XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

A INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO COMPORTAMENTO TÉRMICO E NO FATOR DE VISÃO DO CÉU NO MICROCLIMA URBANO NO BAIRRO DE SANTA CECÍLIA

Ana Luiza Thomaz da Silva (1); Erika Ciconelli De Figueiredo (2)
(1) Aluna de graduação, analu.thomaz@gmail.com, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua Itambé, 143, Prédio 9, Higienópolis, São Paulo, SP, (11) 95787-4707
(2) Doutora em Arquitetura e Urbanismo, erika.figueiredo@mackenzie.br, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua Itambé, 143, Prédio 9, Higienópolis, São Paulo, SP, (11) 2114-8369

RESUMO
A pesquisa tem objetivo de analisar o microclima urbano no bairro de Santa Cecília, na cidade de São Paulo, para verificar a influência da massa arbórea e da urbanização no comportamento térmico da área. O método empregou medições *in loco* com um termo higrômetro e simulações com o *software* ENVI-Met. A urbanização no bairro de Santa Cecília se diferencia da urbanização do bairro de Higienópolis, circunvizinho, em diversos aspectos, sendo a arborização um dos pontos de destaque. O estudo do comportamento térmico da área para os pedestres é relevante, pois a região reúne vários equipamentos importantes, como hospital Santa Casa de Misericórdia e a estação Santa Cecília do Metrô, gerando um fluxo pedonal intenso. A largura das vias do bairro em questão é menor, se comparada ao bairro de Higienópolis, cuja urbanização privilegiou o conforto térmico das edificações. Para desenvolver a pesquisa foi necessário um inventário arbóreo da via principal do objeto de estudo, assim como a verificação da influência do Fator de Visão do Céu (FVC), proporcionado pela urbanização para compreender a variação resultante na temperatura do ar. A temperatura do ar na via varia de 31,7ºC a 33,1ºC como verificado na medição *in loco.* O estudo comparou, por meio de simulações computadorizadas, o resultado da variação do Fator de Visão do Céu da área em estudo, com e sem a arborização.
Palavras-chave: comportamento térmico, arborização, simulação computadorizada.

ABSTRACT
The research aims to analyze the urban microclimate in the district of Santa Cecília, in the city of São Paulo, to verify the influence of tree mass and urbanization in the area thermal behavior. The method used in-situ measurements with a thermo hygrometer and simulations with the software ENVI-Met. The urbanization in the district of Santa Cecília differs from the urbanization of the neighborhood of Higienópolis in several aspects, such as tree mass and street width. The study of the area thermal behavior is relevant, since the region gathers several important equipment, such as Santa Casa de Misericórdia Hospital and Santa Cecília subway station, hence generating an intense pedestrian flow. The district of Higienópolis was designed on a thermal comfort basis, which resulted on better ventilation in buildings, compared to the surroundings. In order to develop the research, it was necessary to have an inventory of the main path of the study object, as well as to verify the influence of the Sky View Factor (SVF) provided by urbanization to understand the variation in air temperature. The air temperature in the street varies from 31.7 ° C to 33.1 ° C as verified in the in-situ measurement. The study compared, through computer simulations, the result of the variation of the Sky View Factor of the researched area with and without vegetation.
Keywords: thermal behavior, vegetation, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

O bairro de Santa Cecília, próximo ao centro antigo da cidade de São Paulo, apresenta, desde seu surgimento, uma urbanização distinta da que ocorreu no bairro de Higienópolis. A urbanização do bairro de Higienópolis foi planejada visando a arborização das vias e a ventilação dos lotes (MACEDO, 2012), resultando na disposição dos terrenos em patamares, como indica a Figura 1. Na Figura 2 pode-se perceber que o conceito inicial do bairro se perdeu ao longo das décadas, em relação aos desníveis. A arborização, no entanto, permaneceu marcante em toda a região. A urbanização de Santa Cecília, no entanto, não apresentou um planejamento inicial. As chácaras da região foram loteadas sem as mesmas preocupações urbanísticas do bairro vizinho (IACOCCA, 1998).



Figura 1 Casarão na Rua Piauí, no bairro de Higienópolis. Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2019, s/p.



Figura 2 Rua Piauí atual. Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2019, s/p.

Os dois bairros supracitados iniciaram o processo de verticalização das edificações em meados de 1940 (ANTONUCCI, 2006). Contudo, em sua configuração atual, Higienópolis possui mais edificações verticalizadas e com um gabarito maior do que as presentes na Santa Cecília. A Avenida Higienópolis, uma das principais avenidas do bairro, e a Rua Dona Veridiana, que pertence ao bairro de Santa Cecília e liga o bairro de Higienópolis ao centro antigo de São Paulo, apresentam distinções com relação à verticalização e à arborização. A Rua Dona Veridiana apresenta uma urbanização semelhante à defendida por Jacobs (2001), que favorece o fluxo constante de pedestres, devido aos hospitais, comércios, instituições da região e edifícios residenciais voltados para a rua. No entanto, o deslocamento pedonal pela Rua Dona Veridiana não proporciona uma experiência agradável, do ponto de vista do conforto térmico, se comparado com outras vias próximas, como à Avenida Higienópolis (bairro de Higienópolis).

