



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**



SARAH MARIA DO VALE NUNES

**ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO: Uma análise na
Avenida Frei Serafim em Teresina – PI**

TERESINA - PI

2024

SARAH MARIA DO VALE NUNES

**ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO: Uma análise na
Avenida Frei Serafim em Teresina – PI**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Professora Dra. Melissa Oda Souza.

**TERESINA - PI
2024**

SARAH MARIA DO VALE NUNES

**ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO: Uma análise na
Avenida Frei Serafim em Teresina – PI**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Professora Dra. Melissa Oda Souza.

Aprovada em 13 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Melissa Oda Souza - UESPI
Orientadora

Diogo de Souza Ferraz - UESPI
Membro

Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior - UESPI
Membro

ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO: Uma análise na Avenida Frei Serafim em Teresina – PI¹

URBAN AFFORESTATION AND THERMAL COMFORT: An analysis on Avenida Frei Serafim in Teresina - PI

Sarah Maria do Vale Nunes²
Melissa Oda Souza³

Resumo: A organização da sociedade no espaço e a expansão das cidades transformam a paisagem natural, substituindo as áreas verdes por construções e contribuindo para a formação de Ilhas de Calor, influenciando no conforto térmico. O estudo tem por objetivo mensurar a área verde de um trecho da Avenida Frei Serafim, localizada no município de Teresina – PI, em três segmentos, e avaliar a influência da arborização no seu conforto térmico. O estudo abrangeu um trecho entre a Avenida Miguel Rosa e a Rua Quintino Bocaiúva. Foram alocados três transectos para análise de cobertura arbórea e monitoramento microclimático em três horários (8:00, 12:00 e 16:00 horas) nos meses de setembro, outubro e novembro de 2023, e janeiro de 2024. Foram utilizados índices ambientais para a avaliação do conforto térmico. O Índice de Sombreamento Arbóreo foi de 24,61% e o Índice de Densidade Arbórea de 0,41%, ambos abaixo do recomendado para áreas residenciais (50% e uma árvore por 100 m², respectivamente). Os índices de conforto e desconforto térmico mostraram que as temperaturas estavam acima dos níveis confortáveis com o Índice de Conforto Térmico superior a 26 °C e Índice de Desconforto Térmico acima de 28 °C na maioria dos horários, indicando desconforto extremo. O déficit arbóreo contribuiu para temperaturas mais elevadas e formação de Ilhas de Calor, destacando a importância da vegetação na melhoria do conforto térmico em áreas urbanas.

Palavras-chave: cobertura arbórea; temperatura; ambiente urbano.

Abstract: The organization of society in space and the expansion of cities transform the natural landscape, replacing green areas with buildings and contributing to the formation of Heat Islands, influencing thermal comfort. The study aims to measure the green area of a stretch of Frei Serafim Avenue, located in the city of Teresina - PI, in three segments, and to evaluate the influence of afforestation on thermal comfort. The study covered a stretch between Miguel Rosa Avenue and Quintino Bocaiúva Street. Three transects were allocated for the analysis of tree cover and microclimate monitoring at three moments (8:00, 12:00 and 16:00 hours) in the months of september, october e november 2023, and january 2024. Environmental indicators were used to assess thermal comfort. The Tree Shading Indicator was 24.61% and the Tree Density Indicator was 0.41%, both below the recommended levels for residential áreas (50% and one tree per 100 m², respectively). Thermal comfort and discomfort

¹ Artigo apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Data de submissão à Universidade: 13/12/2024.

² Aluno do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina-PI. sarahmdvn@gmail.com.

³ Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Doutora em Recursos Florestais.

indices showed that temperatures were above comfortable levels, with the Thermal Comfort Indicator above 26 °C and the Thermal Discomfort Indicator above 28 °C at most times, depicting extreme discomfort. The tree deficit contributed to higher temperatures and the formation of Heat Islands, emphasizing the importance of vegetation in improving thermal comfort in urban areas.

Keywords: tree cover; temperature; urban environment.

1 INTRODUÇÃO

A forma de uso e ocupação do solo, como a sociedade se organiza no espaço e a expansão das cidades tem levado a transformações profundas na paisagem natural. Essas transformações que ocorreram e ainda ocorrem através da substituição das áreas verdes por construções, aumento da área coberta por concreto e consequentemente a impermeabilização do solo em larga escala, aliado às atividades humanas, têm contribuído para a elevação de temperaturas em centros urbanos, causando o fenômeno chamado de ilhas de calor urbanas (ICU) (Amorim, 2020).

A elevação das temperaturas, e a formação das ilhas de calor têm sido consideradas as principais mudanças microclimáticas nos grandes centros urbanos. Conforme o relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (2014), as mudanças provocadas pelo aquecimento global serão sentidas nas cidades de climas tropicais (PACHAURI *et al.*, 2014) e há mais de 50% de chance da temperatura global elevar ou ultrapassar 1,5°C até 2040 (IPCC, 2023). Gartland (2010) descreve as ICU como um “oásis invertido”, o ar e as superfícies se tornam mais quentes que seus arredores, e esse aumento de temperatura é causado, principalmente, pelo ar que é absorvido e liberado pelos centros urbanos, onde se concentra grande quantidade de materiais com alto potencial de retenção de energia. Esse fenômeno tem predominância em regiões urbanas e suburbanas, devido aos materiais utilizados nas construções que possuem maior capacidade de absorver e armazenar calor do sol em comparação aos materiais naturais presentes em áreas rurais e menos urbanizadas (Gartland, 2010; Mendes *et al.*, 2019).

Segundo Lombardo, Fruehauf e Pellegrino (2022) “O clima urbano é decorrente do processo de urbanização que interfere diretamente na atmosfera local”, a modificação da superfície natural por construções urbanas altera as propriedades físicas e químicas, influenciando também os fenômenos relacionados à circulação do ar, ao calor, à água e ao movimento das massas nas camadas mais próximas a atmosfera. Esses fenômenos têm impactado diretamente no conforto térmico e na saúde da população (Fernandes; Masieiro, 2020.)

De acordo com Martini, Biondi e Batista (2019), a noção de conforto térmico engloba bem mais que o bem-estar das pessoas em diferentes ambientes, abrangendo, além disso, a interação entre os indivíduos e o ambiente sob diversas condições climáticas. O conforto térmico está ligado às vestimentas usadas no cotidiano, as atividades realizadas, como também as variáveis ambientais que proporcionam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente (Oliveira, 2022). Sousa *et al.* (2018) reforçam essa ideia, apontando que o conforto térmico é observado em áreas específicas, onde a satisfação das pessoas está intimamente ligada às condições térmicas do espaço.

