicletas e a qualidade ambiental das ciclovias (Ministério das Cidades, 2004). Além disso, a arborização urbana é crucial para a locomoção a pé, assim como a iluminação, a qualidade do passeio e a ausência de obstáculos.

O conforto térmico humano é definido pela ASHRAE-55 (2020) como “o estado da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. No ambiente urbano, o conforto térmico depende da combinação dos fatores ambientais (temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e ação dos ventos) e das características dos indivíduos (idade, sexo, peso, estado de saúde, atividade exercida, metabolismo, vestuário, adaptação fisiológica ao clima local ou simplesmente preferências pessoais) (VDI-3787, 2015).

Os índices de conforto térmico humano são usados em avaliações quantitativas, considerando o balanço de energia no ser humano e incluindo as variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar) e variáveis humanas (metabolismo e vestimenta). Alguns índices como PET (Temperatura Fisiologicamente equivalente) e UTCI (Índice Universal de Conforto Térmico) tem valores expressos em números, facilitando a comparação dos resultados com a temperatura do ar e com a percepção de conforto térmico realizadas a partir de entrevistas em situações de estresse térmico e atividades esportivas ao ar livre (MANAVVI, RAJASEKAR, 2020).

Estudos apontam que os benefícios do resfriamento proporcionados pela vegetação arbórea podem variar com: o clima (RAHMAN et al., 2020); tipo de espécie arbórea (MOSER-REISCHL et al., 2019; ABREU-HARBICH et al. 2015) e também características ambientais, tais como: condições de crescimento da vegetação em meio a topografia urbana (GULYÁS et al., 2006), orientação das vias, altura e largura dos edifícios (BOWLER et al., 2010; JAMEIA et al., 2016) e a quantidade de árvores - árvore isolada ou agrupamento de árvores (STREILING; MATZARAKIS, 2003; ABREU-HARBICH et al., 2015). No entanto, ainda há



poucos estudos focados nas características específicas de diferentes exemplares vegetais e seus benefícios no ambiente urbano que promovam conforto térmico.

Caracterizar os exemplares vegetais e entender sua relação com o ambiente térmico é crucial para o planejamento urbano. Utilizar informações qualitativas e quantitativas ajuda os planejadores a selecionarem as espécies adequadas e os locais certos para plantar, melhorando o conforto térmico para pedestres e ciclistas e mitigando os impactos das mudanças climáticas.

Considerando tais aspectos, esse estudo objetiva o desenvolvimento de um sensor de temperatura e umidade de baixo custo para levantamento térmico em áreas urbanas e quantificar o conforto térmico proporcionado por diferentes exemplares vegetais urbanos. O desenvolvimento desse dispositivo permite elaborar parcerias intra e extra universidade com possibilidade de patente. O trabalho insere-se numa linha de estudos que, ao reconhecer o que vem sendo chamado de “urbanismo ecológico” de Mostafavi e Dorherty (2014), destaca a importância da análise e entendimento das características da paisagem urbana e como suas áreas verdes devem existir como verdadeiros artefatos de engenharia com potencial para retenção de radiação solar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A vegetação em áreas urbanas abertas contribui para a melhoria da qualidade de vida, influenciando no arrefecimento do ambiente construído por meio da atenuação da radiação solar, redução da velocidade do vento, diminuição da temperatura do ar e promoção do conforto térmico. No entanto, esses efeitos variam conforme fatores como clima, topografia, orientação das vias, dimensões dos edifícios, tipos de pavimento, características das espécies arbóreas e a forma de distribuição da vegetação, seja isolada ou em grupos.

Recentemente, as pesquisas têm explorado o tamanho, o tipo e a altura das árvores, bem como os efeitos das diferentes espécies em configurações urbanas e climas variados, com foco especial na capacidade das copas das árvores de atenuar a radiação solar e seu impacto no microclima urbano.

Brown e Gillespie (1995) mostram que as folhas absorvem a maior parte da radiação visível e infravermelha. Estudos demonstram que árvores reduzem a temperatura radiante média (Trm) e o fator de visão do céu (FVC) em áreas urbanas. Wang et al. (2015) encontraram uma redução de 7,4 °C na Trm em bosques na Holanda, e Charalampopoulos et al. (2013) observaram uma redução de 8 °C na Grécia. No Brasil, Abreu-Harbich et al. (2015) reportaram uma redução de até 20 °C sob copas densas. Wang e Akbari (2016) notaram uma redução de 40 K em Montreal. Shahidan et al. (2010) destacaram que o Índice de Área Foliar



(IAF) é crucial na filtragem da radiação, com diferentes espécies exibindo variações significativas na redução da radiação.

Em Campinas–SP, Brasil, Abreu- Harbich et al. (2015) avaliaram 12 espécies arbóreas e verificaram que o agrupamento da espécie Sibipiruna (*C. pluviosum*) reduziu cerca de 94,8% da radiação solar direta incidente e reduziu a temperatura em 2,7 °C na hora mais quente do dia. Na mesma cidade, Ribeiro (2018) avaliou a influência no conforto térmico através da atenuação solar de quatro espécies de palmeiras - A Rabo de Raposa (*Wodyetia bifurcata* Irvine), Tamareira (*Phoenix dactylifera* L.) e Washingtonia (*Washingtonia robusta* H. Wendl) e o agrupamento de palmeiras Livistona (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier) - durante as estações do ano. Como resultado, obteve-se que a atenuação solar na primavera da Washingtonia foi de 71,5%; da Tamareira de 53,8%; Rabo de Raposa de 50,3%. No verão, Washingtonia, 75,4%; Tamareira, 58,1% e Rabo de Raposa, 55%. No outono, a Washingtonia de 81,3%; Rabo de Raposa de 69,6%; e Tamareira de 67,0%. E no inverno, a Washingtonia de 80,3%; Rabo de raposa de 63,1%; e a Tamareira de 60,9%. As palmeiras da espécie Livistona tiveram o melhor desempenho com a diferença das temperaturas do ar na sombra e no sol de 1,2 - 2,4 °C. Este estudo concluiu que espécies de palmeiras que possuem o IAF elevado e maior atenuação da radiação solar têm maior capacidade de redução da temperatura, com resultados satisfatórios nas sensações de conforto térmico no microclima urbano, evidenciando-se sua viabilidade na construção da paisagem urbana.