Isso deve-se também ao fato das vias em questão apresentarem dimensões diferentes: a Avenida Higienópolis apresenta de 11,3 metros a 16,4 metros de leito carroçável e 4, 5 metros de calçada de cada lado, totalizando até 25 metros de largura; já a Rua Dona Veridiana apresenta de 9 a 10 metros de leito carroçável e 3 metros de calçada, totalizando 16 metros de largura, resultando em uma diferença de até 9 metros de espaço público nas vias. Há uma diferença de 3 metros entre a dimensão das calçadas das duas vias, de modo que a Avenida Higienópolis apresenta uma dimensão maior para o percurso do pedestre. As Figura *3* e Figura *4* demonstram a situação atual das vias, destacando principalmente a diferença quanto a arborização viária. Essas diferenças influenciam no comportamento térmico da área e, consequentemente, no conforto dos pedestres.

A falta de vegetação e de sombreamento fazem com que a experiência do pedestre, ao caminhar ao longo da Rua Dona Veridiana, seja desconfortável principalmente nos dias quentes. A impermeabilização do solo contribui para a criação das ilhas de calor bem como a densidade dos materiais empregados nas construções. O efeito Ilha de Calor corresponde à diferença de temperatura entre um ambiente urbano e uma área rural. Essa alteração no clima é decorrente da urbanização das cidades, que a partir do século XIX representam porções significativas do território, alterando a paisagem natural (LOMBARDO, 1985). A capacidade dos materiais de conduzir calor (condutividade térmica) é ampliada de acordo com a cor das superfícies, sendo que cores escuras contribuem para que o calor fique retido no microclima (FROTA, SCHIFFER, 2001; LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014), o que impacta diretamente no conforto do pedestre. Frota e Schiffer (2001) apontam o sombreamento do caminho do transeunte como uma estratégia para melhorar o conforto térmico e reduzir a incidência de radiação solar direta no percurso. As autoras recomendam a seleção de materiais e cores que retenham menos calor para a pavimentação das calçadas, por exemplo.



Figura 3 Vista atual da Avenida Higienópolis. Fonte: ACERVO PESSOAL, 2018.



Figura 4 Vista da Rua Dona Veridiana. Fonte: ACERVO PESSOAL, 2019.

Lombardo (1985) afirma, em seu estudo sobre Ilha de calor em São Paulo, que as áreas verdes amenizam os efeitos da mancha urbana[1], característica das metrópoles, e, consequentemente, alteram as características do clima na sua região de influência. A evapotranspiração da vegetação influencia na umidade local e melhora o conforto térmico em locais de clima quente e úmido.

O estudo da vegetação nas cidades possui não apenas relevância ambiental, mas social. O Plano Diretor de São Paulo (PDE), de 2014, incentiva a mobilidade do pedestre, seja a pé ou de bicicleta, para reduzir os congestionamentos e/ou ampliar a percepção da cidade. Gehl (2013) ressalta a importância do percurso do pedestre para ampliar o senso de cidadania e de comunidade, no entanto, em um dia de verão, se o conforto térmico não for contemplado nos projetos dos passeios públicos, os transeuntes podem optar por outros meios de deslocamento.



Figura 5 Imagem do estudo de Fator de Visão do Céu. Fonte: MINELLA, ROSSI, KRÜGER, 2009

Ferreira e Collischonn (2016) realizaram um estudo a respeito do clima urbano utilizando o recurso da fotografia com lente olho de peixe, como meio da estimativa do Fator de Visão do Céu (Figura *5*), que possibilita a verificação da radiação solar obstruída Figura *5* Imagem do estudo de Fator de Visão do Céu. Fonte: MINELLA, ROSSI, KRÜGER, 2009como forma de demonstrar o impacto da urbanização no comportamento térmico da área. O trabalho enfatiza que a variação da quantidade de folhas das copas das árvores influencia na obstrução da radiação solar direta e consequentemente no conforto térmico.

Segundo Fiori (2001), estudos sobre a influência vegetal no conforto térmico da cidade foram desenvolvidos a partir da experiência e do método proposto por Labaki e Santos (1999), no projeto Conforto Térmico em Cidades: Efeito da Arborização no Controle da Radiação Solar. As autoras demonstraram a atenuação da radiação solar por parte da copa das árvores. Fiori (2001) afirma que Labaki e Santos (1999) estabelecem quatro parâmetros ambientais para suas pesquisas, sendo eles: umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura e temperatura radiante média[2]. O método consiste em analisar as árvores plantadas em locais isolados, com equipamentos de medição fixados sob a copa das árvores, a 1,30m do solo. O trabalho apresenta a porcentagem de atenuação solar resultante da influência da copa de algumas espécies.

Bueno (1998) utiliza o método descrito acima para gerar gráficos de cinco espécies analisadas na pesquisa - Sibipiruna (presente na área), Chuva-de-ouro, Jatobá, Magnólia, Ipê-roxo - detalhando os estudos iniciados por Labaki e Santos (1999). Em outra pesquisa, Bueno – Bartholomei[3] (2003) estuda a interferência desses dados coletados em um ambiente construído e verifica que há a redução da temperatura do ar dentro de uma sala de aula devido à sombra gerada pelas árvores do entorno.