Considerando as variáveis ambientais, os índices de conforto térmico podem incluir a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento (Nóbrega; Lemos, 2011; Souza; Nery, 2012). Esses parâmetros são importantes na

determinação de diferentes faixas de conforto e determinam quando um ambiente pode ser classificado como: confortável, conforto suportável e desconforto insuportável (Miranda, Diniz, Silva, 2017).

Santamouris e Osmond (2020) afirmam que a vegetação contribui de forma significativa para a melhoria do microclima urbano, diminuindo os principais fatores que favorecem as ICU e consequentemente melhorando o conforto térmico. Nos centros urbanos, os parques e praças conseguem realizar um importante papel ao abrigar áreas verdes devido às suas características e à posição estratégica entre os edifícios. A presença de vegetação nas cidades ajuda a manter a umidade do solo, regular a temperatura e diminuir a irradiação solar, devido à sua menor capacidade de armazenar e conduzir calor em comparação com os materiais de construção, operando também como uma barreira contra a radiação solar, ajudando no equilíbrio energético das cidades (Silva, 2023).

Estudos sobre o conforto térmico e a arborização urbana tem grande importância para o município de Teresina. Teresina é considerada uma das cidades mais quentes do Brasil, com um clima tropical e temperaturas que variam entre 22°C e 40°C. A cidade enfrenta chuvas irregulares de dezembro a maio e períodos secos de agosto a novembro. Aproximadamente 94,3% da população de Teresina reside em áreas urbanas, enquanto 5,7% vivem em áreas rurais (IBGE, 2022).

Pesquisas recentes mostram que o consumo de solo, em Teresina, superou consideravelmente o crescimento da população, com uma expansão mais dispersa do que compacta e sem equilíbrio entre áreas impermeabilizadas e áreas vegetadas (Lima et al., 2021). Além disso, o acelerado crescimento de Teresina e a eliminação da cobertura vegetal em áreas urbanas têm contribuído para uma nova configuração climática na cidade (Nunes et al., 2019).

Diante do exposto, esse trabalho tem por objetivo mensurar a área verde de um trecho da Avenida Frei Serafim, localizada no município de Teresina – PI, e avaliar os efeitos da arborização nas variáveis climáticas e nos índices de conforto térmico em diferentes horários.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Teresina (5°5'20" S e 42°48'7" W, com altitude de 72 metros), situado no nordeste do Brasil, que abriga uma população em torno de 871 mil residentes (IBGE, 2023). De acordo com a classificação de Koppen, Teresina, capital do Piauí, apresenta clima de classificação Aw', caracterizado por apresentar mês mais frio com temperaturas maiores que 18°C e mês mais secos com menos de 60 mm, e com chuvas atrasando para o outono (Jacomine, 1986).

Para o estudo foi selecionado um trecho da Avenida Frei Serafim (5°05'11.3"S 42°48'11.8"W), entre os cruzamentos da Avenida Miguel Rosa até a Rua Quintino Bocaiúva, possuindo área de 40011,01 m² e perímetro de 1848,70 m (Figura 1).

Essa avenida funciona como uma rota de conexão entre o Centro e a Zona Leste, enfrentando intenso tráfego e congestionamentos. No entanto, possui um amplo canteiro arborizado que é amplamente utilizado para circulação, caminhadas, atividades físicas e lazer, apesar do ruído e do constante fluxo de veículos nas pistas adjacentes, apresentando uma proporção de 25% de vegetação e 75% de materiais urbanos (edificações, concreto, asfalto e solo exposto) (Oliveira et al., 2023; Silva, 2009).

Figura 1 – Área de estudo localizada na Avenida Frei Serafim

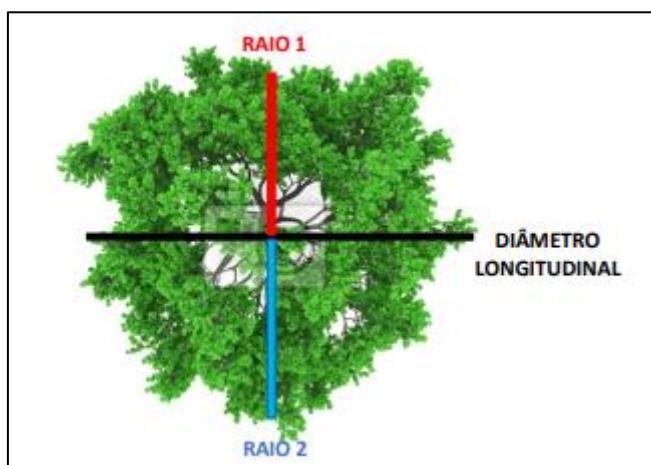


Fonte: Autores (2024)

Foram alocados três transectos, um no canteiro central e os outros dois nas calçadas (Centro Norte - CN e Centro Sul - CS) para a quantificação da cobertura arbórea e monitoramento microclimático.

Para quantificar a cobertura arbórea, as árvores foram georreferenciadas (GPS Garmin) e foi determinada a área de copa individual. Em cada árvore foram estabelecidos dois eixos perpendiculares (Figura 2) entre si com a finalidade de auxiliar as medições das projeções das copas, realizadas por meio de trenas.

Figura 2 - Esquema das medições das árvores para determinar a área da copa



O raio médio foi calculado pela seguinte equação (Sampaio; De Angelis, 2007):

$$r = \frac{1}{4} * (\text{Long} + \text{RAIO}_1 + \text{RAIO}_2)$$

onde: Long = diâmetro longitudinal, RAO₁ e RAO₂ = raio perpendicular em relação ao diâmetro longitudinal.

A área da copa individual (ACI em m²), calculada a partir do raio médio (r) de cada unidade de observação (árvore) foi calculada pela seguinte equação:

$$ACI = \pi * r^2$$

A área das copas total (m²), para cada transecto e para a área amostrada, identificada neste estudo como Área Sombreada (AS), foi obtida por meio do somatório das áreas das copas individuais.

A cobertura arbórea foi avaliada pelos índices espaciais, Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA) e Índice de Densidade Arbórea (IDA).

