



O IMPACTO DAS ÁREAS VERDES NA REDUÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

Vinícius Piccolomini

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

vinicius.piccolomini@outlook.com

Cláudia Cotrim Pezzuto

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

claudiapezzuto@puc-campinas.edu.br

Marcus Fabius Henriques de Carvalho

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

marcius@puc-campinas.edu.br



O IMPACTO DAS ÁREAS VERDES NA REDUÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

**Vinícius Piccolomini, Marcius Fabius Henriques de Carvalho, Cláudia Cotrim
Pezzuto**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência térmica de áreas verdes com diferentes configurações de entorno imediato. O estudo foi realizado na cidade de Campinas-SP, no interior de um campus universitário na proximidade de um bosque. A coleta de dados climáticos foi feita em dias estáveis durante o período 3 dias consecutivos, através de medidas fixas e móveis. Os pontos foram analisados em raios de 50 em 50 metros a partir do centro do bosque de estudo, sendo o primeiro raio de 60 metros para tangenciar os arredores do bosque. Foram avaliados 8 pontos fixos, além de dois transectos, um no sentido norte-sul e outro leste-oeste. Os pontos no interior do bosque (5, 21,7°C, a 8 transecto, 22,6°C LO) apresentaram diferença térmica de 1,5°C a menos do que os pontos em áreas pavimentadas (1, 23,2°C, e 2 transecto, 23,1°C, LO). Os resultados reforçam o potencial das áreas verdes na estabilidade e redução climática.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos avaliam os fatores que podem influenciar as alterações climáticas no meio urbano, dentre estes destacam-se a vegetação, água e superfícies permeáveis, áreas verdes e corpo d'água (Masiero and Souza, 2013; Pezzuto et al., 2016; Skelhorn et al., 2014), morfologia urbana (Stewart and Oke, 2012) e superfícies urbanas impermeáveis (Alchapar et al., 2017).

Bowler et al. (2010) relata que o espaço verde, como parques e árvores pode resfriar o meio urbano, pelo menos na escala local. O estudo relata que em média um parque urbano é cerca 1 C° mais frio em relação aos locais não vegetados. O estudo também observou a eficácia do sombreamento por árvores na amortização térmica e constatou que áreas de vegetação rasteira tem um papel importante no resfriamento do microclima por conta da evapotranspiração.

Dacanal, (2011) estuda a influência de parques na cidade de Campinas e aponta que a presença de fragmentos florestais está diretamente relacionada a estabilidade térmica e sugere que, partindo de uma relação mínima de 20% de área verde em relação a área construída pode-se obter um impacto positivo no conforto térmico. Sendo potencializado por uma distribuição homogeneia dos mesmos no tecido urbano e acrescentou que a distância ideal para distribuição das áreas verdes seria em média, o dobro da largura dos fragmentos.

Abreu-Harbach et al., (2015) constataram que o sombreamento de edifícios e calçadas por espécies arbóreas de forma individual ou em aglomerados, é uma estratégia de projeto urbanístico e arquitetônico a ser considerada na busca pelo conforto térmico juntamente a eficiência energética, sendo potencializada quando há o alinhamento das vias com os ventos predominantes da região. A pesquisa de Feyisa et al., (2014) também complementa apontando a importância da escolha das espécies para uma maior eficácia.

Para Sodoudi et al., (2018) os benefícios do resfriamento passivo poderiam ser otimizado através de áreas verdes pouco fragmentadas e bem integradas a área urbanizada, com estruturas lineares implantadas paralelas aos ventos prevalecentes, favorecendo a ventilação, elevando a umidade do ar e com ela a perda de calor pela evapotranspiração. Diversos estudos buscam quantificar a gama de resultados provindos da relação da vegetação com as características locais. Acero and González-Asensio, (2018) em sua pesquisa realizada em uma cidade de clima tropical e úmido observa o fenômeno de aquecimento que ocorre no período final da manhã. Medições realizadas no período chuvoso apresentaram uma diferença de 1,3° C em relação ao período de seca, devido a inércia térmica gerada pelo retardamento do aquecimento das superfícies com cobertura vegetal. Constatando a diferença significativa do comportamento da vegetação em cada período. Concluindo que variáveis como altitude e propriedades climáticas são ativas em relação ao comportamento do clima próximo a áreas verdes.