Segundo Bueno – Bartholomei e Labaki (2003) a diferença de atenuação solar deve-se ao tamanho da copa, densidade e altura das árvores. Abreu e Labaki (2010) realizaram um estudo em Campinas

[1] Mancha urbana: "[...] é a expressão espacial do processo de metropolização, resultante do crescimento demográfico que a cidade de São Paulo sofreu desde o final do século XIX até a Segunda Guerra Mundial" (LOMBARDO, 1985, p.68).

[2] Valor médio entre a radiação térmica incidente na superfície e a radiação emitida pela mesma.

[3] Bueno – Bartholomei corresponde ao nome de casada da pesquisadora Bueno.

analisando as variáveis de conforto proporcionadas por árvores durante o ano, por meio da atenuação da radiação solar. O estudo compreende as espécies: Jabolão, que proporciona 92,8% de atenuação; Cassia, 88,6%; Sibipiruna, 88,5%; Chuva-de-ouro, 87,3%; Jatobá, 87,2%; Ficus, 86,3%; Magnólia, 82,4%; Pata-de-vaca, 81,7%; Sombreiro, 78,6% no verão e 70,2% no inverno; Cedro-rosa, 75,6% no verão e 29,9% no inverno; Ipê Roxo, 75,6%; e Aroeira, 73,6%. Algumas espécies de árvores apresentam variação quanto da quantidade de folhas nas copas durante as estações do ano, o que influencia na atenuação solar destas. As autoras concluíram que "todas as espécies arbóreas avaliadas foram capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato" (ABREU; LABAKI, 2010, p.115), sendo que algumas espécies estudadas possuem maior interferência térmica no verão ou no inverno, devido às suas características termorreguladoras.

2. OBJETIVO

A pesquisa tem o objetivo de analisar o microclima urbano no bairro de Santa Cecília, na cidade de São Paulo, para verificar a influência da massa arbórea no comportamento térmico e no Fator de Visão de Céu, resultante da urbanização da área.

3. MÉTODO

O método aplicado nesta pesquisa pode ser elencado em três principais etapas:

1. Levantamento arbóreo da Rua Dona Veridiana;
2. Medição *in loco* de temperatura do ar e umidade relativa do ar na Avenida Higienópolis e na Rua Dona Veridiana;
3. Simulações computadorizadas no programa ENVI-Met: arborização e Fator de Visão de Céu;

3.1. Levantamento arbóreo

O levantamento arbóreo realizado por Chrysostomo *et al.* (2009) contempla apenas as quadras da Rua Dona Veridiana entre a Rua Sebastião Pereira e a Rua Canuto do Val (indicado na Figura *6*), não abordando toda a extensão da Rua Dona Veridiana. Na análise deste levantamento foram encontradas disparidades com a situação real das árvores da via. Isso deve-se à queda e/ou retirada de alguns exemplares, ou plantio a posteriori. A atualização desse levantamento de 2009 e o levantamento arbóreo das demais quadras foi realizado durante a pesquisa de Iniciação Científica, de 2017 a 2018. As Figura *3*, Figura *4* e Figura 7 demonstram a situação das vias supracitadas.



Figura 6 Mapa da região com destaque para as ruas abordadas na pesquisa. Fonte: A partir de GOOGLE EARTH, 2019, s/p.



Figura 7 Vista das Ruas Martinico Prado, Canuto do Val e Sebastião Pereira, respectivamente, da esquerda à direita. Fonte:GOOGLE EARTH, 2019, s/p.

3.1.1 Coleta de dados

Realizou-se o registro fotográfico da via, bem como o desenho das quadras por meio do programa AutoCAD, com a utilização da base de dados do GeoSampa, que disponibiliza digitalmente as informações do município de São Paulo, como a malha urbana e a locação das árvores nas calçadas.

3.1.2 Identificação das árvores

A identificação das árvores foi feita a partir da literatura produzida por Lorenzi (2003, 2008, 2009), Pivetta e Silva Filho (2002), Murasaki *et al.* (2009) e Minas Gerais (2017) que possibilitou a identificação da espécie, nome popular, altura e dimensão da copa dos exemplares da via. Realizou-se a verificação da existência das árvores com visitas ao local e por meio do Google Street View.

A organização do novo levantamento foi feita por meio da divisão das quadras da Rua Dona Veridiana; resultando no desenho da via com as árvores identificadas por espécie e com a dimensão da copa em escala, gerando assim um mapa das espécies arbóreas e uma tabela compilando todos os dados encontrados sobre a arborização e a quantificação.

3.2. Medição *in loco*



Figura 8 Aparelho utilizado na medição: Minipa MT-241, dados correspondem ao 20º ponto medido. Fonte: ACERVO PESSOAL, 2018.



Figura 9 - Mapeamento dos pontos da medição in loco. Fonte: A partir de GOOGLE MAPS, 2018, s/p.