O ISA (%) mede o potencial de sombra resultante da soma das áreas de copa arbórea, sendo dado pelo percentual de área sombreada em relação à área total do espaço em estudo, e foi calculado por:

$$ISA = \left[\frac{\text{Área}_{\text{sombreada}} (m^2)}{\text{Área}_{\text{Total}} (m^2)} \right] \times 100$$

O IDA (%) indica a situação da área verde quanto à carência ou abundância de vegetação arbórea, sendo o número de árvores existentes em cada 100m², e foi calculado por:

$$IDA = \left[\frac{N_{\text{árvores}} (m^2)}{\text{Área}_{\text{Total}} (m^2)} \right]$$

Os dados para monitoramento microclimático foram coletados nos três transectos (aproximadamente 800 a 900 m cada), um no canteiro central, e outros dois nas calçadas. Em cada transecto foram coletados dez pontos (georreferenciados) de temperatura ambiente e superfície (°C) e umidade (%), totalizando 30 pontos. Os dados de temperatura do solo/ar e umidade foram coletados em três horários (8:00, 12:00 e 16:00 horas) nos meses de setembro (30/09), outubro (27/10), novembro (21/11) e janeiro (25/01) e foram utilizados para o cálculo dos índices de conforto térmico (ITU) e índice de desconforto térmico (IDT).

Os dados microclimáticos foram coletados com o termômetro infravermelho Peakmetter PM6530D.

Os dados de temperatura do ar (°C) e umidade (%) foram utilizados para o cálculo dos índices conforto térmico - ITU (Nóbrega; Lemos, 2011) e desconforto térmico – IDT, com níveis ajustados às condições tropicais propostas por Santos (2012).

O ITU foi determinado por:

$$ITU = 0,8 * T_a + \left(UR * \frac{T_a}{500} \right)$$

E o IDT foi dado por:

$$IDT = T_a - (0,55 - 0,0055 * UR) * (T_a - 14,5)$$

onde, T_a é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Os critérios do ITU (Nóbrega; Lemos, 2011) e IDT são dados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 – Classificação do ITU

Níveis de conforto	ITU (°C)
Confortável	$21 \leq \text{ITU} < 24$
Levemente confortável	$24 \leq \text{ITU} \leq 26$
Extremamente desconfortável	$\text{ITU} > 26$

Fonte: Nóbrega; Lemos, (2011)

Tabela 2 – Classificação do IDT

Nível de desconforto térmico	IDT (°C)
Confortável	$\text{IDT} < 24,0$
Parcialmente Confortável	$24 \leq \text{IDT} \leq 26$
Desconfortável	$26 < \text{IDT} < 28$
Muito desconfortável	$\text{IDT} \geq 28$

Fonte: Santos *et al.* (2012)

As estatísticas descritivas foram realizadas pelo Software R (R Development Core Team, 2022) e os mapas pelo Software QGIS (QGIS Development Team, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três transectos foram georreferenciadas 165 árvores (Figura 3). Desse total, 153 árvores estão localizadas no canteiro central, oito árvores na calçada do transecto do Centro Norte (CN) e quatro árvores (plantas novas) na calçada do transecto do Centro Sul (CS).

Figura 3 – Árvores georreferenciadas nos três transectos



Fonte: Autores (2024)

Na Tabela 3 são apresentados os valores de área das copas total em m² (AS), para cada transecto, assim como Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA) e Índice de Densidade Arbórea (IDA). De acordo com os resultados observa-se que o Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA = 24,61%) para a área total teve maior contribuição da AS do Canteiro Central com 93,65% de área sombreada, e IDA de 0,41%. Simões et al. (2001) relatam que um ISA de 50% e IDA satisfatório seria de uma árvore por 100 m² para áreas residenciais.

Neves et al. (2021) analisou a composição florística e os índices espaciais de cinco praças do bairro Centro, Santarém/PA, onde somente uma praça apresentou IDA satisfatório e apenas duas apresentaram ISA superiores a 50%, sugerindo uma melhoria no planejamento urbano para inclusão de maiores áreas arborizadas para melhoria de condições de vivência nessas áreas.

Em outro estudo, Carvalho (2019) avaliou influência das áreas verdes para a melhoria do conforto ambiental na área urbana de Palmas – TO em quatro quadras onde todas elas apresentaram ISA menor que 50% e em relação ao IDA apenas uma quadra apresentou IDA satisfatório de 1,23, resultados que podem ser comparáveis ao deste estudo, reforçando a necessidade de uma maior arborização em áreas urbanas.

Tabela 3 – Área das copas total em m² (AS), para cada transecto, Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA) e Índice de Densidade Arbórea (IDA)

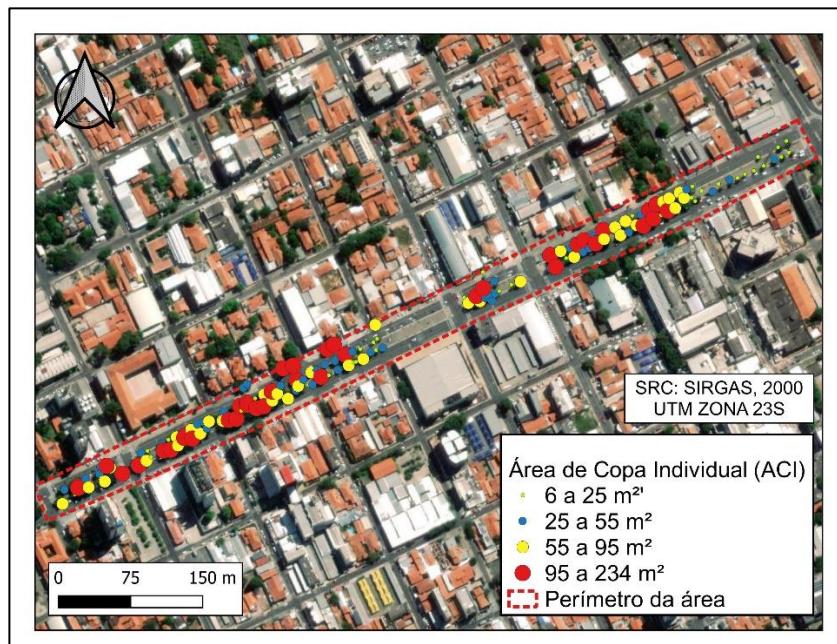
Transecto	AS (m ²)	ISA	nº árvores	IDA
Canteiro	9222,77	-	153	-
CN*	624,93	-	8	-
CS**	0,00	-	4	-
Área				
Sombreada	9847,69	24,61	165	0,41
Total				

Fonte: Autores (2024)

*CN: calçada norte. **CS: calçada sul.

A partir do cálculo da ACI, foi confeccionado um mapa representando a cobertura arbórea da área estudada (Figura 4). Na Figura 4 observa-se que no canteiro central as menores árvores (6 a 25 m²) estão localizadas no começo da área de estudo. No canteiro norte, das oito árvores, quatro possuem entre 95 a 234 m².