Assim sendo este estudo, através do monitoramento climático no entorno imediato de um bosque, tem como objetivo avaliar o comportamento térmico de uma área verde e sua influência no entorno imediato.

2 METODOLOGIA

A coleta de dados foi feita na cidade de Campinas-SP (Latitude S 22°53'20" Longitude O 47°04'40"). O município possui 1.194.094 habitantes e uma área total de 796,4 Km² (IBGE, 2019; PMC, 2020). Caracterizado como tropical de altitude (Cwa-Koppen), o clima apresenta verões quentes úmidos e chuvosos e invernos amenos e secos (CEPAGRI, 2020). A área de estudo está localizada em um Campus Universitário de aproximadamente 556 m², nas proximidades de um bosque (Figura 1).

Para locação dos pontos foi definido como área central o bosque do campus, e a partir disso um raio 60 metros que tangencia os limites da área vegetada, em seguida foram definidos 4 raios concêntricos com espaçamento de 50 metros cada um. A Leste em uma distância de 600 metros do centro dos raios há a presença do corpo d'água Ribeirão das Anhumas. Foram definidos também dois pontos (P1 e P8) fora dos raios, por conta da morfologia de seu entorno, visando contemplar várias composições de entorno, contendo diferentes proporções de áreas permeáveis, impermeáveis, arborizadas, pavimentadas e construídas.

A coleta de dados climáticos foi realizada em dias estáveis e sem ocorrência de precipitação no período de 30 de maio a 01 de junho. A coleta de dados com medidas móveis foi realizada em dois dias consecutivos (30 e 31 de maio de 2019), em 3 horários, 9, 15 e 21 horas. Os transectos foram realizados a pé em duas orientações simultâneas, norte-sul e leste-oeste. A coleta contemplou dados de temperatura do ar, umidade relativa através do instrumento Testo 405 V1. Os Pontos fixos foram coletados em 3 dias consecutivos (30 a 01 de junho) através do Data Logger Testo 174H. Juntamente com as médias móveis foram coletados dados de medições fixas em 8 pontos de coleta. Todos os instrumentos foram acoplados no interior de protetores de intempéries e radiação solar HOBO RS1 e instalados a 2,10 metros de. As medições nestas alturas contemplam o monitoramento da Atmosfera Urbana Inferior

(UrbanCanopyLayer – UCL) (Oke, 2006). Em cada ponto foram coletados dados do fator de visão do céu através de câmera equipada com lente olho de peixe.