Para a realização da medição de temperatura do ar e umidade relativa do ar *in loco,* ao longo da Avenida Higienópolis e da Rua Dona Veridiana, utilizou-se um termo higrômetro Minipa MT-241, Figura 8. Este aparelho permite a medição de temperatura do ar e da umidade relativa do ar, com variação de 0ºC a 50ºC e de 20% a 90% da umidade relativa do ar. A medição seguiu as orientações do fabricante do aparelho, e foram realizadas na área de sombra a 1,30 metro de altura do piso acabado.

O percurso estabelecido foi destacado na Figura 9 e indica os locais onde a coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram feitas. Esta coleta de dados iniciou-se na da Praça Esther Mesquita (ponto 1 na Avenida Higienópolis) em direção à Rua Dona Veridiana, até o metrô Santa Cecília, e foi subdividido em 20 pontos de medição. A medição foi realizada no dia 9 de fevereiro de 2018 das 12:00h às 12:40h.

A escolha dessa data deve-se à estabilidade de temperatura nos dias anteriores, à ausência de previsão de chuva para o período de medição, sendo um dos horários críticos para o deslocamento pedonal.

Os dados primários obtidos durante o percurso foram organizados em um mapa com os pontos do levantamento e em uma tabela com a temperatura e a umidade de cada ponto. Os pontos destacados na Figura 9 indicam os locais onde a coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram feitas.

3.3. Simulação computadorizada com o programa ENVI-Met: arborização e Fator de Visão de Céu

A dimensão das áreas de estudo foi determinada a partir das limitações da versão gratuita do programa, que possibilitou a simulação do ambiente urbano de 200m x 200m. A quadra da Rua Dona Veridiana escolhida para modelagem (quadra 3, destacada em amarelo na Figura 13) possui uma variedade de gabaritos de edifícios, sendo que a maioria possui menos de 10m de altura e apenas 5 edifícios tem mais de 40m. A área possui 24 árvores, sendo 8 são da espécie *Caelsalpinia peltophoroides;* 9 da *Ligustrum lucidum*; 2 da *Tipuana tipu;* 2 da *Millettia dura;* 1 da *Coffea sp;* 1 da *Caesalpinia ferrea* e 1 da *Eucalyptus ficifolia*.



Figura 10 – Foto aérea da quadra simulada no programa ENVI-Met. Fonte: A partir de GOOGLE EARTH, 2018, s/p.

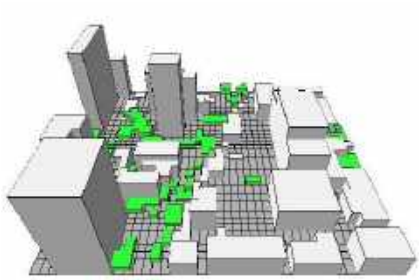

Figura 11 Simulação da quadra em sua situação atual. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

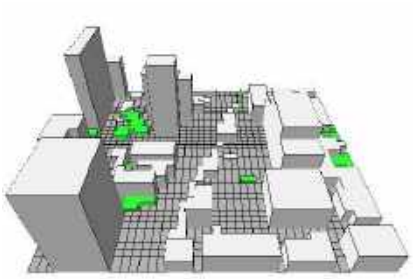

Figura 12 Simulação da quadra sem a arborização viária. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018

As simulações compreendem a duas situações ambientais microclimáticas, visto que a Rua Dona Veridiana foi analisada com e sem a arborização existente. Contudo, devido ao programa ENVI-Met não contemplar espécies brasileiras, as árvores utilizadas na modelagem correspondem à uma espécie padrão do programa, que apresenta características muito próximas de altura e dimensão em relação às árvores levantadas. A Figura 10 expõe a situação atual da quadra que foi simulada e permite a visualização da quantidade de massa arbórea da via. O programa ENVI-Met necessita da modelagem 3D da área, criando assim uma maquete virtual para a análise do microclima. As Figura 11 e Figura 12 demonstram as duas situações simuladas: com e sem vegetação.

A inserção dos materiais no modelo ENVI-Met foi realizada a partir do grid de 5 x 5 m no qual a área foi inserida para a modelagem. As informações quanto à altura dos edifícios foram incorporadas ao modelo.

Conforme supracitado, foram realizadas duas simulações na Rua Dona Veridiana: com e sem arborização para verificar o comportamento térmico da área. As simulações computadorizadas foram realizadas no Laboratório de Conforto da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Campus Higienópolis e demoraram cerca de 36 horas cada uma.

O programa LEONARDO foi utilizado ao término das simulações no ENVI-Met, pois ele faz a leitura dos dados obtidos na simulação e a sua conversão em mapas. Contudo, as legendas de temperatura od ar, necessitaram de ajuste manual do gradiente de cores para uma melhor leitura dos dados presentes nos mapas.

Além das simulações visando a variação de temperatura do ar, também foi realizada a análise do Fator de Visão do Céu. Os mapas gerados a partir dessa análise foram organizados na escala de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo do 0, mais obstruído o céu. As áreas mais expostas à radiação solar apresentam o Fator de Visão do Céu mais próximo do 1, estando assim menos obstruídas.

Foram realizados mapas de temperatura do ar no programa LEONARDO às 9:00h, às 12:00h e às 16:00h, à 1,25m do solo, altura utilizada no levantamento *in loco*.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado do levantamento arbóreo realizado foi compilado no formato de mapa (Figura 13*Figura 13*) e tabela Tabela 1.