Figura 4 – Mapa de cobertura arbórea

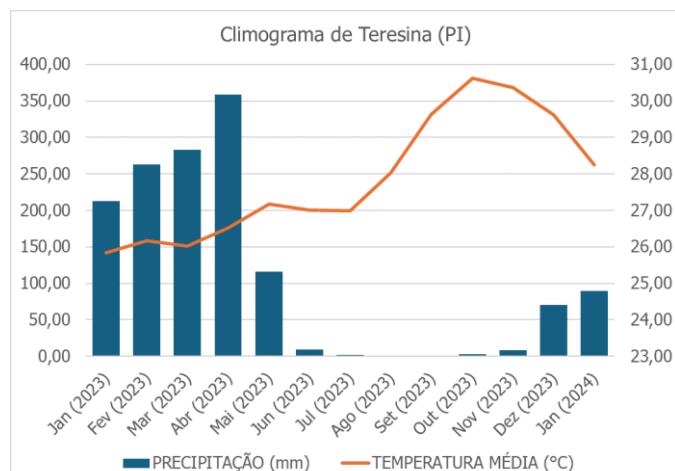


Fonte: Autores (2024)

Os dados do Climograma do município de Teresina são apresentados na Figura 5. Pode ser observado os períodos chuvosos (dezembro a maio), onde os meses apresentam maior precipitação, e secos (junho a novembro), meses que apresentam menor precipitação. O ano de 2023 teve uma precipitação total de 1416,8 mm, nos meses do estudo (setembro – janeiro) a precipitação foi de 172 mm, sendo de 0,2, 3 e 8,8 mm nos meses de setembro, outubro e novembro, e de 70,2 e 89,8 mm em dezembro e janeiro. A temperatura média anual foi de 27,86 °C, e os meses de outubro e novembro apresentaram maior média, com valores atingindo 30,62 °C e 30,37 °C respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentados os dados climáticos nos dias das coletas (INMET, 2024), observa-se que foram dias sem chuva e temperaturas entre aproximadamente 28 a 32 °C.

Figura 5 – Climograma de Teresina do ano de 2023 e do mês de janeiro de 2024



Fonte: INMET (2024)

Tabela 4 – Dados climáticos dos dias das coletas

Dias	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade máxima (%)	Umidade mínima (%)	Cipitação (mm)
30/set	31,33	29,55	55,50	48,58	0,00
27/out	31,37	29,65	56,00	49,42	0,00
21/nov	31,69	30,29	56,50	51,04	0,00
25/jan	29,53	28,45	69,79	63,33	0,00

Fonte: INMET (2024)

Os índices de ITU e IDT médio para cada mês (setembro, outubro, novembro e janeiro) e horários (8h, 12h e 16h) estudados, encontram-se na Tabela 5.

De acordo com a Classificação do ITU (Tabela 1) valores de $ITU > 26^{\circ}\text{C}$ são considerados extremamente desconfortáveis e na classificação do IDT (Tabela 2) valores de $IDT \geq 28^{\circ}\text{C}$ são considerados muito desconfortáveis.

Todos os valores de Índice de conforto térmico (ITU) apresentados na Tabela 5 estão acima de $ITU > 26^{\circ}\text{C}$ em todos os meses e horários estudados. Considerando os valores do Índice de desconforto térmico (IDT) somente o horário de 8 horas os valores estão abaixo de 28°C , mas considerando a classificação serão considerados desconfortáveis (Tabela 2).

Observa-se os maiores valores de ITU e IDT no mês de outubro às 12 e 16 horas.

Tabela 5 – Índice de conforto térmico (ITU) e índice de desconforto térmico (IDT) médio para os meses e horários estudados

MESES	ITU		
	8 hrs	12 hrs	16 hrs
Setembro	29,25	35,23	33,79
Outubro	28,73	35,67	36,35
Novembro	29,46	34,23	32,95
Janeiro	28,77	34,07	34,42
IDT			
Setembro	27,63	30,34	29,23
Outubro	27,22	30,88	30,56
Novembro	27,60	30,06	29,31
Janeiro	27,61	30,39	30,52

Fonte: Autores (2024)

Brasil *et al.* (2024) avaliou o conforto térmico, por meio dos índices ITU e IDT, na região urbana de Marabá/PA durante a estação chuvosa e estação seca, no decorrer de doze meses. Os resultados dessa avaliação mostraram uma predominância de classificações “levemente desconfortável” e “parcialmente confortável” nos índices ITU e IDT respectivamente. Mesmo durante a estação chuvosa os resultados mostraram uma tendência a condições desconfortáveis, o que foi justificado pela impermeabilização do solo, materiais nos revestimentos arquitetônicos e ausência de desenvolvimento arbóreo, o que também pode ser visto no presente estudo.

França (2018) realizou um estudo onde estimou níveis de conforto térmico no centro da cidade de Sorriso/MT durante estações secas e chuvosas. Os resultados desse estudo mostraram que, em ambas as estações, os valores médios de ITU foram próximos, representando condições levemente desconfortáveis, o que também foi justificado pelo predomínio de áreas pavimentadas e impermeabilizadas em detimentos de áreas verdes.

Gomes (2019) executou um estudo na zona norte da cidade de Recife/PE onde foram escolhidos nove locais para medições de temperatura, umidade, velocidade e direção do vento durante 4 dias do mês de outubro de 2018, os resultados dessas medições mostraram que os índices IDT e ITU apresentaram sensações dentro das faixas “desconfortável” e “muito desconfortável” (IDT), e “extremamente desconfortável” (ITU). O autor verificou que locais que apresentaram maiores sensações de desconforto térmico possuem forte adensamento construtivo, ausência de solo natural, ausência de vegetação, e circulação do ar comprometida pela aglomeração de casas, além disso, afetado pelo grande fluxo de veículos e pessoas. Algumas dessas características também podem ser vistas na área analisada no presente estudo, corroborando com os resultados encontrados.

Nas Figuras 6, 7 e 8 mostram os intervalos de confiança da temperatura ambiente, temperatura de superfície e umidade, respectivamente, para os meses e horários estudados.

Na Tabela 6 se encontra os dados de estatísticas descritiva para as variáveis temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$), temperatura de superfície ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%) em todos os meses e horários estudados.

Os valores da temperatura ambiente, superficial e umidade no horário das 8h não se sobrepõem em todos os horários e meses estudados, sendo considerados estatisticamente diferentes. Como era esperado, observa-se uma relação inversa entre as temperaturas e umidade, menor temperatura, com maior umidade às 8 h.

Considerando a temperatura ambiente, às 12h, os meses de setembro e outubro se sobrepõem se diferenciando dos meses de novembro e janeiro que se sobrepõem entre si. Na Tabela 6, observa-se que os maiores valores de temperatura ambiente máxima ocorreram às 12h para todos os meses estudados.