Posteriormente, Roriz (2021) avaliou que a espécie Sibipiruna que reduziu a temperatura do ar em até 6,8 °C, a Temperatura Radiante Média em 3,73 °C, PET, em 11 °C e UTCI, em 10 °C. Também observou que cerca de 34% das pessoas entrevistadas alegaram estar em conforto térmico à sombra das árvores e 14,4% sob a sombra das palmeiras. Perante os resultados de Abreu et al. (2015), Ribeiro (2018) e Roriz (2021), conclui-se que as características morfológicas entre os exemplares vegetais geram áreas de sombreamento diferentes, influenciando distintamente no microclima.

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos consistem em: a) Seleção da área de estudo;b) Seleção de equipamentos; c) Coleta de dados de campo; d) Análise estatística descritiva dos dados climáticos.

3.1 Seleção da área de estudo

3.1.1 Descrição do clima local

Esta pesquisa se desenvolveu no município de São Paulo (23° 32' 56" Sul, 46° 38' 20" Oeste), situado na região sudeste do Brasil. A cidade possui uma população estimada de



11.451.245 pessoas e densidade demográfica de 7.527,76 habitantes por quilômetro quadrado, segundo o censo de 2022 (IBGE, 2023).

O clima natural do Município é condicionado pela compartimentação do relevo, notadamente pela presença das serras do Mar e da Cantareira e da Bacia Sedimentar de São Paulo (Tarifa e Armani, 2001; Tarifa, 2001). Conforme a classificação de Köppen, o clima de São Paulo é Cwa, caracterizado por um inverno seco com temperaturas inferiores a 18 °C e um verão quente com temperaturas superiores a 22 °C (IAG/USP).

Conforme evidenciado (figura 01), já em 2002, um estudo demonstrou que a cidade apresentava variações térmicas distintas. As áreas com uma cobertura vegetal considerável, como as matas da Cantareira e a região extrema sul, exibiam temperaturas mais amenas. Por outro lado, a região central e as antigas zonas industriais ao longo do rio Tamanduateí, na Zona Leste, registravam temperaturas mais elevadas. Essa disparidade nas temperaturas refletia os variados padrões de uso e ocupação do espaço urbano. Regiões com um maior conforto térmico eram identificadas nos chamados "bairros jardins", como Jardim Europa, Cidade Jardim, Chácara Flora e Granja Julieta. Nessas áreas, havia predominância de ocupação residencial horizontal acompanhada de arborização. Em contrapartida, as temperaturas mais altas eram registradas nas áreas periféricas, principalmente na Zona Leste. Isso resultava da ocupação total dos terrenos por edificações e da falta de arborização (São Paulo/Município, 2002).

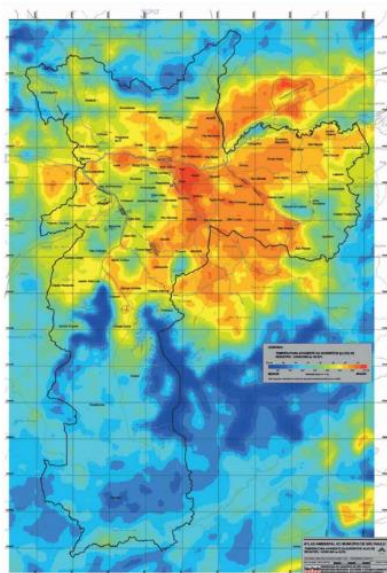


Figura 01. Temperatura aparente de superfície - 1999.

Fonte: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (São Paulo/Município, 2002).

Conforme os registros do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) referentes ao ano de 2022, a temperatura média anual atingiu a marca de 19,9 °C. Observou-se, no decorrer



desse período, um pico de temperatura máxima em outubro, alcançando os 34,0 °C, enquanto a temperatura mínima mais baixa foi registrada em maio, chegando a 7,0 °C, conforme ilustrado na figura 02. A umidade relativa do ar ao longo do ano permaneceu em torno de 69,5%, e a distribuição da precipitação manteve-se equilibrada, com janeiro e março figurando como os meses mais chuvosos, conforme pode ser observado na figura 03. A radiação solar média atingiu 1341,6 kJ/m² (figura 04). A velocidade média do vento durante o ano foi registrada em 1,89 m/s, com rajadas que chegaram a alcançar 18,5 m/s, como retratado na figura 5. É importante notar que a direção predominante dos ventos foi proveniente do Sudeste, conforme ilustrado na figura 6.

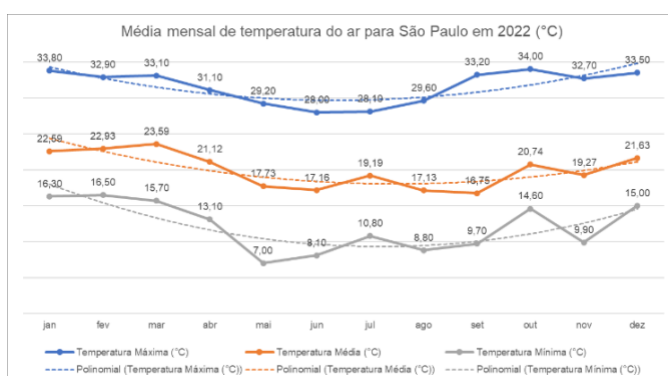


Figura 02. Gráfico da média mensal de temperatura do ar em 2022, em São Paulo.
Fonte: Adaptado INMET (2022)

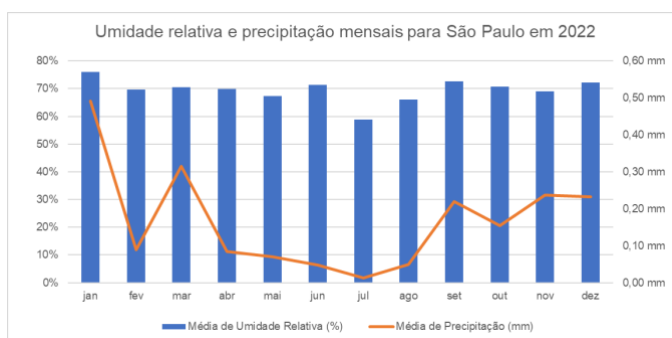


Figura 03. Gráfico da média mensal de umidade relativa em 2022, em São Paulo.
Fonte: Adaptado INMET (2022)