A partir da Tabela 1 nota-se que a via destacada (Rua Dona Veridiana) apresenta 82 indivíduos

arbóreos em seus 0,8 km de extensão. Algumas quadras apresentam uma quantidade maior de árvores, chegando ao número de 24 indivíduos, enquanto outras apresentam apenas 3. A diversidade de espécies arbóreas também é um ponto relevante para a configuração do microclima, sendo que, na via em questão, identificou-se 21 espécies diferentes.

Na Rua Dona Veridiana há a presença de espécies que foram analisadas por Bueno – Bartholomei e Labaki (2003) de forma isolada e o levantamento arbóreo realizado nessa pesquisa permite analisar essas espécies em um ambiente construído. Uma das espécies presentes na área é a *Caesalpinia peltophoroides,* que atenua 88,5% da radiação solar que recebe (BUENO – BARTHOLOMEI; LABAKI; 2003), sendo que a via possui 21 unidades. Outras espécies presentes no referencial teórico levantado são a *Bauhinia variegata* que atenua 81,7% e possui 1 unidade, e a *Ficus benjamina* que atenua 86,3% e representa 28% do conjunto de 82 árvores da área de estudo.

Basso e Corrêa (2014) analisaram 13 espécies arbóreas, considerando a sombra da árvore na calçada e a radiação solar direta no asfalto. Quatro espécies estudadas por eles estão presentes no levantamento realizado da Rua Dona Veridiana, sendo estas: *Caesalpinia peltophoroides* (21 árvores)*, Bauhinia variegata* (1), *Michelia champaca* (1) e *Tibouchina granulosa* (2). Por meio dos dados informados pelos autores é possível mensurar a diferença média de temperatura de superfície da calçada entre uma área sob a sombra da copa das árvores e uma a pleno sol. Com isso, a espécie *Caesalpinia peltophoroides* pode atenuar 10,6ºC; a *Bauhinia variegata* corresponde a 13ºC; a *Michelia champaca* demonstra uma diminuição de 15ºC; e a *Tibouchina granulosa* reduz 6,8ºC da temperatura de superfície.

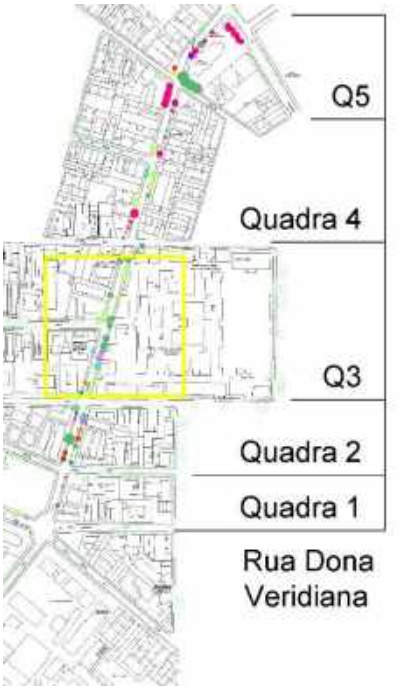

Figura 13 Mapa da Rua Dona Veridiana com as espécies arbóreas locadas. Fonte: A partir de GEOSAMPA, 2014, s/p

Rua Dona Veridiana						
Quadra	Espécie	Nome Popular	Altura	Copa (d)	Qtd.	Total árvores
1 Rua Major Sertório à General Jardim	*Bauhinia variegata*	Pata-de-vaca	10	4	1	
	Caelsalpinia peltophoroides	Sibipiruna	10	7	1	
	Ficus benjamina	Figueira Benjamina	10	6	1	3 árvores
2 Rua General Jardim à Rua Itú	*Zeyheria tuberculosa*	Ipê-felpudo	15	6	1	
	Ficus benjamina	Figueira Benjamina	10	6	2	
	Ficus cannoni	Figueira-bronzina	9	7	2	
	Caelsalpinia peltophoroides	Sibipiruna	10	7	2	
	Tabebuia impetiginosa	Ipê-roxo	8 a 12	8	1	
	Diptychandra aurantica	Balsaminho	8 a 14	10	1	
	Tipuana tipu	Tipuana	12	8	1	
	Ficus auriculata	Figueira-de-jardim	6 a 9	4	1	
	Cybistax antisyphilitica	Ipê-verde	4 a 20	10	2	
	Ligustrum lucidum	Alfena	7 a 10	6	1	14 árvores
3 Rua Itú à Rua Jagaribe	*Caesalpinia ferrea*	Pau-ferro	12	6	1	
	Coffea sp	Cafeeiro	4	6	1	
	Tipuana tipu	Tipuana	12	8	2	
	Millettia dura	Cássia-azul	8 a 10	4	2	
	Eucalyptus ficifolia	Eucalipto-vermelho	7 a 15	8	1	
	Caelsalpinia peltophoroides	Sibirpiuna	10	7	8	
	Ligustrum lucidum	Alfena	7 a 10	6	9	24 árvores
4 Rua Jaguaribe à Rua Frederico Abranches	*Holocalyx balansae*	Alecrim-de-campinas	15 a 25	8	1	
	Tabebuia cf chrysotricha	Ipê-amarelo-cascudo	4 a 10	4	1	
	Araucaria columnaris	Pinheiro-de-natal	40	4	1	
	Ficus benjamina	Figueira Benjamina	10	6	9	
	Caelsalpinia peltophoroides	Sibipiruna	10	7	6	
	Caesalpinia férrea	Pau-ferro	12	6	4	
	Michelia champaca	Magnólia-amarela	7 a 10	6	1	23 árvores
5 Rua Frederico Abranches à Rua dos Palmeiras	*Tibouchina granulosa*	Quaresmeira rosa	6	4	2	
	Caelsalpinia peltophoroides	Sibipiruna	10	7	4	
	Ficus benjamina	Figueira Benjamina	10	6	11	
	Artocarpus sp	Jaqueira	10	9	1	18 árvores
						82 árvore