Os valores da temperatura de superfície no horário das 12h dos meses de setembro, novembro e janeiro se diferenciam entre si, já o mês de outubro se sobrepõem aos meses de setembro e novembro. Às 16h os meses de setembro, novembro e janeiro se sobrepõem e apenas o mês de outubro se diferencia dos demais meses. Foi observado também maiores valores de temperatura de superfície às 12h para todos os meses estudados (Tabela 6).

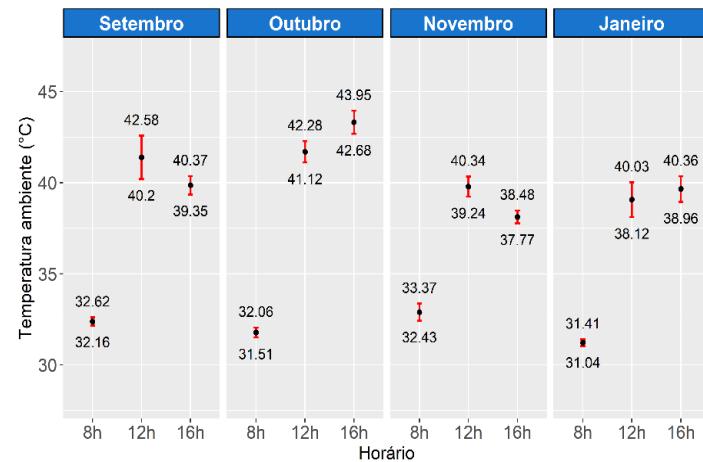
Em relação à umidade, às 12h, os meses de janeiro e novembro se diferenciam entre si e dos outros meses, enquanto os meses de setembro e outubro apresentaram valores que se sobrepuaram, podendo ser considerados estatisticamente iguais. O horário das 16h apresentou maior variação da umidade em relação aos outros horários, onde todos os meses se diferenciam entre si.

Através desses dados é possível observar que em relação às variáveis temperatura ambiente e temperatura de superfície o mês de outubro é o que apresenta maiores médias, principalmente nos horários de 12h e 16h. Já referente a umidade, o mês de janeiro é o que apresenta maiores médias em todos os horários.

O climograma de Teresina (Figura 5) reforça esses resultados, onde podemos observar um pico no aumento das temperaturas durante o ano de 2023 exatamente no mês de outubro e um declínio até o mês de janeiro onde também é possível ver

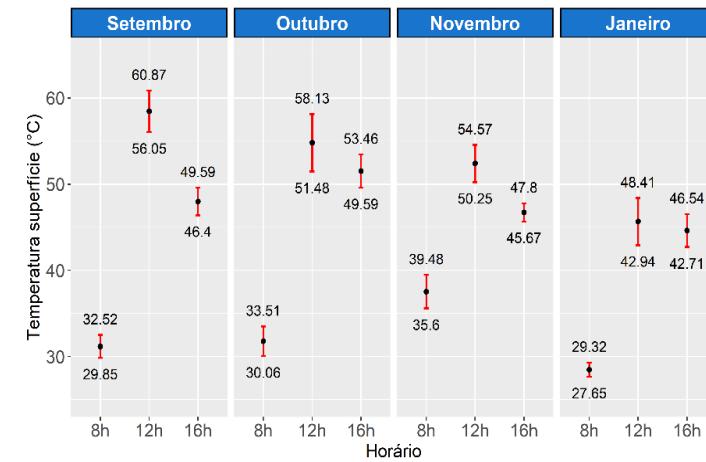
um aumento na precipitação em relação aos meses anteriores justificando o aumento dos valores da umidade.

Figura 6 – Intervalo de confiança da Temperatura ambiente (°C) nos meses e horários estudados



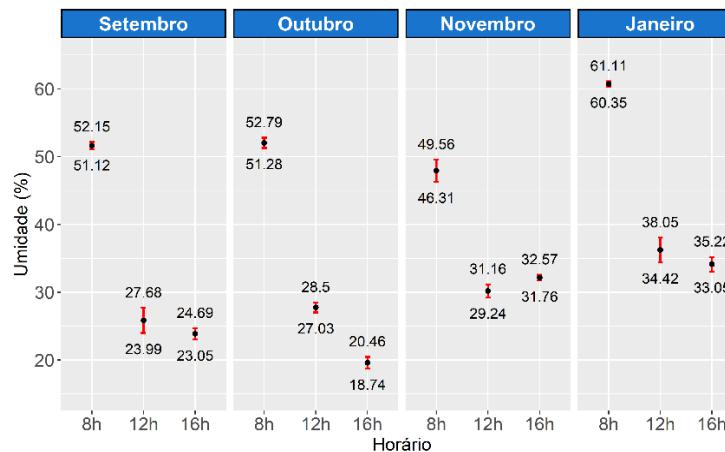
Fonte: Autores (2024)

Figura 7 - Intervalo de confiança da Temperatura superficial do solo (°C) nos meses e horários estudados



Fonte: Autores (2024)

Figura 8 - Intervalo de confiança Umidade (%) nos meses e horários estudados



Fonte: Autores (2024)

Tabela 6 – Estatísticas descritivas das variáveis temperatura ambiente (°C), temperatura superficial (°C) e Umidade (%) nos meses de setembro, outubro, novembro de 2023 e janeiro de 2024 em diferentes horários estudados

