

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

Dissertação de Mestrado

INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES SOBRE O
CONFORTO TÉRMICO URBANO: ESTUDO DE CASO EM
PASSO FUNDO/RS

Bruna Giacomelli

Passo Fundo

2021



CIP – Catalogação na Publicação

G429i Giacomelli, Bruna
Influência das áreas verdes sobre o conforto térmico urbano
[recurso eletrônico]: estudo de caso em Passo Fundo/RS / Bruna
Giacomelli. – 2021.
7.2 MB ; PDF.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) –
Universidade de Passo Fundo, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Leite Frandoloso.

1. Arquitetura e clima. 2. Isolamento térmico. 3. Vegetação
urbana. 4. Ilha de calor urbana. I. Dalla Rosa, Francisco,
orientador. II. Frandoloso, Marcos Antônio Leite, coorientador.
III. Título.

CDU: 721

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

Influência das áreas verdes sobre o conforto térmico urbano: estudo de caso em
Passo Fundo/RS

Bruna Giacomelli

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Leite Frandoloso

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha – UFPEL

Prof. Dra. Luciana Londero Brandli – UPF

Prof. Dra. Natalia Hauenstein Eckert – UNICRUZ

Passo Fundo, maio de 2021

“Há um gosto de vitória e encanto na condição de ser simples. Não é preciso muito para ser muito.” (Lina Bo Bardi)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir vivenciar novos desafios todos os dias com pessoas incríveis para me apoiar.

Aos meus pais Aneide e Vilson minha imensa gratidão por todo o apoio, abraço apertado, palavras de carinho, incentivo e muito amor. Vocês são minha base, a raiz que me prende firme ao chão e me faz enfrentar todos os novos desafios e agarrar todas as oportunidades que a vida me proporciona.

Ao meu namorado, Gabriel, que esteve ao meu lado em todos os momentos, me mantendo firme e me incentivando a sempre continuar. Agradeço por cada abraço, cada carinho que me fortaleceu e me fez chegar até aqui. Que a vida continue sendo boa para nós e nos permita comemorar muitas vitórias juntos, sempre com muito amor e companheirismo.

A minha amiga, Carol, por ter me apoiado e auxiliado durante a pesquisa. Obrigada por ser como uma irmã para mim, por todas as conversas e por essa amizade de anos, sempre com muito carinho.

A professora, Natalia, que desde a graduação tem sido uma pessoa muito importante e especial nas minhas conquistas acadêmicas. Obrigada por todas as palavras de incentivo e força para estar aqui.

Ao meu orientador, Francisco, e coorientador, Marcos, por todo o auxílio e orientação para a conclusão de mais uma etapa na minha vida. A Universidade de Passo Fundo e ao PPGENG por todo o apoio e oportunidade proporcionada.

A CAPES e ao CNPq (projeto 427757/2016-9) pelo apoio recebido para a realização dessa pesquisa.

A todos os colegas, amigos, familiares que de uma forma ou outra contribuíram para a conclusão dessa pesquisa e por sempre vibrarem pela minha felicidade e sucesso.

RESUMO

A cidade deve priorizar o seu desenvolvimento de forma que proporcionasse uma ligação entre o ambiente construído e o ambiente natural, promovendo relações equilibradas entre o homem e as áreas verdes. Entretanto, pelo aumento demasiado da população e o intenso uso e ocupação do solo urbano sem o planejamento adequado, a densificação e impermeabilização dos centros urbanos proporcionou a diminuição no conforto térmico das cidades. A alteração do microclima das áreas centrais pode acarretar o fenômeno de Ilha de Calor e prejudicar ainda mais o conforto térmico e a saúde dos moradores. Esse efeito pode ser mitigado com estratégias de implantação de vegetação, materiais e tipologias. Com isso, o trabalho apresentou a influência de áreas verdes no conforto térmico urbano em uma área central do município de Passo Fundo/RS a fim de verificar as condições térmicas do ambiente. A partir da coleta dados, como temperatura, umidade relativa do ar, características morfológicas e a vegetação existente foi possível analisar a correlação destes fatores com o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ou Temperatura Efetiva (TE) e o Índice de Desconforto de Thom (IDT). Os resultados indicaram uma diferença significativa entre a área central e a estação do INMET localizada em uma área aberta, fora do perímetro urbano, comprovando a existência de Ilha de Calor Urbano na área em estudo. Entre os pontos coletados no centro da cidade, não foi detectada uma diferença significativa na temperatura, independente das características analisadas no entorno. Isso reforça, em relação ao conforto térmico, a necessidade de utilizar mais indicadores para obter resultados com mais confiabilidade para aplicação em pesquisas semelhantes.