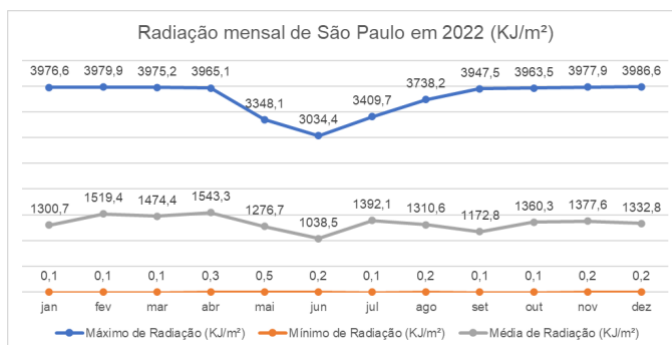


Figura 04. Gráfico da média mensal de radiação solar em 2022, em São Paulo.
Fonte: Adaptado INMET (2022)

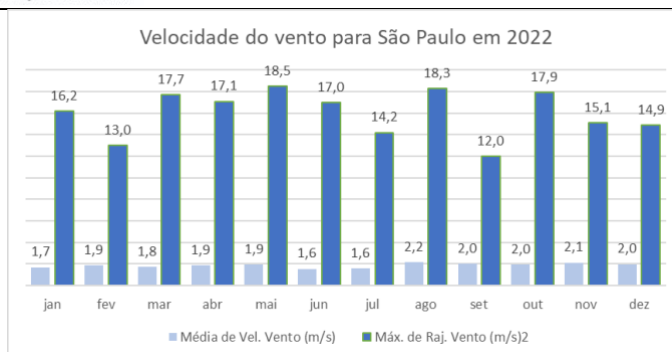


Figura 05. Gráfico da média mensal de velocidade do vento em 2022, em São Paulo.
Fonte: Adaptado INMET (2022)

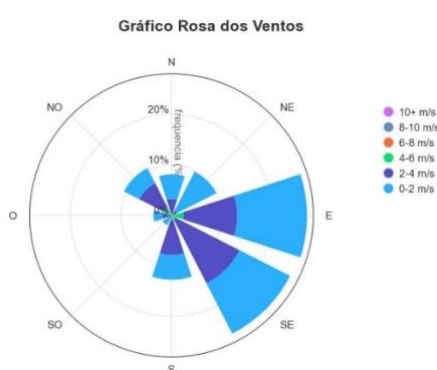


Figura 06. Gráfico Rosa dos ventos durante ano de 2016, em São Paulo.
Fonte: PROJETEEE (2023)

3.1.2 Seleção do estudo de caso

Como área de estudo, foi escolhida a Avenida Professor Fonseca Rodrigues (CodLog 072575, classificação viária: arterial), localizada no município de São Paulo (23° 32' 56" Sul, 46° 38' 20" Oeste), na subprefeitura de Pinheiros, distrito Alto de Pinheiros (figura 07). Esta avenida abriga uma diversidade de fluxos, incluindo automóveis particulares e públicos, pedestres e ciclistas, devida à presença de diferentes usos, tais como os Parques Estaduais Cândido Portinari e Parque Villa-Lobos, residências ao longo da via e a proximidade de instituições educacionais, esportivas, de saúde e segurança. Ademais, a avenida está situada a 1km da estação Villa Lobos-Jaguare e a 500m da estação Cidade Universitária, aproximadamente, ambas pertencentes à linha 09-Esmeralda da CPTM. Trata-se de uma avenida reta, com extensão aproximada de 2,2 quilômetros. Apresenta vias de 10 metros em cada um dos lados do canteiro central, contendo três faixas de tráfego em ambos os sentidos e é delimitada pelas Praças Apecatu e Panamericana. O canteiro central, por sua vez, varia de largura, situando-se entre 10 metros e 25 metros. Esse espaço central dispõe de um passeio com largura média de 1,50 metros, além de uma ciclovia com média de 2,50 metros de largura.

A opção pela Avenida Professor Fonseca Rodrigues foi motivada pela presença de uma ciclovia arborizada, caracterizada por árvores e palmeiras. Além disso, destaca-se como

um espaço frequentemente utilizado para a circulação de pedestres e ciclistas, assim como pela presença de edificações circundantes com alturas semelhantes. A figura 2, apresenta a topografia da área de estudo na figura 3, ocupação do solo e o gabarito das edificações. Já a figura 4 e 5 apresentam a especificação do tipo de espécime arbórea ao longo da via.

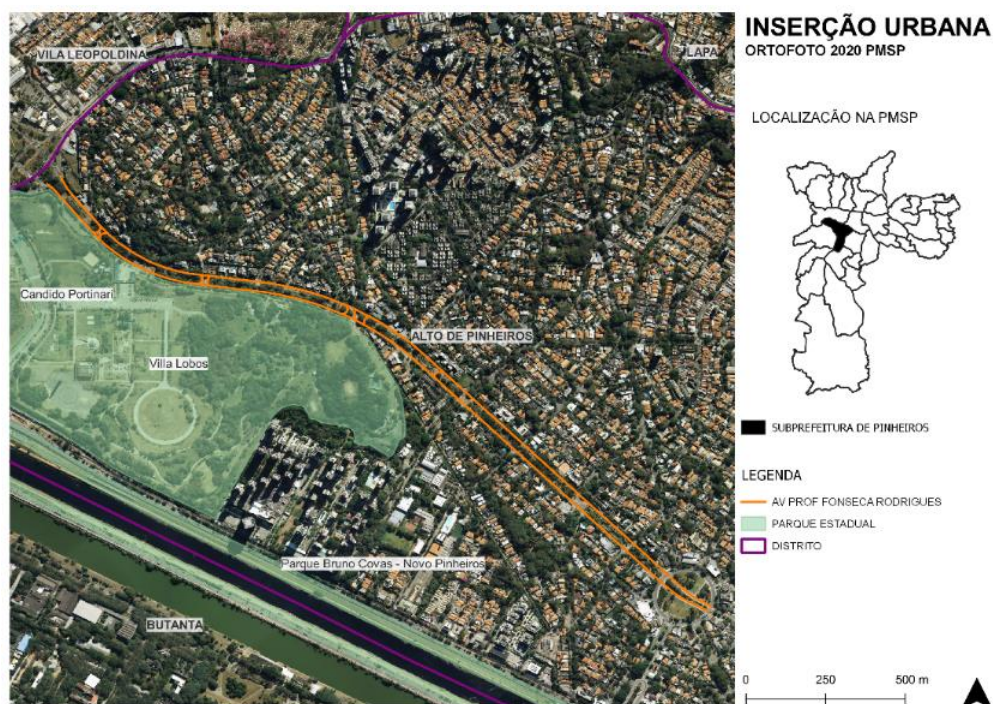


Figura 07. Mapa de inserção urbana da área de estudo, foto satélite-PMSP 2020.
Fonte: A autora (2023)