Horário	Mês	Média	IC		Máximo	Mínimo	Mediana
			LI	LS			
Temperatura ambiente (°C)							
8h	Setembro	32,39	32,16	32,62	33,70	31,20	32,40
12h	Setembro	41,39	40,20	42,58	45,80	32,10	41,80
16h	Setembro	39,86	39,35	40,37	42,00	35,20	40,15
8h	Outubro	31,78	31,51	32,06	33,70	30,70	31,65
12h	Outubro	41,70	41,12	42,28	46,70	39,30	41,40
16h	Outubro	43,32	42,68	43,95	46,00	39,40	43,30
8h	Novembro	32,90	32,43	33,37	34,80	29,50	33,00
12h	Novembro	39,79	39,24	40,34	42,70	36,10	39,85
16h	Novembro	38,13	37,77	38,48	39,20	35,60	38,50
8h	Janeiro	31,22	31,04	31,41	32,20	30,00	31,30
12h	Janeiro	39,07	38,12	40,03	43,30	34,20	38,05
16h	Janeiro	39,66	38,96	40,36	43,10	36,10	39,45
Temperatura superfície (°C)							
8h	Setembro	31,18	29,85	32,52	37,80	25,70	29,40
12h	Setembro	58,46	56,05	60,87	66,40	38,00	59,25
16h	Setembro	48,00	46,40	49,59	54,30	36,90	48,50
8h	Outubro	31,78	30,06	33,51	38,50	25,30	32,00
12h	Outubro	54,81	51,48	58,13	66,80	33,40	58,40
16h	Outubro	51,53	49,59	53,46	60,20	38,10	52,15
8h	Novembro	37,54	35,60	39,48	44,90	27,80	38,45
12h	Novembro	52,41	50,25	54,57	61,90	38,70	53,50
16h	Novembro	46,73	45,67	47,80	51,80	39,00	46,95
8h	Janeiro	28,49	27,65	29,32	33,80	25,10	28,20
12h	Janeiro	45,67	42,94	48,41	54,50	31,30	47,85
16h	Janeiro	44,63	42,71	46,54	52,10	31,60	46,20
Umidade (%)							
8h	Setembro	51,63	51,12	52,15	56,00	50,00	51,50
12h	Setembro	25,83	23,99	27,68	38,00	19,00	25,00
16h	Setembro	23,87	23,05	24,69	31,00	21,00	23,00
8h	Outubro	52,03	51,28	52,79	57,00	48,00	52,00
12h	Outubro	27,77	27,03	28,50	31,00	23,00	28,00
16h	Outubro	19,60	18,74	20,46	26,00	16,00	19,00
8h	Novembro	47,93	46,31	49,56	62,00	43,00	47,00
12h	Novembro	30,20	29,24	31,16	37,00	26,00	30,00
16h	Novembro	32,17	31,76	32,57	35,00	31,00	32,00
8h	Janeiro	60,73	60,35	61,11	63,00	59,00	60,00
12h	Janeiro	36,23	34,42	38,05	47,00	28,00	37,50
16h	Janeiro	34,13	33,05	35,22	42,00	29,00	34,00

Fonte: Autores (2024), IC (Intervalo de confiança), LI (Limite inferior) e LS (Limite superior)

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 estão apresentados os mapas de temperatura da superfície (°C) para os horários (8h, 12h e 16h) e meses (setembro, outubro, novembro e janeiro) estudados.

As menores temperaturas de superfície (°C) foram registradas às 8 horas em todos os meses avaliados. Em contraste, as temperaturas de superfície mais elevadas (°C) ocorreram às 12 horas, seguidas pelas registradas às 16 horas (Tabela 6).

De maneira geral, ao analisar a temperatura de superfície (°C) nos diferentes transectos, observa-se que as temperaturas mais baixas ocorrem no canteiro central, provavelmente devido à presença da vegetação. No entanto, esse efeito deve ser avaliado em conjunto com a posição do sol em relação às construções ao redor, pois houve locais sombreados em todos os horários estudados devido essas construções. Como por exemplo, em frente ao Hospital Getúlio Vargas (HGV) as barracas presentes na calçada e árvores dentro do estacionamento ajudam a minimizar a temperatura superficial local devido ao sombreamento.

Abreu-Harbich *et al.* (2014) ressalta que a orientação e altura das edificações, densidade construída e tipo dos materiais da construção, alteram fortemente as condições térmicas. Curado *et al.* (2011) explica que a variação da radiação solar influencia a temperatura superficial, quanto mais energia é armazenada maior a temperatura superficial.

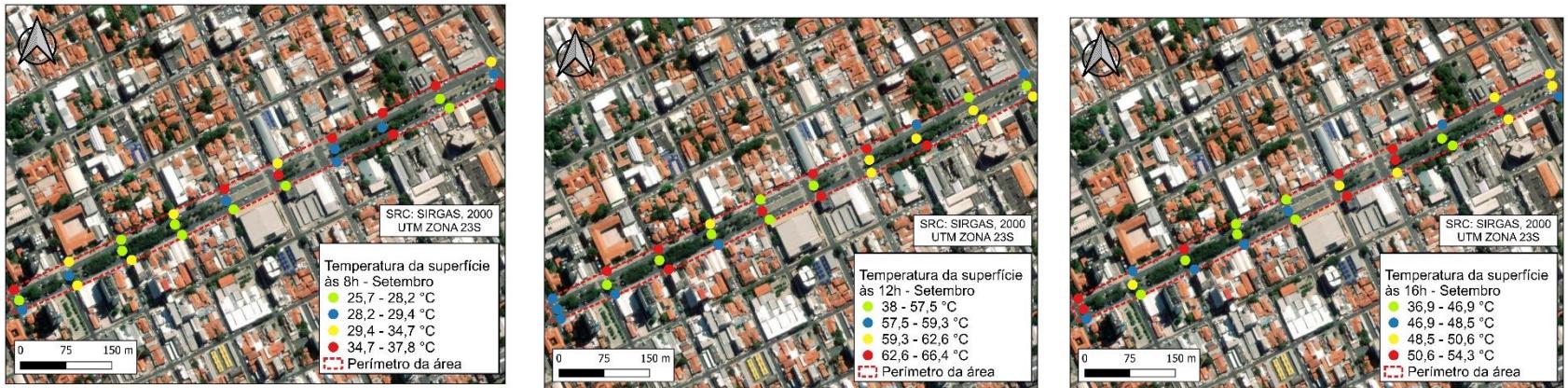
Comparando-se a temperatura ambiente em relação a superficial observa-se uma variação em torno de 20% para os meses de setembro a novembro e de aproximadamente 8% para janeiro.

Tabela 7 – Temperatura ambiente, de superfície média (°C) e taxa de variação para os meses estudados

Mês	Temperatura ambiente média (°C)	Temperatura superfície média (°C)	Taxa variação
Setembro	37,88	45,88	21,12
Outubro	38,93	46,04	18,26
Novembro	36,94	45,56	23,34
Janeiro	36,65	39,6	8,05

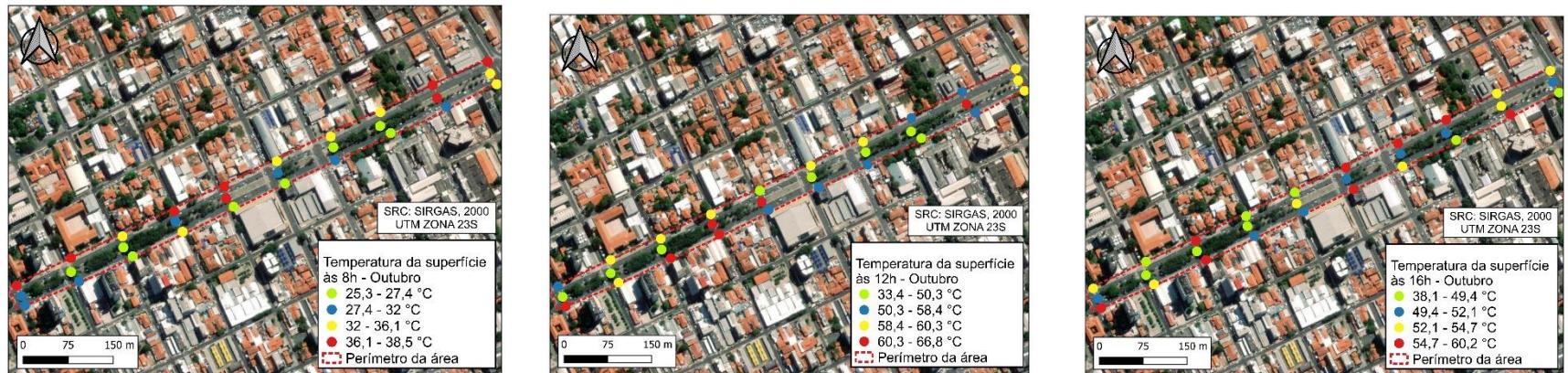
Fonte: Autores (2024)