Palavras-chaves: Conforto térmico, Ilha de Calor Urbano, Microclima, Mudanças climáticas.

ABSTRACT

The city should prioritize its development in a way that would provide a link between the built environment and the natural environment, promoting balanced relationships between man and green areas. However, due to the excessive increase in population and the intense use and occupation of urban land without adequate planning, the densification and waterproofing of urban centers provided a decrease in thermal comfort in cities. Changing the microclimate of central areas can lead to the Ilha de Calor phenomenon and further impair the thermal comfort and health of residents. This effect can be mitigated with strategies to implement vegetation, materials and typologies. Thus, the work presented the influence of green areas on urban thermal comfort in a central area of the city of Passo Fundo/RS in order to verify the thermal conditions of the environment. From the collection of data, such as temperature, relative air humidity, morphological characteristics and existing vegetation, it was possible to analyze the correlation of these factors with the Temperature and Humidity Index (ITU) or Effective Temperature (ET) and the Thom Discomfort Index (RTD). The results indicated a significant difference between the central area and the INMET station located in an open area, outside the urban perimeter, proving the existence of Urban Heat Island in the study area. Among the points collected in the city center, no significant difference in temperature was detected, regardless of the characteristics analyzed in the surroundings. This reinforces, in relation to thermal comfort, the need to use more indicators to obtain more reliable results for application in similar research.

Keywords: Thermal comfort, Urban Heat Island, Microclimate, Climate change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilhas de Calor Urbano	24
Figura 2 - Localização geográfica de Passo Fundo/RS	34
Figura 3 - Mapa do zoneamento urbano de Passo Fundo com a delimitação da área em estudo	36
Figura 4 - Delimitação da Zona de Ocupação Intensiva 1 e da Praça Marechal Floriano	36
Figura 5 - Mapa da verticalização da Zona Urbana.....	37
Figura 6 - Mapa do Uso do Solo na Zona Urbana.....	38
Figura 7 - Ampliação da área em estudo com a identificação do uso do solo.....	38
Figura 8 - Mapa - Densidade Demográfica / nº de habitantes por km ²	39
Figura 9 – Demarcação dos pontos de coleta	41
Figura 10 - Esquema dos procedimentos da pesquisa para coleta de dados climáticos	45
Figura 11 - Foto ilustrativa do sistema a ser adotado neste estudo	45
Figura 12 - Montagem do Escudo de Radiação.....	46
Figura 13 - Uma das colaboradoras realizando a coleta dos dados.....	47
Figura 14 - Precipitações acumuladas na estação do INMET Passo Fundo/RS.....	47
Figura 15 - Câmera termográfica Testo 881	48
Figura 16 - Mapa de caracterização das alturas.....	52
Figura 17 - Mapa da permeabilidade do solo	53
Figura 18 - Mapa de materiais predominantes	54
Figura 19 - Mapa de áreas verdes	55
Figura 20 - Mapa de curvas de nível	56
Figura 21 – Gráfico da Rosa dos Ventos (dia) de Passo Fundo	56
Figura 22 - Carta Solar da área em estudo.....	57
Figura 23 - Imagem aérea da área no horário das 09:00h	58
Figura 24 - Imagem aérea da área no horário das 16:00h	59
Figura 25 - Temperaturas diárias segundo o INMET	60
Figura 26 - Temperatura média coletadas pelo sensor	60
Figura 27 - Umidade relativa do ar diárias segundo o INMET	61
Figura 28 - Umidade relativa do ar média coletadas pelo sensor.....	61
Figura 29 - Avenida Brasil Centro (a) e canteiro central (b), respectivamente.....	64
Figura 30 - Rua General Neto.....	64
Figura 31 - Média das temperaturas (°C) no ponto 1 e na estação do INMET.....	65
Figura 32 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 1 e na estação do INMET	66
Figura 33 - Imagem termográfica do Ponto 1 com a temperatura de contato dos materiais	66
Figura 34 - Imagem termográfica de asfalto e basalto no Ponto 1	67
Figura 35 - Imagem termográfica de concreto, asfalto e basalto no Ponto 1	68
Figura 36 - Rua Morom	69
Figura 37 – Rua Capitão Eleutério	70
Figura 38 - Média das temperaturas (°C) no ponto 2 e na estação do INMET.....	71
Figura 39 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 2 e na estação do INMET	71
Figura 40 - Imagem termográfica da calçada em basalto no Ponto 2.....	72
Figura 41 - Imagem termográfica do Ponto 2.....	73
Figura 42 - Imagem termográfica no Ponto 2 no turno da tarde	74