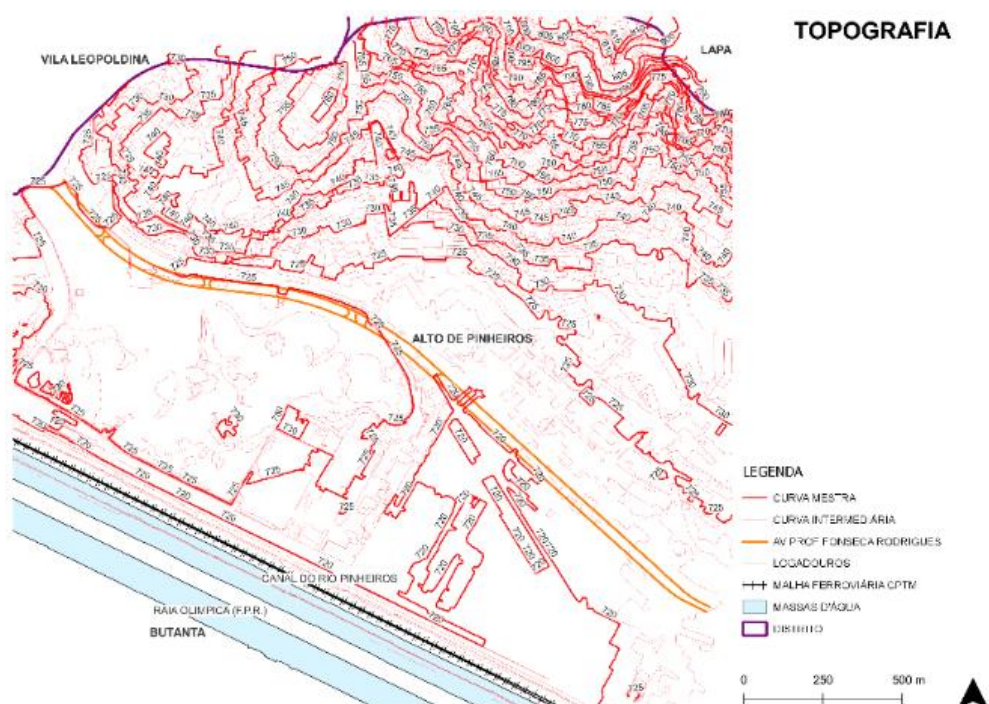


Figura 08. Mapa de topografia.
Fonte: A autora (2023)

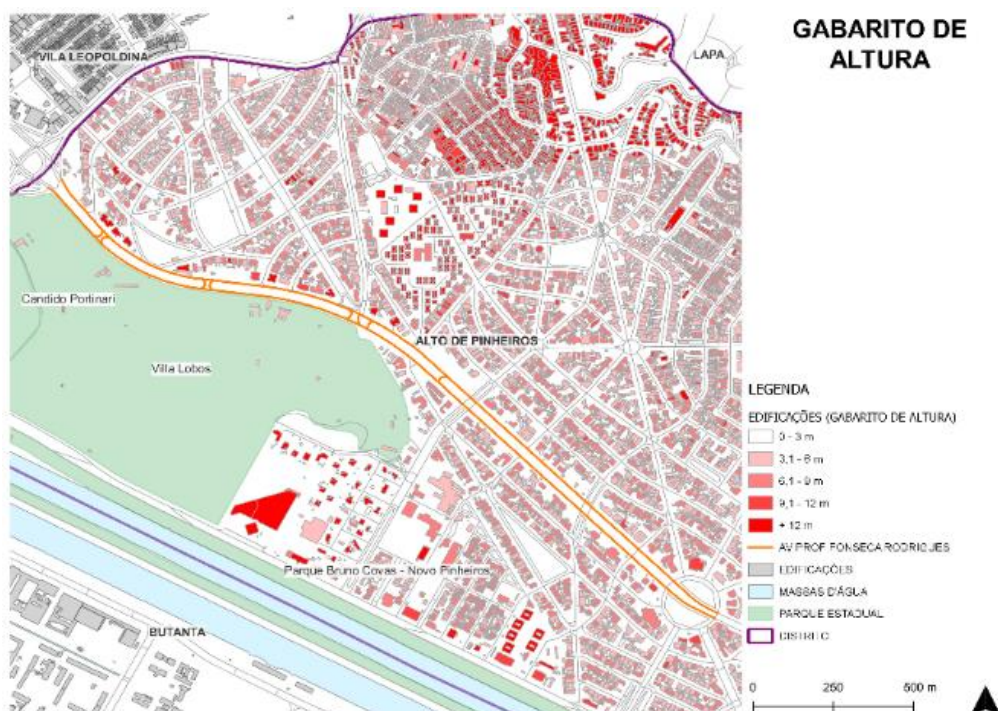


Figura 09. Mapa de gabarito de altura.
Fonte: A autora (2023)



Figura 10. Ampliação de um trecho ao longo da ciclovia que apresenta a presença de palmeiras, foto satélite-PMSP 2020.
Fonte: A autora (2023)



Figura 11. Ampliação de um trecho ao longo da ciclovia que apresenta a presença de árvores, foto satélite-PMSP 2020.
Fonte: A autora (2023)



3.2 Seleção dos equipamentos

3.2.1 Desenvolvimento do Arduino (mochila meteorológica)

O propósito desta pesquisa consiste em conduzir uma avaliação, tanto quantitativa quanto qualitativa, da influência entre diferentes exemplares vegetais, temperatura e superfície na melhoria do conforto térmico na Avenida Professor Fonseca Rodrigues. Para alcançar esse objetivo, faz-se uso de um protótipo de mochila meteorológica desenvolvido ao longo da pesquisa, enquanto simultaneamente visa-se validar a metodologia empregada para a coleta de dados em campo através desse dispositivo. O protótipo foi desenvolvido através da parceria do Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Mackenzie, com o Laboratório de Internet das Coisas (IoT) da Faculdade de Computação e Informática do Mackenzie e colaboração do Prof. Dr. Bruno da Silva Rodrigues.