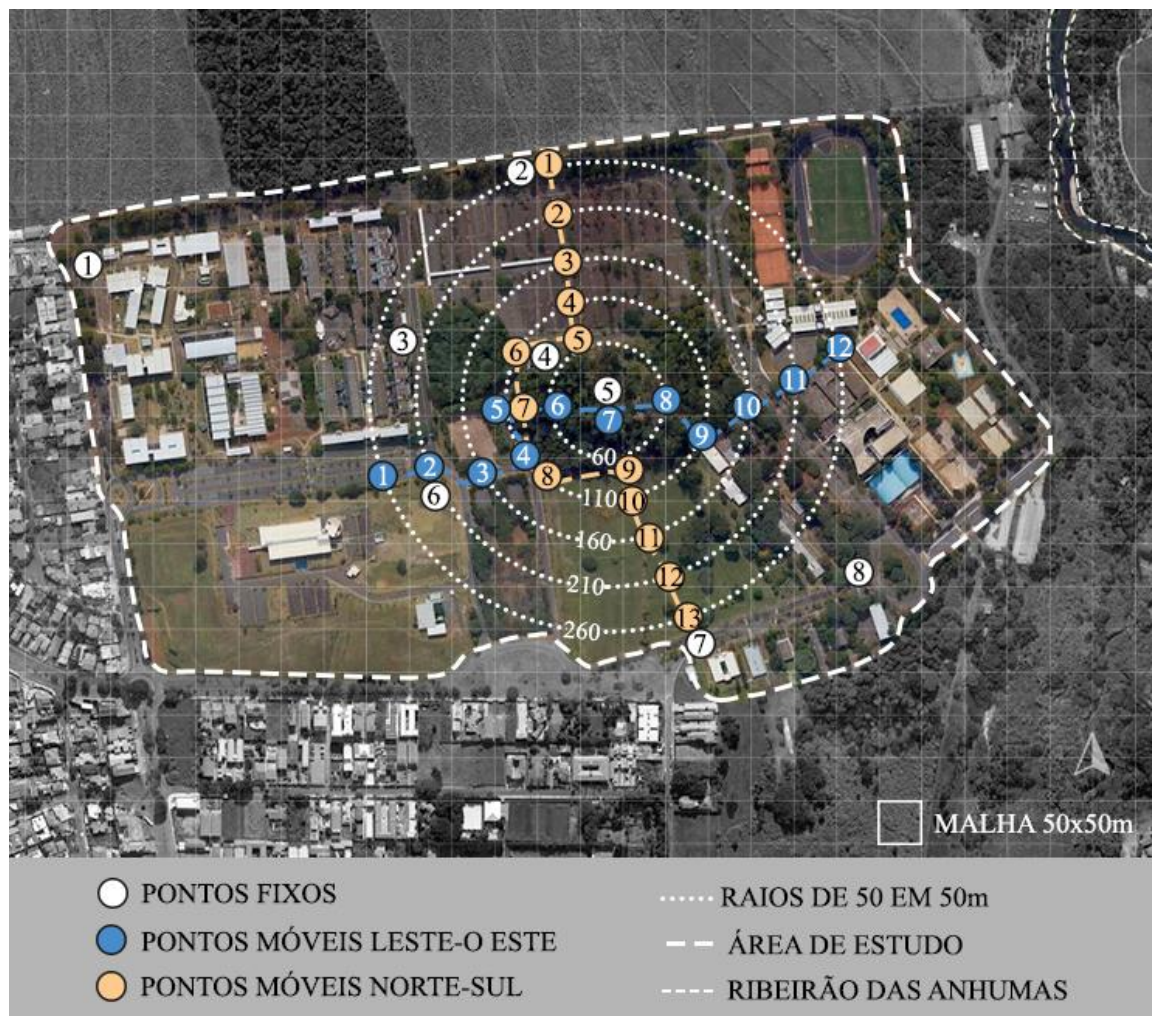
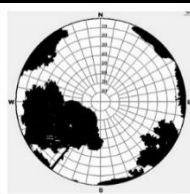


Fig. 1 Área de estudo, Puc-Campinas Campus I

3 RESULTADOS

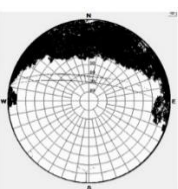
Para as análises dos dados foram consideradas os valores médios dos pontos fixos e móveis. A tabela 1 mostra as características dos pontos amostrais. O fator de visão do céu (FVC) dos pontos fixos apontaram que o Ponto- 5, que se localiza no centro de um bosque, possui o menor FVC sendo 0.081 e o Ponto- 6 a 210 metros a oeste do bosque o maior FVC com 0.805. Os pontos no entorno do bosque apresentaram uma faixa de 0.662 a 0.750. A obstrução do céu para a maioria dos pontos ocorre através de árvores ou conjuntos arbóreos. Verifica-se que todos os pontos possuem uma relação direta com a vegetação sendo ela pontual, linear ou em aglomerados.

Tabela 1 Características dos pontos amostrais



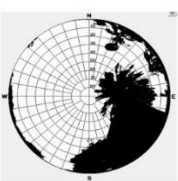
Ponto 1- FVC: 0.689

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas.



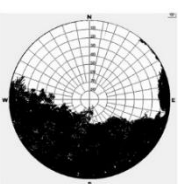
Ponto 2- FVC: 0.750

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas.



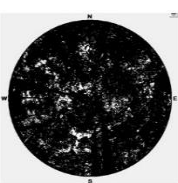
Ponto 3- FVC: 0.662

Presença de edificações, vias pavimentadas, árvores de médio a grande porte. Proximidade de áreas permeáveis com gramíneas. Proximidade do bosque de estudo.



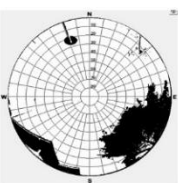
Ponto 4- FVC: 0.559

Situado no limite noroeste do bosque de estudo. Proximidade de área pavimentada.



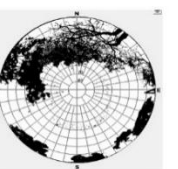
Ponto 5- FVC: 0.081

Situado no centro do bosque de estudo. Á área totalmente permeável com presença de gramíneas e árvores de pequeno, médio e grande porte.