Figura 9 - Mapa de temperatura de superfície para Setembro às 8, 12 e 16 horas



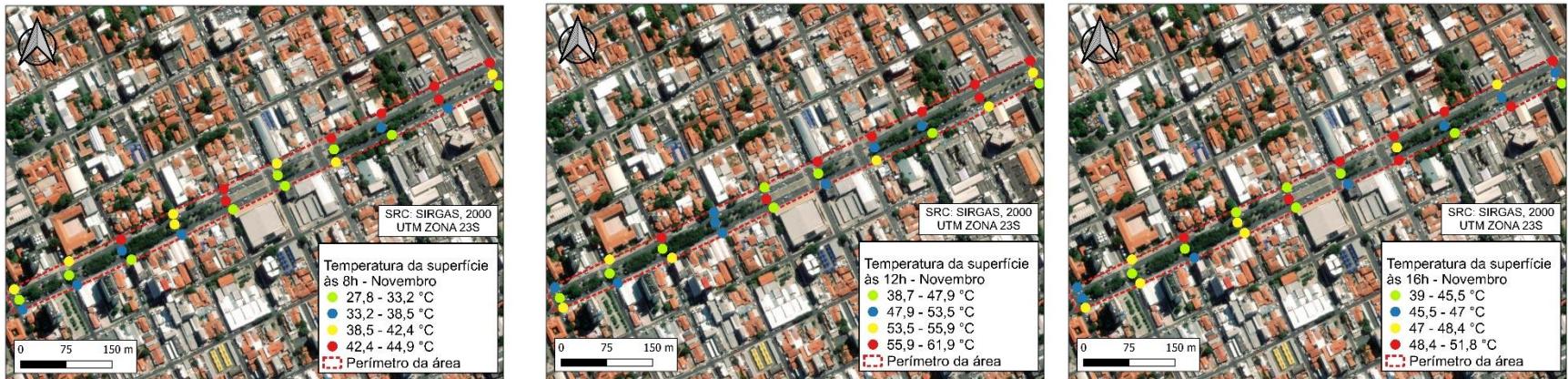
Fonte: Autores (2024)

Figura 10 - Mapa de temperatura de superfície para Outubro às 8, 12 e 16 horas



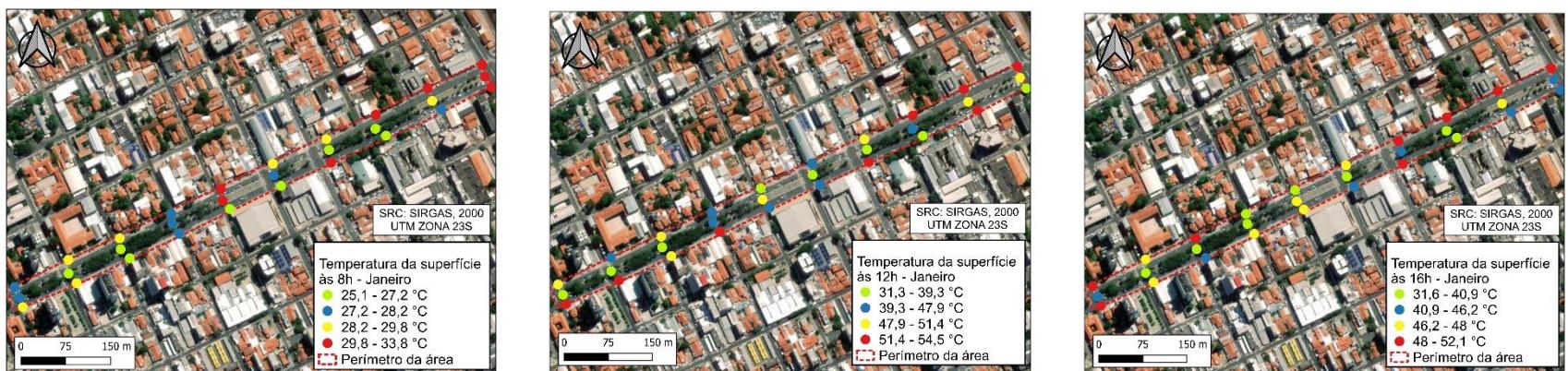
Fonte: Autores (2024)

Figura 11 - Mapa de temperatura de superfície para Novembro às 8, 12 e 16 horas



Fonte: Autores (2024)

Figura 12 - Mapa de temperatura de superfície para Janeiro às 8, 12 e 16 horas



Fonte: Autores (2024)

4 CONCLUSÃO

O déficit de arborização na área estudada influencia a formação de ilhas de calor, mas são necessários maiores estudos que relacionem a cobertura arbórea e as áreas construídas na cidade para averiguar os fatores pela formação dessas ilhas de calor.

As árvores possuem expressiva contribuição para a amenização da temperatura em ambientes urbanos e na avaliação do conforto térmico, no entanto essa influência não pode ser percebida pelos índices de conforto/desconforto térmico devido aos baixos níveis de sombreamento e densidade arbórea. Ainda assim, foi possível observar uma diminuição na temperatura do ar e da superfície no canteiro central, onde possui maior concentração de árvores.

Estudos que relacionam conforto térmico e arborização são importantes para entender o espaço urbano, e contribuir para a gestão e planejamento de ações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimatic in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 115, p. 333-340, 2014.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=BcQyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP15&dq=ambiente+urbano+ilha+de+calor&ots=AGuujQ8T3c&sig=lSWarjQlcnXvzb3bCWvBoHqji_8#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 12 set. 2024.

BRASIL, C. F. S.; GALLARDO, N. P.; FERREIRA, L. M. P.; BORGES, A. M.; PASSOS-DE-OLIVEIRA, A. C. S. N.; CRUZ, H. B. Clima (des)confortável em Marabá, PA: análise dos índices de conforto térmico. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [S. I.], v. 22, n. 1, p. 3309–3328, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n1-174. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/oel/article/view/2943>. Acesso em: 29 set. 2024.