A finalidade principal desta análise a partir de uma mochila meteorológica é possibilitar a coleta de dados de forma móvel, compatível com a escala do pedestre e de fácil acesso financeiro. Ela permite que um pesquisador use o sensor para medir variáveis climáticas a pé, sendo particularmente útil em situações em que a mobilidade é essencial, como em expedições de campo. Nesse primeiro momento, foram implementados sensores de temperatura e umidade relativa do ar no equipamento. Essa forma de monitoramento é uma contribuição para as chamadas smart cities, auxiliando o gestor a identificar as áreas necessárias para o incremento de vegetação arbórea como medida mitigadora do calor.

O progresso deste projeto foi alcançado com o auxílio da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. Criada em 2005 na Itália pelos pesquisadores do Interaction Design Institute IIT (IDII), essa plataforma visa desenvolver equipamentos de baixo custo e fáceis de programar, viabilizando projetos em diversas áreas do conhecimento.

Para atender às demandas deste estudo, foram empregados sensores específicos em conjunto com um Arduino Uno dotado de conectividade USB (Figura 12). Para a coleta de dados de temperatura e umidade, utilizou-se o sensor DHT11, o qual é composto por dois elementos distintos: um encarregado de medir a umidade e outro responsável pela medição da temperatura (NTC). A interação entre o sistema e o usuário ocorre por meio da conexão do cabo USB ao notebook, iniciando assim o sistema para o registro de dados meteorológicos por intermédio da plataforma Arduino. O suprimento de energia é estabelecido mediante a conexão ao notebook (figura 13). Por essa razão, foi primordial priorizar a segurança do pesquisador, conduzindo todos os procedimentos de calibração do equipamento nas instalações da Universidade Presbiteriana Mackenzie, mais precisamente no Campus Higienópolis.

Devido ao estágio inicial de desenvolvimento e à necessidade de integração com o notebook, o protótipo não foi empregado na medição de campo na Avenida Professor Fonseca Rodrigues, priorizando a segurança do pesquisador. Assim, a decisão foi continuar as medições com o Hobbo, equipamento utilizado durante a calibração do Arduino, figura 13..



Figura 12. (a)Esquema de montagem da placa utilizada no sistema da mochila meteorológica.(b) Conexão do sensor ao notebook durante teste de calibração. (c) Equipamento Hobo.

Fonte: Autores

3.2.2 Calibragem do Arduino (mochila meteorológica)

Foi selecionada uma rota de caminhada com um percurso aproximado de 1km, contendo 08 pontos de medição, percorrido em 1h40min na Universidade Presbiteriana Mackenzie, Campus Higienópolis. A seleção desta rota foi baseada em fatores que poderiam evidenciar a influência de diferenças de locais providos de vegetação, figura 15. Os períodos de medição foram: 10:00h, 15:00 h e 20:00 h. O tempo de estabilização adotado para os sensores foi de 10 minutos. Posteriormente, o levantamento foi realizado na ciclovia da área.



Figura 15. Pontos de medição na Universidade Presbiteriana Mackenzie, Campus Higienópolis.

Fonte: A autora (2023)

3.1 Levantamento de dados de campo

Foi definido um percurso de pedestre/ciclista em 20 pontos para a realização do levantamento de dados. Essa rota se estende desde a saída da praça Panamericana até a praça Apecatu, visando locais sob diferentes exemplares vegetais (figura 16). O período de medição foi: 10:00h. O tempo de estabilização adotado para o equipamento (Hobbo) foi de 5 minutos.

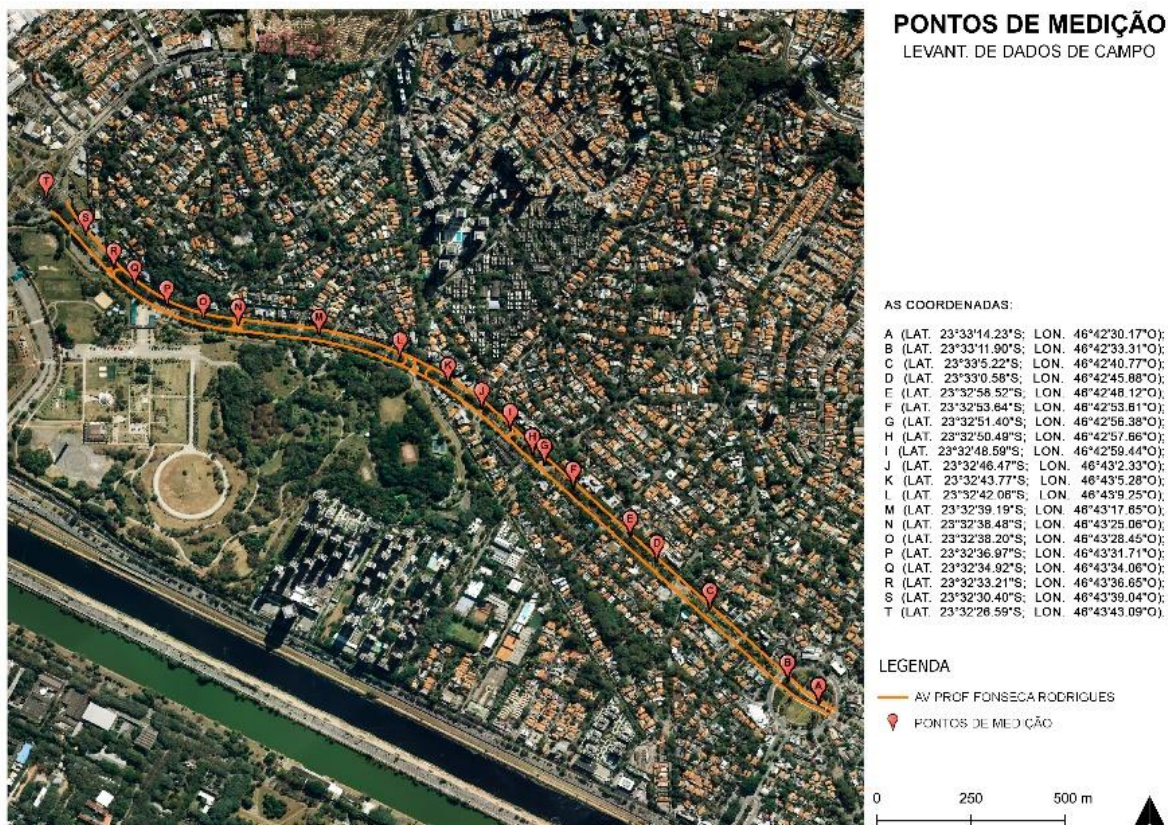


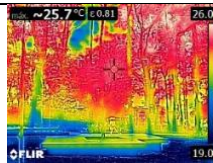
Figura 16. Pontos de medição em campo.
Fonte: A autora (2023)