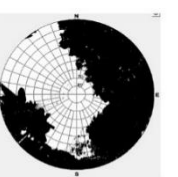
Ponto 6- FVC: 0.805

Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores de pequeno, médio e grande porte e próximo também de área permeável com presença de gramíneas.



Ponto 7- FVC: 0.720

Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores (pequeno, médio e grande porte) e de área permeável com presença de gramíneas.



Ponto 8- FVC: 0.420





Situado próximo a via pavimentada. Proximidade de árvores de médio e grande porte.

A tabela 2 mostra os valores médios de temperatura do ar, mínima, máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar do período de coleta. No período das temperaturas médias máximas a maior diferença foi encontrada entre o ponto 8 (29,1°) e o ponto 5 (27,2°C), diferença aproximada de 1,9°C. O ponto 5 encontra-se no interior do bosque e o ponto 8 em área aberta, ou seja, o ponto 5 apresenta um aquecimento mais lento devido as obstruções das vegetações. Destaca-se que o Ponto-2, localizado em uma via sombreada por árvores de grande porte no sentido norte, apresentou a temperatura máxima 27,6°C apenas 0,4°C a mais do que o Ponto-5 (27,2°C) dentro do bosque, reforçando os benefícios do sombreamento de vias por árvores. As temperaturas mínimas apresentaram pouca variação, diferença aproximada de 0,9°C, entre o ponto 1 e 3. Destaca-se o comportamento dos pontos 5, interior do bosque, com menor temperatura máxima e baixa amplitude térmica. O ponto 3 localizado no entorno imediato do bosque também apresentou uma baixa temperatura mínima, 18,4°C, que pode ter sido favorecida devido a proximidade de 20 metros do bosque, em uma área mais aberta o que também favoreceu a amplitude de 10°C. O ponto 3 caracterizado por um entorno edificado apresentou a maior temperatura média diária, 23,1°C. Com relação à umidade relativa do ar verifica-se pouca variação entre os pontos aproximadamente 9% no horário da máxima.

Tabela 2 Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, pontos fixos

	Distância (metros)							
	620	260	250	100	0	210	260	330
	Pontos Fixos							
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8
Temperatura do ar média máxima (°C)	28,1	27,6	28,4	28,8	27,2	28,3	28,1	29,1
Temperatura do ar média mínima (°C)	19,3	18,9	18,4	18,8	19,1	18,6	19,1	18,5
Temperatura do ar média (°C)	23,1	22,7	22,9	22,9	22,5	22,9	22,9	22,8
Amplitude térmica média (°C)	8,8	8,7	10,0	10,0	8,2	9,7	9,0	10,6
Umidade relativa média máxima (%)	82,9	88,5	88,9	88,1	90,0	87,1	85,0	91,4
Umidade relativa média mínima do Ar (%)	50,7	53,9	51,6	52,4	60,1	50,2	51,7	49,8
Umidade relativa média do Ar (%)	69,3	73,7	72,0	72,4	76,3	70,6	71,1	73,5
Amplitude média Umidade Relativa (%)	32,2	34,6	37,3	35,7	29,9	37,0	33,4	41,7

Legenda de características gerais do entorno imediato de cada ponto

 :Limite Bosque	 :Interior Bosque	 :Pavimentado sem Obstrução	 :Pavimentado com Obstrução
--	--	--	--

A Tabela 3 representa a temperatura média das medidas móveis coletadas nas rotas Norte-Sul e Leste-Oeste, nos dias 30 e 31 de maio, nos horários das 9h 15 h e 21 h. No período de aquecimento novamente os pontos localizados no interior do bosque (5,6,7,8 transecto LO) apresentaram as menores temperaturas, faixa entre 22,8 °C a 23,1°C, comparados com os pontos 11, 12 e 13, afastados do centro do bosque 160 m., 210 m. e 260 m., respectivamente. No horário da temperatura máxima, os pontos no entorno imediato do bosque (pontos 5, a 9 transecto NS) apresentaram os maiores valores, faixa entre 29,0°C a 30,5°C. Em contrapartida, no período de resfriamento urbano, temperaturas mínimas, verifica-se que os pontos no entorno imediato do bosque (pontos 5 a 9 transecto NS e pontos 4 e 9 transecto LO) apresentaram os menores valores faixa entre 21,7°C a 22,3°C. Os pontos no interior do bosque (5 a 8 transecto LO) 21,7°C a 22,6°C. Os maiores valores de temperatura mínima foram encontrados nos pontos (1 e 2 transecto LO) 23,2°C a 23,1°C, respectivamente, em áreas pavimentadas a 210 m e 260 m do interior do bosque.