CARVALHO, T. R. **A influência das áreas verdes para a melhoria do conforto ambiental na área urbana de Palmas–TO**. 51 f. Monografia (Graduação) – Engenharia ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/2499>. Acesso em: 18 out. 2024.

CURADO, L. F. A.; RODRIGUES, T. R.; BIUDES, M. S.; PAULO, S. R.; PAULO, I. J. C.; NOGUEIRA, J. S. Estimativa Sazonal da Emissividade Atmosférica Através da Equação de Brutsaert no Norte do Pantanal Mato-Grossense. **Ciência e Natura**, Vol. 33, n. 02, p. 167-180, 2011.

FERNANDES, M. E.; MASIERO, E. Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, p. e20190247, 2020.

FRANÇA, M. S. Estimativa de índices de conforto térmico por meio do uso de transecto móvel em sorriso/mt. **Nativa**, [S. I.], v. 6, n. 6, p. 648–653, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v6i6.5820. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/5820>. Acesso em: 29 set. 2024.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor:** como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GOMES, J. H. **Fragmentação socioespacial e conforto térmico:** um estudo na zona norte da cidade do Recife-PE. Orientador: Ruskin Marinho de Freitas. 2019. Dissertação - Mestrado em Desenvolvimento Humano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35888>. Acesso em: 18 out. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022.** Teresina: IBGE, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 12 set. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/teresina.html>. Acesso em 01 de maio de 2023.

INMET - Instituto Nacional de Metereologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2024.

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 2023.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNL/SUDENE-DRN, 1986. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/336097>. Acesso em: 19 out. 2024.

LIMA, S. M. S. A. L.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. Alterações na Cobertura do Solo em Teresina, Piauí, Brasil. **Sociedade Natureza**, Uberlândia, MG, v.33, 2021.

LOMBARDO, M. A.; FRUEHAUF, A. L.; PELLEGRINO, P. R. M. Clima urbano nas metrópoles e seus impactos ambientais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n.1, p. 434-448, 2022. Disponível em: pluris2020.faac.unesp.br. Acesso em: 17 out. 2024.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Uma abordagem fenomenológica sobre o clima e o conforto térmico em Palmas, Tocantins, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 4, p. 5-14, 2019.

MENDES, T. G.; ANJOS, R. S.; SANTOS, T. N.; MOREIRA, A. B.; NÓBREGA, R. S. Abordagem científica sobre ilhas de calor em Recife-PE. **Journal of Environmental**

Analysis and Progress, [S. I.], v. 4, n. 1, p. 001–013, 2019. DOI: 10.24221/jeap.4.1.2019.2058.001-013. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2058>. Acesso em: 12 set. 2024.

MIRANDA, G. S. B.; DINIZ, F. R.; SILVA, M. P. D. Avaliação e comparação do índice de conforto térmico humano entre as cidades de São Paulo (SP) Bauru (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, AMBIÊNCIA, COMPORTAMENTO E BEM-ESTAR ANIMAL, 7., 2017, Bauru. Bauru: SBBiomet, 2017.

NEVES, J.; AQUINO, M. G. C.; MAESTRI, M. P.; SANTOS, J. L.; ALVES, F. FIGUEIR A, E.. Florística e índices espaciais das praças do bairro Centro no Município de Santarém (PA). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. 383-394, 2021. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/floristica-e-indices-espaciais-das-pracas-do/docview/2582859606/se-2?accountid=26558>. Acesso em: 18 out. 2024.

NOBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. **Revista de Geografia**, Recife, v.28, n.1, p 93-109. fev. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228942/23352>. Acesso em: 01 mai. 2023.

NUNES, F. R. A.; ESPINDOLA, G. M.; LOPES, F. C. Evolução das ilhas de calor urbana em Teresina, Piauí (1985-2015). **Revista Educação Ambiental em Ação**, Novo Hamburgo, ano 18, v. 68, jun./ago. 2019.

OLIVEIRA, H. M. **Avaliação dos efeitos da arborização no Índice de Conforto Térmico Ambiental em residências na cidade de Manicoré-AM**. 2022. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Humaitá (AM), 2022.

OLIVEIRA, P. P. A.; ROCHA JUNIOR, A. M.; OLIVEIRA, M. P. A. A paisagem urbana da avenida frei serafim, em Teresina – Piauí, à luz da semiótica cognitiva. In: CONGRESSO INTERNACIONAL CIÊNCIA E SOCIEDADE, 1., 2023, Teresina. **Anais** [...]. Campinas: Galoá, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/cics-2023/trabalhos/a-paisagem-urbana-da-avenida-frei-serafim-em-teresina-piaui-a-luz-da-semiotica-c-2?lang=pt-br>. Acesso em: 12 set. 2024.

PACHAURI, R. K.; ALLEN, M. R.; BARROS, V. R.; BROOME, J.; CRAMER, W.; CHRIST, R.; CHURCH, J. A.; CLARKE, L.; DAHE, Q.; DASGUPTA, P. et al. (2014). **Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Ipcc. QGIS Development Team, (2022). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SAMPAIO, A. C. F.; DE ANGELIS, B. L. D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.2, n.4, dez. 2007, p. 20-33.

SANTAMOURIS, M.; OSMOND, P. Increasing Green Infrastructure in Cities: Impact on Ambient Temperature, Air Quality and Heat-Related Mortality and Morbidity. **Buildings**. Vol. 10, n.12, p. 233, 2020. Disponível em: DOI: 10.3390/buildings10120233

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; LIMA, E. R. V.; ARAÚJO, L. E.; COSTA, A. D. L. Campo térmico e sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.540-557, 2012.

SILVA, C. F. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Teresina - PI**. 2009. 155f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Programa de Pesquisa e Pós-graduação. Brasília, 2009.

SILVA, J. M. Influência da vegetação arbórea no conforto térmico de área urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 01, p. 633-645, 2023.

SIMÕES, L. O. C.; MAROTTA, H.; PIRES, B. B. M.; UMBELINO, L. F.; COSTA, A. J. S. T. Índices de Arborização em espaço urbano: um estudo de caso no bairro de Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ. *In: ENAU, 9., 2001, Brasília. Anais [...].Brasilia, 2001*

SOUSA, A.; RIBEIRO, D.; SANTOS, C.; JESUS, E.; JUNIOR, A. P. A urbanização, a formação de ilhas de calor e o uso de vegetação para o conforto térmico. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, [S. I.], v. 12, n. 2, p. 16–22, 2018.

SOUZA, D. M. D.; NERY, J. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Revista Geografia**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 65-83, 2012.