Tabela 1 - Espécies arbóreas identificadas. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

A Tabela 2, medição na Avenida Higienópolis, indica uma variação de temperaturas de 29,1ºC a 31,6ºC, enquanto na Rua Dona Veridiana foram medidas temperaturas que variam de 31,7ºC a 33,1ºC. Portanto, enquanto a temperatura média da primeira via (no dia aferido e simulado) é de 30,3º C a da segunda é de 32,4ºC, que corresponde a 2,1ºC de diferença. Essas diferenças quanto ao comportamento térmico no microclima influenciam no conforto do pedestre. A umidade relativa do ar da Avenida Higienópolis variou de 33% a 42%, a da Rua Dona Veridiana variou de 30% a 34%. Sendo assim a primeira é mais confortável para o percurso do pedestre do que a segunda, tanto em relação à umidade relativa quanto à temperatura do ar.

Local	Avenida Higienópolis									
Ponto de medição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura	29,1°C	29,4°C	30,2°C	30,5°C	31,5°C	30,9 °C	31,6°C	30,2°C	31,3°C	31,2°C
Umidade	33%	40%	43%	41%	41%	35%	38%	42%	34%	38%
Local	Rua Dona Veridiana									
Ponto de medição	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Temperatura	31,9°C	31,7ºC	31,8°C	32,3°C	32,4°C	32,2°C	31,9°C	32,1°C	32,4°C	33,1°C
Umidade	34%	30%	30%	32%	30%	32%	33%	30%	31%	31%

Tabela 2 - Dados da medição in loco. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

As simulações possibilitam a verificação da temperatura do ar à altura de 1,25m em diferentes horários do dia. A partir disso, elencou-se três diferentes horários para a análise da temperatura do ar nessa quadra. Para a confirmação da veracidade dos dados obtidos no programa ENVI-Met verificou-se a correspondência com os dados obtidos na medição *in loco.* As Figura 14, Figura 15 e Figura 16 mostram a variação de temperatura na quadra, principalmente na via, no espaço público no ambiente simulado com arborização.

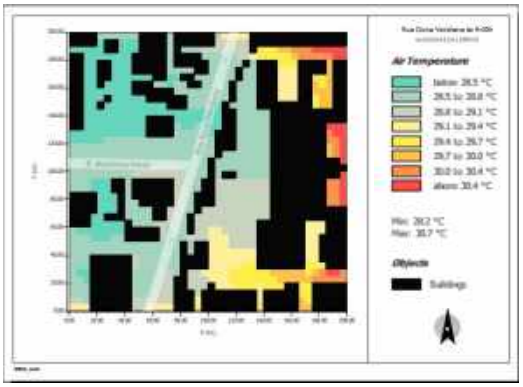

Figura 14 – Temperatura do Ar com arborização às 9:00h.
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

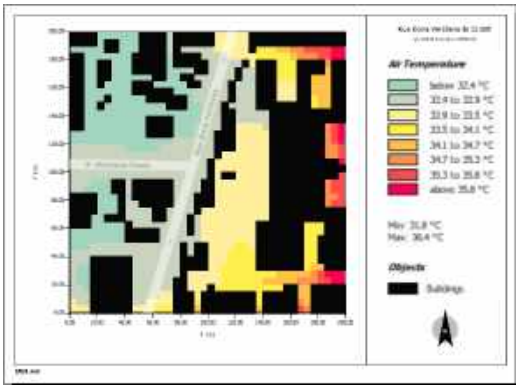

Figura 15– Temperatura do Ar com arborização às 12:00h.
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

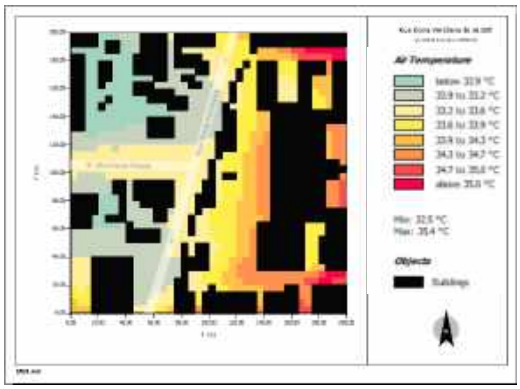

Figura 16 – Temperatura do Ar com arborização às 16:00h.
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

A simulação computadorizada com arborização apresentada na Figura 14 indica que, às 9:00h, a temperatura do ar na via varia de 28,5ºC a 29,0ºC. A Figura 15 indica que às 12:00h a temperatura varia de 32,4ºC a 33,5ºC. Enquanto a Figura *16* demonstra que às 16:00h a variação ao longo da via é de 1°C (de 32,9ºC a 33,9ºC).