Tabela 3 Tabela de temperatura e umidade relativa do ar média do período de coleta, Transecto Norte-Sul (NS) e Leste-Oeste (LS)

Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
09:00													
Temp (°C)	23,6	23,1	24,9	25,1	26,4	26,2	26,1	25,4	23,9	24,8	26,4	26,5	27,3
Umid. (%)	75,1	74,1	71,8	69,8	68,8	66,6	66,4	69,6	75,0	75,9	72,2	69,7	67,5
15:00													
Temp. (°C)	27,9	28,9	29,3	29,4	30,5	30,5	29,0	29,0	27,9	29,4	29,7	29,5	29,0
Umid. (%)	58,7	59,5	56,7	55,1	54,7	51,8	53,0	53,7	57,1	58,8	56,4	53,1	51,2
21:00													
Temp. (°C)	22,7	22,8	22,7	22,5	22,1	22,2	22,1	22,0	21,7	21,2	21,5	21,7	22,2
Umid. (%)	72,8	72,5	73,0	73,6	74,2	74,2	75,1	76,0	76,8	76,4	76,3	77,0	77,7

Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
09:00											
Temp. (°C)	23,5	25,2	24,1	23,5	23,1	23,0	22,8	23,1	23,2	23,1	23,3
Umid. (%)	69,3	65,1	68,2	68,8	69,8	72,8	71,4	74,0	72,4	72,2	72,1
15:00											
Temp. (°C)	28,6	28,9	28,4	28,4	28,4	28,1	27,2	27,6	27,8	28,8	29,5
Umid. (%)	53,6	53,5	51,1	50,3	49,8	52,2	54,7	55,3	54,7	53,8	54,5
21:00											
Temp. (°C)	23,2	23,1	22,9	22,3	22,6	22,4	22,3	21,7	21,7	21,8	22,1
Umid. (%)	65,8	65,8	66,6	68,4	69,0	69,5	69,9	70,4	70,4	71,3	71,8

Legenda de características gerais do entorno imediato de cada ponto

:Limite Bosque
 :Interior Bosque
 :Pavimentado sem Obstrução
 :Pavimentado com Obstrução

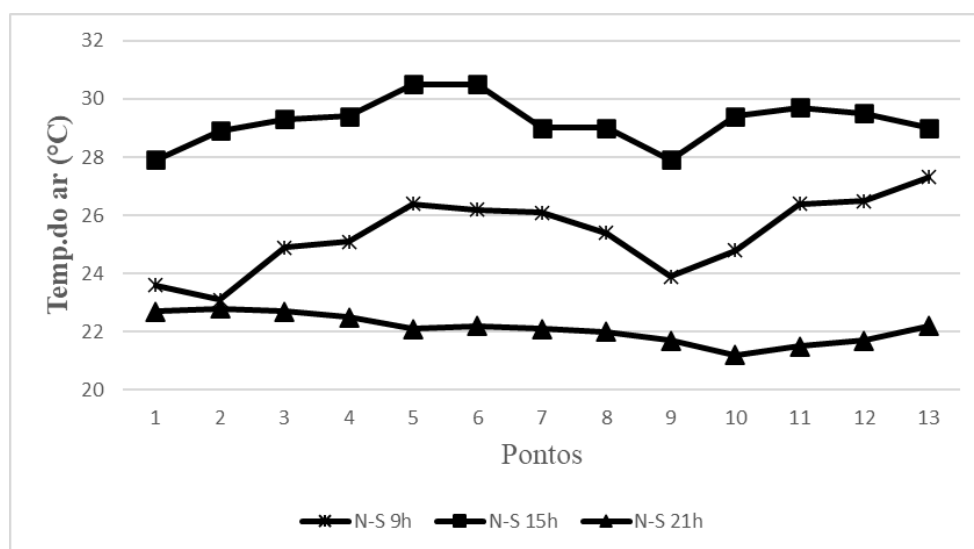


Figura 2: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de coleta. Horários 9h 15h e 21 h. Transecto Norte-Sul.