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

a. Resultado da Calibragem de equipamentos

Durante a calibragem dentro do campus, foi levantado as temperaturas térmicas em diferentes pontos de medição, assim como o Fator de Visão do Ceu, conforme a tabela 01. A figura 17 e 18 apresentam valores para a temperatura e umidade relativa, às 10h, para o Arduino e hobo respectivamente. A figura 19 e 20 apresentam valores para a temperatura e umidade relativa, às 15h, para o Arduino e hobo respectivamente. A figura 21 e 22 apresentam valores para a temperatura e umidade relativa, às 20h, para o Arduino e hobo respectivamente. Observou-se que o Arduino é um equipamento muito sensível a radiação, pois no horário mais quente (a tarde), a curva da temperatura não foi a mesma, como pela manhã. Já a umidade, observou-se uma variação média de 5 %.

Tabela 01 – Levantamento térmico das superfícies de cada ponto de medição

Pontos de Medição	15H	15H	15H
Ponto 0			
Ponto 1			
Ponto 2			
Ponto 3			
Ponto 4			
Ponto 5			
Ponto 6			
Ponto 7			
Ponto 8			



Apesar da calibragem dos dados, optou-se por não fazer a medição de campo na ciclovia utilizando mochila meteorológica (arduíno), por não ser seguro carregar um laptop durante as medições de campo.

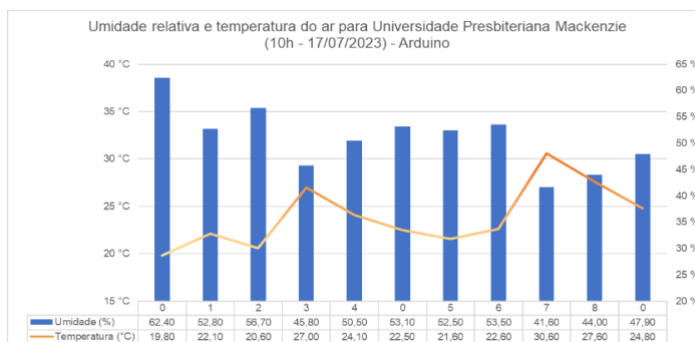


Figura 17. Umidade relativa e temperatura do ar coletado pelo Arduino pela manhã
Fonte: A autora (2023)

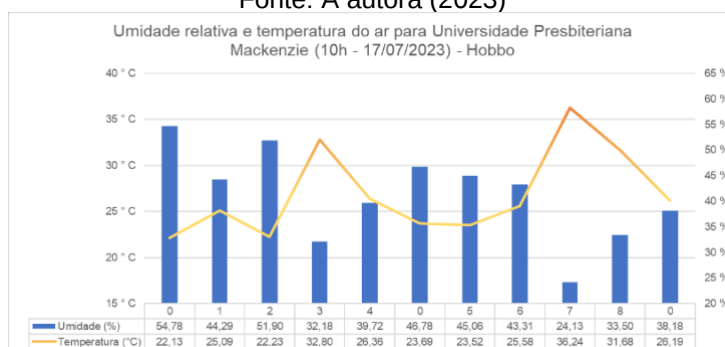


Figura 18. Umidade relativa e temperatura do ar coletados pelo Hobo pela manhã
Fonte: A autora (2023)

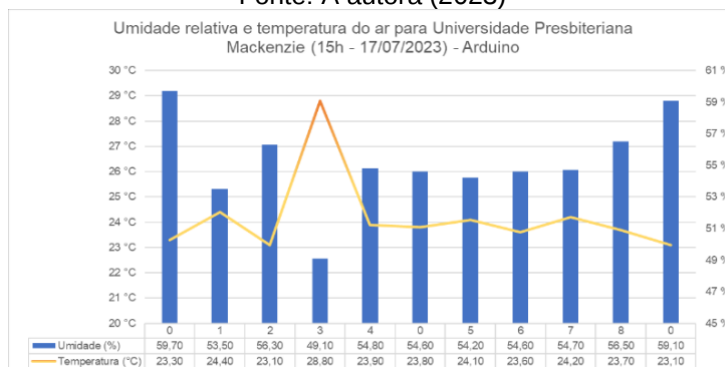


Figura 19. Umidade relativa e temperatura do ar coletados pelo Arduino à tarde
Fonte: A autora (2023)

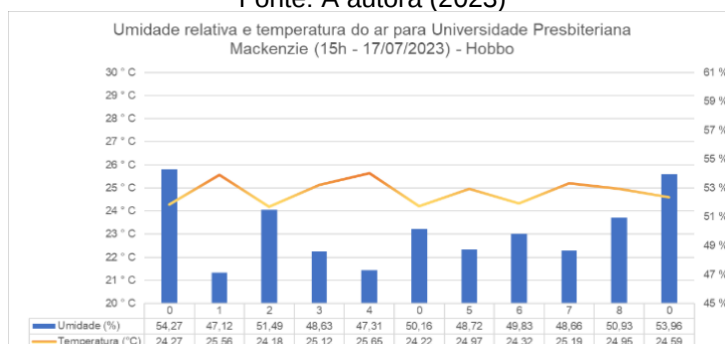


Figura 20. Gráfico da umidade relativa e temperatura do ar coletados pelo Hobo pela manhã.
Fonte: A autora (2023)