As simulações computadorizadas sem a arborização das calçadas apresentaram aumento de até 0,2ºC de temperatura do ar, em comparação com as simulações com a arborização. As simulações também possibilitaram verificar a influência das árvores no Fator de Visão do Céu dentro de um ambiente urbano. Para isso, a partir dos dados obtidos pelo ENVI-Met foram gerados dois mapas para a análise desse quesito. As Figura 17 e Figura 18 expõem esses dados.

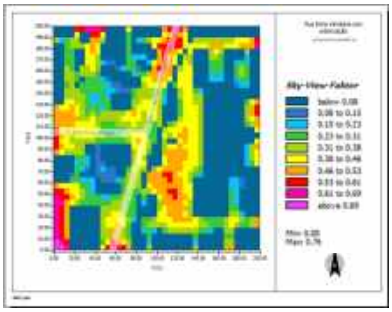

Figura 17 – Fator de Visão do Céu do ambiente com Arborização. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

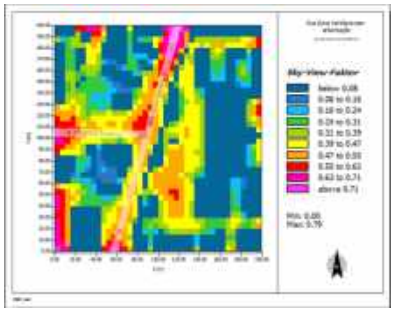

Figura 18 – Fator de Visão do Céu do ambiente sem Arborização. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

A partir das Figura 17 e Figura 18 foi possível perceber que a arborização pode influenciar em até 0,2 do Fator de Visão do Céu, principalmente quanto observa-se a diferença entre as imagens no encontro das ruas Dona Veridiana e Martinico Prado. Nota-se que há uma presença maior das colorações do gradiente vermelho ao rosa na Figura 18, demonstrando que há uma maior exposição de céu quanto não há a presença das árvores nas calçadas. Isso resulta em uma maior exposição ao sol no caminho do pedestre.

Como por exemplo, a porção mais ao norte da Rua Dona Veridiana que apresenta de 0.46 a 0.69 de Fator de Visão do Céu e simultaneamente apresenta também as temperaturas mais altas da via nos três períodos do dia (destacados pela Figura 14, Figura 15 e Figura 16), essa diferença deve-se tanto as edificações quanto a menor quantidade de arborização nesse ponto. A urbanização apresenta em média um impacto de 0.39 no FVC, como é possível notar nas Figura 17 e Figura 18.

A análise demonstrou que os pontos de temperaturas mais elevados ao longo das vias correspondem a porções nas quais o Fator de Visão do Céu é maior, nos quais há uma menor obstrução de céu. Com isso, identificou-se por meio dos mapas que a arborização é um dos fatores que influenciam na diferença de temperatura do ar ao longo da rua.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa possibilitou a análise da influência da arborização e do Fator de Visão de Céu em um ambiente urbano. Por meio do levantamento arbóreo foi possível identificar a quantidade e espécies das árvores da via, o que permitiu um levantamento do referencial teórico direcionado para a obtenção de informações quanto à atenuação solar e à redução na temperatura de superfície dessas árvores. A diferença de temperatura nas áreas analisadas com e sem vegetação, por meio das simulações computadorizadas no programa ENVI-Met, resultaram em uma diferença de 0,2°C, visto que a arborização da via é mais escassa devido a sua urbanização. Na Avenida Higienópolis, que devido a sua urbanização possui mais arborização, há uma diminuição de 2,1ºC na temperatura do ar média em relação à temperatura da Rua Dona Veridiana, ressaltando a importância da vegetação no meio urbano para o conforto do pedestre.

O Fator de Visão do Céu (FVC) também é um dos fatores que interferem na temperatura do ar, visto que, no estudo, áreas com uma maior obstrução (mais próximas do 0 na escala do mapa) apresentam uma temperatura do ar menor do que as áreas mais expostas à radiação solar (com o FVC mais próximo do 1). Os mapas de FVC, também gerados por meio das simulações computadorizadas, demonstraram que a árvore modelo do programa, empregada na simulação, pode obstruir 0,2 do FVC, sendo efetiva no conforto térmico do pedestre. A urbanização tem um impacto de 0,39 no FVC, no entanto, sua eficiência é menor se comparada à vegetação devido à qualidade ambiental proporcionada pelas árvores e o aumento da umidade relativa.

O estudo demonstra a influência massas vegetais e da urbanização para o comportamento térmico e para ampliar o conforto do pedestre, incentivando assim percursos a pé.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, LOYDE VIEIRA; LABAKI, LUCILA CHEBEL. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído,* Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.103-117, out./dez. 2010.