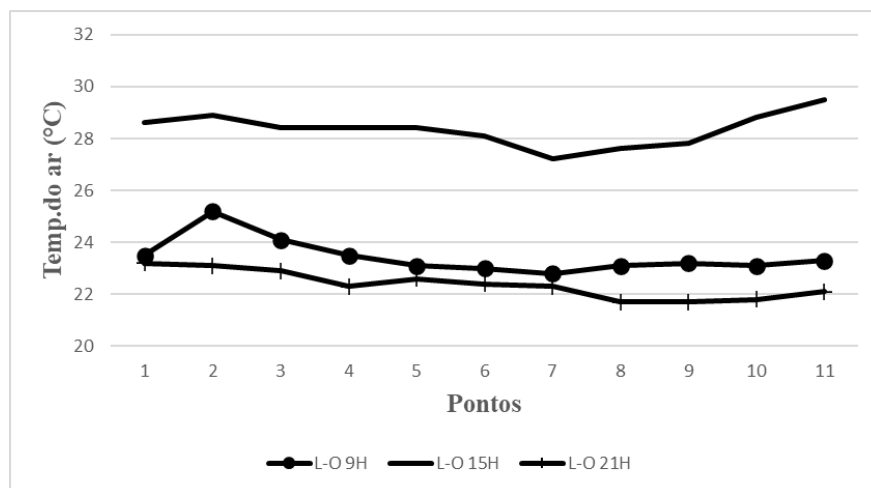


Figura 3: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de coleta. Horários 9h 15h e 21 h. Transecto Leste-Oeste

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados demonstram a importância das áreas verdes na redução da temperatura do ar, principalmente no horário do resfriamento noturno. Destaca-se que no horário das temperaturas mínimas a presença do bosque acarreta um resfriamento em seus arredores, reduzindo nitidamente a temperatura do ar dos pontos próximos dos seus limites. Em contrapartida, os pontos mais afastados e com cobertura impermeável apresentaram uma temperatura mais elevada no horário do resfriamento noturno. Verificou-se que a extensão do efeito de resfriamento de uma área verde também está fortemente relacionada com os materiais de cobertura e seu entorno imediato. Neste sentido, o posicionamento de árvores de porte médio individuais ou em conjuntos ao longo de vias, estacionamento e outras áreas impermeabilizadas favorece o conforto climático na escala do pedestre. Ou seja, parques e bosques bem distribuídos ao longo da cidade são uma eficiente estratégia de melhoria do ambiente térmico urbano.

AGRADECIMENTOS

À FAPIC/Reitoria pelo financiamento desta bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- Acero, J.A., González-Asensio, B. (2018) Influence of vegetation on the morning land surface temperature in a tropical humid urban area. **Urban Clim.** 26, 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.09.004>
- Alchapar, N.L., Pezzuto, C.C., Correa, E.N., Chebel Labaki, L. (2017) The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. **Theor. Appl. Climatol.** 130, 35–50. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1851-5>
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S. (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landsc. Urban Plan.** 97, 147–155. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2010.05.006>
- CEPAGRI, 2020. Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à

Agricultura.

Dacanal, C. (2011) **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudo em Campinas, SP**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP.

de Abreu-Harbich, L.V., Labaki, L.C., Matzarakis, A. (2015) Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landsc. Urban Plan.** 138, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008>

Feyisa, G.L., Dons, K., Meilby, H. (2014) Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. **Landsc. Urban Plan.** 123, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008>

IBGE, 2019. Banco de dados Cidades: Informações sobre Municípios Brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Masiero, E., Souza, L.C.L. De (2013) Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído** 13, 25–39. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000400003>

Oke, T.R. (2006) **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. IOM Report No. 81, WMO=TD No. 1250.

Pezzuto, C.C., Carvalho, M.F.H. de, Mota, L.T.M. (2016). Diferentes enfoques para avaliação do microclima urbano. **Cad. PROARQ** 26, 54–69.

PMC, 2020. Prefeitura Municipal de Campinas.

Skelhorn, C., Lindley, S., Levermore, G. (2014) Landscape and Urban Planning The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city : A fine scale assessment in Manchester , UK. **Landsc. Urban Plan.** 121, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>

Sodoudi, S., Zhang, H., Chi, X., Müller, F., Li, H. (2018) The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. **Urban For. Urban Green.** 34, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.002>

Stewart, I.D., Oke, T.R. (2012) Local climate zones for urban temperature studies. **Bull. Am. Meteorol. Soc.** 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>