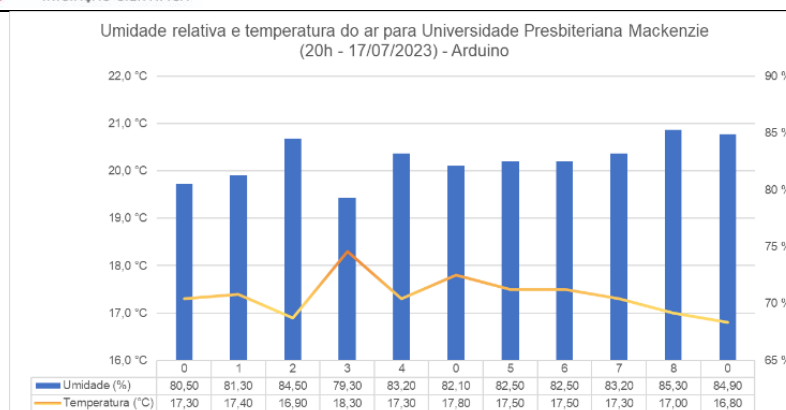


Figura 21. Umidade relativa e temperatura do ar coletados pelo Arduino a noite
Fonte: A autora (2023)

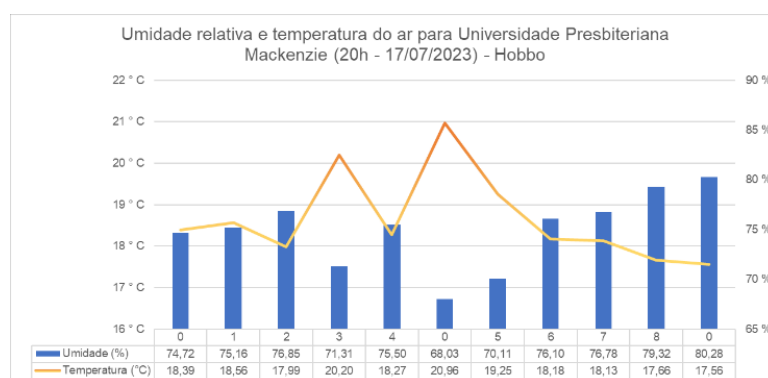


Figura 22. Umidade relativa e temperatura do ar coletados pelo hobo a noite
Fonte: A autora (2023)

b. Resultado para o estudo na ciclovvia da Av. Prof. Fonseca Rodrigues

A figura 21 apresenta os resultados de temperatura e umidade coletados na ciclovvia e a tabela 2 apresenta o resultado do fator de visão do céu para cada ponto de medição. Observa-se que há uma forte influência da radiação e com a presença de sombreamento no entorno imediato.

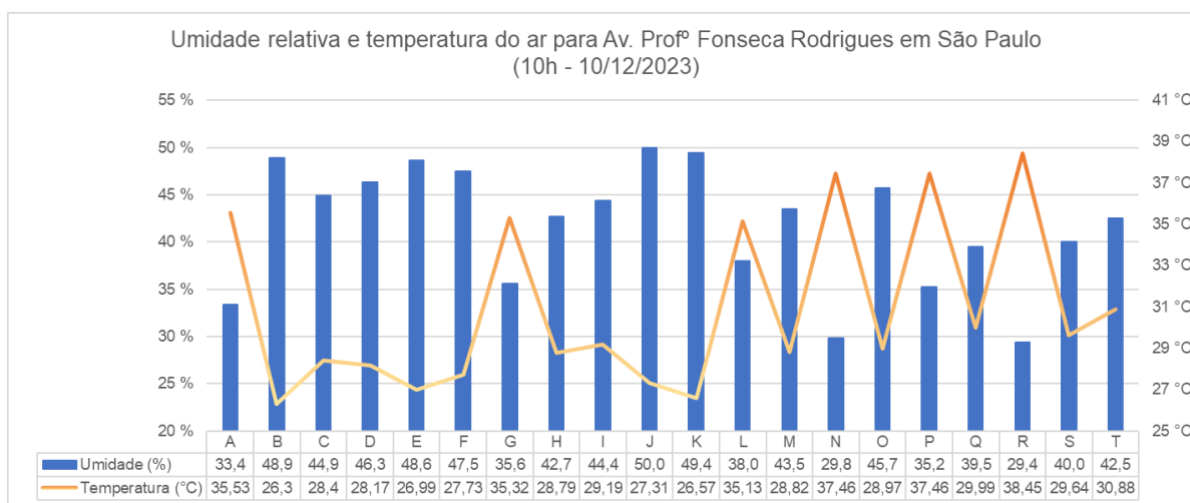
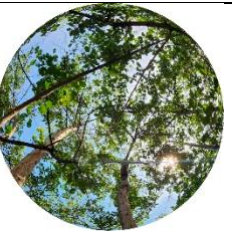
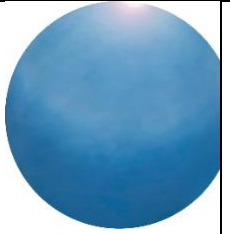


Figura 21. Gráfico da umidade relativa e temperatura do ar na Av. Prof. Fonseca Rodrigues.
Fonte: A autora (2023)



Tabela 02: Fator de Visão de Céu para cada ponto de medição

Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E
				
No sol	Árvore Densa	Palmeira	Palmeira	Árvore Densa
Ponto F	Ponto G	Ponto H	Ponto I	Ponto J
				
Árvore Densa	No Sol	Árv. média densidade	Palmeira	Palmeira
Ponto K	Ponto L	Ponto M	Ponto N	Ponto O
				
Árvore Densa	Árv. média densidade	Árv. média densidade	Ao Sol	Árvore Densa
Ponto P	Ponto Q	Ponto R	Ponto S	Ponto T
				
Ao Sol	Árvore Densa	Ao Sol	Árvore Densa	Árvore Densa

Fonte: Autores



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto que o planejamento urbano baseado nas informações climáticas é a base para a adaptação das cidades frente às mudanças climáticas. Com os mapas, é possível observar a relação entre topografia, as diferentes configurações urbanas, a presença de vegetação e ainda os pontos mais quentes da cidade. Por outro lado, os sistemas de monitoramento do calor nas cidades são fundamentais para auxiliar os gestores a identificarem os pontos que devem ser implementados.

Neste estudo, foi testado um protótipo de sensor de baixo custo de temperatura e umidade em ambientes externos, chamado mochila meteorológica. Esse protótipo precisa ser melhorado para que os dados coletados em cada ponto sejam georreferenciados e mapeados na nuvem, facilitando o levantamento de campo do pesquisador. No futuro, esse sistema poderá ser aplicado a outros tipos de veículos, permitindo uma identificação mais precisa do conforto térmico dos usuários. Dessa forma, este sistema de monitoramento seria uma grande contribuição para as chamadas Smart Cities, auxiliando o gestor a identificar as áreas necessárias para o incremento de vegetação arbórea como medida mitigadora do calor e, podendo emitir alerta de situações climáticas desfavoráveis aos pedestres durante as ondas de calor. Salienta-se que estudos que objetivam o desenvolvimento de sensores de baixo custo permite elaborar parcerias intra e extra universidade, como a parceria entre Laboratório de Conforto Térmico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e o Laboratório de Internet das Coisas da Faculdade de Computação e Informática e ainda, com possibilidade de patente para a universidade.