ANTONUCCI, DENISE. Higienópolis: formação e transformação. *Cadernos de PósGraduação em Arquitetura e Urbanismo,* São Paulo, v.6, n.1, 2006. Disponível em: http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau/article/view/111>. Acesso em: 19 maio 2016.

BASSO, JUSSARA MARIA; CORRÊA, RODRIGO STUDART. Arborização urbana e qualificação da paisagem. *Paisagem e Ambiente*: Ensaios, São Paulo, v. 0, n. 34, p.129-148, dez. 2014.

BUENO, CAROLINA LOTUFO. *Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas*. 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BUENO-BARTHOLOMEI, CAROLINA LOTUFO. *Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.* 2003. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, 2003

BUENO-BARTHOLOMEI, CAROLINA L.; LABAKI, LUCILA C.. *How Much Does the Change of Species of Trees Affect Their Solar Radiation Attenuation?* Polonia: Origin Publication, 2003. 26 slides, color. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Lotufo_Bueno-Bartholomei2/publication/30434788 2_How_much_does_the_change_of_species_of_trees_affect_their_solar_radiationattenuation/links/57e2e7b508aedde5f3659e3b?origin=publication _list. Acesso em: 28 fev. 2017.

CHRYSOSTOMO, N.; FÁVERO, O. A.; MOURA, A.R.; NUCCI, J.C. *Mapeamento e Avaliação da Arborização de Rua do Bairro de Santa Cecília (São Paulo - SP).* In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. Anais do XIIISBGFA. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 165-166. Viçosa: 2009.

FERREIRA, CAIO VINICIUS OLIVEIRA; COLLISCHONN, ERIKA. Cômputo do fator de visão do céu em 10 diferentes ambientes intraurbanos da cidade de pelotas-rs. In: Simpósio Brasileiro de Climatogia Geográfica, 12., 2016, Goiânia. *Goias.* Goiânia: Gráfica Ufg, 2016. p. 1316 - 1324.

FIORI, ANA MARIA. *Um método para medir a sombra:* Pesquisa avalia cinco espécies de árvores plantadas na área urbana e indica quais as mais adequadas para dar conforto aos habitantes. Pesquisa Fapesp**,** São Paulo, v. 61, p.26-29, fev. 2001. Disponível em:http://revistapesquisa.fapesp.br/2001/01/01/um-metodo-para-medir-a-sombra/. Acesso em: 28 fev. 2017.

FROTA, ANÉSIA BARROS; SCHIFFER, SUELI RAMOS. *Manual do conforto térmico***:** arquitetura, urbanismo. 5. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

GEHL, JAN. *Cidades para pessoas.* Tradução Anita Di Marco. Editora: Perspectiva, 2013.

GOOGLE. *Google Earth.* 2017,2018. Disponível em: https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/. Acesso em: 11 out. 2017.

IACOCCA, ANGELO. *A Conquista da Paulista:Conjunto Nacional.* Peirópolis: Fundação Peirópolis Ltda, 1998.

JACOBS, JANE. *Morte e vida de grandes cidades.* São Paulo: Martins Fontes, 2001.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F., *Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar*. Projeto FAPESP. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 1999.

LABAKI, LUCILA CHEBEL *et al.* Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudo em ruas de pedestres do estado de São Paulo. *Ambiente Construído,* Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.167-183, mar. 2012.

LAMBERTS, ROBERTO; DUTRA, LUCIANO; PEREIRA, FERNANDO O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura.* 3. ed. Florianópolis: Eletrobrás, 2014. 382 p.

LOMBARDO, MAGDA ADELAIDE. *Ilha de calor nas metrópoles:* o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

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

LORENZI, H.. *Árvores brasileiras:* manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil (3 ed.). Nova Odessa/São Paulo: Instituto Plantarum, v. 2, 2009. 384 p.

LORENZI, P.; SOUZA, H. M. TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B.. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa/São Paulo: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MACEDO, SILVIO SOARES. *Higienópolis e arredores.* Processo de mutação da paisagem urbana. 2ª edição, São Paulo, Edusp, 2012.

MINAS GERAIS. Prefeitura de Uberaba. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. *Arborização de calçadas:* ajude a tornar nossa cidade mais bela e agradável. Disponível em: http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/meio_ambiente/ arquivos/agenda_verde/cartilha_arborizacao.pdf. Acesso em: 15 dez. 2017.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais*... 2009.

MURASAKI, NARA HEIWA *et al. Mapeamento e Avaliação da Arborização de Rua de parte do Bairro Higienópolis (Centro De São Paulo/SP).* In: XIII CBAU _ Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2009, Rio Branco Acre Brasil. Diversidade na Floresta e na Cidade, 2009.

PIVETTA, KATHIA FERNANDES LOPES; SILVA FILHO, DF DA. Arborização urbana. *Boletim Acadêmico–Série Arborização Urbana. Jaboticabal: UNESP/FCAV/FUNEP*, 2002.

SÃO PAULO (Município). *GeoSampa:* Mapa digital da cidade de São Paulo. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/ PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em: 11 out. 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao MackPesquisa, pertencente à Universidade Presbiteriana Mackenzie, pelo apoio financeiro durante o período da iniciação científica realizada em 2017/2018.