Do ponto de vista ambiental, este estudo mostrou a necessidade de expandir a arborização nas ciclovias. Em locais com espaço limitado nas calçadas, recomenda-se o plantio de palmeiras, enquanto em calçadas mais amplas, o ideal é optar por árvores de grande porte. Essas conclusões são essenciais para promover o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, L. V. Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado).

ABREU, L. V. Contribuição das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2012. Tese (Doutorado).



BARROS, A. P. B. G. et al. A caminhabilidade sob a ótica das pessoas: o que promove e o que inibe um deslocamento a pé? IN: **Revista UR** n.8 p.94-103. 2015. Disponível em: <http://pluris2014.fa.ulisboa.pt/revista_UR/1192%20A%20CAMINHABILIDADE%20SOB%20A%20OTICA%20DAS%20PESSOAS.pdf>. Acesso em 14 mar. 2022.

BROWN, R.D., GILLESPIE, T.J., 1995. **Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency**. Wiley, New York.

CHARALAMPOPOULOS, I., TSIROS, I., CHRONOPOULOU-SERELI, A., MATZARAKIS, A., 2013. Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. **Urban Ecosyst.** 16 (2), 217–233. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0252-5>.

DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T.M. L. Vamos passear na Floresta? In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, abr./jun. 2010.

GOULART, F. M. Contribuição da arborização urbana para a mobilidade ativa. Universidade de Brasília, Programa de PósGraduação em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações, 143 pags. Brasília, 2018. (Dissertação). Disponível em:<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33014/1/2018_FernandadeMoraesGoulart.pdf>. Acesso em 14 de Mar. 2022.

KRÜGER, E. L., MINELLA, F. O., & RASIA, F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, 46(3), 621–634. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.09.006>.

LABAKI, L. C. et al. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. In: Fórum Patrimônio – Mudanças climáticas e o impacto das cidades v.4 n.1 p.23-42. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: . Acesso em 14 Mar. 2022.

LIN, T. P., MATZARAKIS, A. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. **Internacional Journal of Biometeorology**. V.54. pp. 281-290. 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-007-0122-7>>. Acesso em 28 de Jun. 2021.

LORENZI, H. Árvores brasileiras manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. I e II. São Paulo: Plantarum, 1998.

MANAVVI, S; RAJASEKAR, E. Evaluating outdoor thermal comfort in urban open spaces in a humid subtropical climate: Chandigarh, India. **Building and Environment**. 2022



MOSTAFAVI, M. ; DORHERTY, G. **Urbanismo Ecológico**. Havard University Ed. GG: Boston. 2014.

NG, E.; CHENG, V. Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong. In: **Energy and Buildings**. v.55, pp. 51-65. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778811004130> >. Acesso em 21 de out. de 2020.

NIKOLOPOULOU, M. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Project RUROS. Aittiki, Grécia. Junho de 2004. ISBN 960.86907-2-2. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/258629365_Designing_Open_Spaces_in_the_Urban_Environment_a_Bioclimatic_Approach/link/0c9605357b3ef4e17e000000/download>. Acesso em 19 de Abril. 2021.

NOURI, A. S. et al. Approaches to outdoor thermal comfort thresholds through public space design: a review. **Atmosphere**, 9, 108. 2018. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/323757883_Approaches_to_Outdoor_Thermal_Comfort_Thresholds_through_Public_Space_Design_A_Review/link/5ab40bc60f7e9b4897c79b94/download>. Acesso em 23 de Out. 2020.

RAHMAN, M. A. et al. Tree cooling effects and human thermal comfort under contrasting species and sites. **Agricultural and Forest Meteorology**. N. 287. 2020. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192320300496>>. Acesso em 23 de Out. de 2020.

RIBEIRO, N. L. S. Atenuação solar e sombreamento produzido por espécies de palmeiras em área urbana. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. (Dissertação). 107p. Campinas, 2018. Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/332119/1/Ribeiro_NeusaLongoDeSouza_M.pdf>. Acesso em 02 de Fev. 2021.

RORIZ, J. W. DE S. A influência da arborização urbana no conforto térmico de pedestres e ciclistas no microclima urbano: caso da Av. Universitária de Goiânia-GO. Goiânia, Faculdade de Artes Visuais, Universidade Estadual de Campinas, 2021. Dissertação (Mestrado).

SHAHIDAN, M.F., SHARIFF, M.K., JONES, P., SALLEH, E., ABDULLAH, A.M., 2010. A comparison of *Mesua ferrea* L. and *Hura crepitans* L. for shade creation and radiation



modification in improving thermal comfort. **Landscape. Urban Plannning**. 97 (3), 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.008>.

SOUZA, L. C. L.; PEDROTTI, F.S.; LEMES, F. T. Consumo de Energia Urbano: Influência do perfil do usuário; da geometria urbana e da temperatura. Maceió, 2005. VDI, 1998: VDI 3787, Part I: Environmental meteorology, Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. Beuth, Berlin. pp. 39.

VDI 3787.Verein Deutscher Ingenieure. Environmental meteorology - Climate and air pollution maps for cities and regions. Beuth, Berlin.

WANG, Y., BAKKER, F., DE GROOT, R., WÖRTCHE, H., LEEMANS, R., 2015b. Effects of urban green infrastructure (UGI) on local outdoor microclimate during the growing season. **Environ. Monit. Assess.** 187 (12), 732. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4943-2>

TARIFA, J R; ARMANI, G. **Os climas naturais**. In: Os Climas de São Paulo. Tarifa, J.R.; Azevedo, T.R. (orgs.). São Paulo, GEOUSP, 2001

TARIFA, J. R. **O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo**. In: Os Climas de São Paulo. Tarifa, J.R.; Azevedo, T.R. (orgs.). São Paulo. GEOUSP, 2001.

Contatos: 10382620@mackenzista.com.br (IC) e loyde.harbich@mackenzie.br (Orientador)