Figura 43 - Imagem termográfica da rua Morom no Ponto 2 no turno da tarde	75
Figura 44 - Rua Bento Gonçalves	76
Figura 45 - General Osório.....	76
Figura 46 - Média das temperaturas (°C) no ponto 3 e na estação do INMET.....	77
Figura 47 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 3 e na estação do INMET	77
Figura 48 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da manhã.....	78
Figura 49 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da tarde	79
Figura 50 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da tarde	79
Figura 51 - Imagem termográfica no Ponto 3.....	80
Figura 52 - Rua Coronel Chicuta.....	81
Figura 53 - Rua Independência.....	81
Figura 54 - Média das temperaturas (°C) no ponto 4 e na estação do INMET.....	82
Figura 55 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 4 e na estação do INMET	83
Figura 56 - Imagem termográfica de concreto, asfalto e basalto no Ponto 4	83
Figura 57 - Imagem termográfica da calçada com basalto no Ponto 4.....	84
Figura 58 - Praça Marechal Floriano	85
Figura 59 - Pavimentação de pedra portuguesa (a) e basalto (b).....	85
Figura 60 - Vista das ruas que contornam a Praça Marechal Floriano.....	86
Figura 61 - Média das temperaturas (°C) no ponto 5 e na estação do INMET.....	87
Figura 62 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 5 e na estação do INMET	87
Figura 63 - Imagem termográfica da pavimentação em pedra portuguesa no ponto 5	88
Figura 64 - Imagem termográfica da grama no ponto 5	89
Figura 65 - Imagem termográfica da pedra portuguesa e a grama no ponto 5	90
Figura 66 - Média das temperaturas (°C) no ponto 6 e na estação do INMET.....	91
Figura 67 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 6 e na estação do INMET	91
Figura 68 - Imagem termográfica da pavimentação asfáltica no Ponto 6	92
Figura 69 - Imagem termográfica da calçada em basalto, pedra portuguesa e grama.....	93
Figura 70 - Imagem termográfica da calçada em basalto no ponto 6.....	93
Figura 71 - Esquema do fluxo dos ventos na área em estudo.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de Áreas Verdes Urbanas.....	29
Quadro 2 - Estrutura metodológica	40
Quadro 3 - Localização e caracterização de cada ponto em estudo	42
Quadro 4 - Resultado dos índices de conforto em cada ponto analisado	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratégias de mitigação para o fenômeno da Ilha de Calor Urbano	26
Tabela 2 - Critérios de classificação do ITU ou TE	50
Tabela 3 - Índice de Desconforto de Thom, adaptado por Giles <i>et al.</i>	51
Tabela 4 - Análise, segundo os medidores, da temperatura e umidade de ilhas de calor na cidade de Passo Fundo/RS a partir de dados coletados de medidores automatizados (Sensor e INMET) no período de 14 a 18 de dezembro/20.....	62
Tabela 5 - Análise da temperatura nos pontos em estudo a partir de dados coletados de medidores semi-automatizados no período de 14 a 18 de dezembro/20	94
Tabela 6 - Análise da umidade nos pontos em estudo a partir de dados coletados de medidores semi-automatizados no período de 14 a 18 de dez/20	95
Tabela 7 - Análise, segundo os turnos, da temperatura e umidade nos pontos em estudo no período de 14 a 18 de dezembro/20.....	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos.....	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Microclima urbano	19
2.2	Ilhas de Calor Urbano.....	22
2.3	Vegetação Urbana.....	28
2.4	Análise de conforto térmico externo	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1	Local de estudo	34
3.2	Classificação da pesquisa	39
3.3	Procedimentos metodológicos.....	40
3.3.1	Etapa 01: Análise de superfície	41
3.3.2	Etapa 02: Identificar a existência de Ilha de Calor na área em estudo	44
3.3.3	Etapa 03: Identificação dos principais elementos arbóreos	49
3.3.4	Etapa 04: Avaliação do conforto térmico urbano local	49
4	RESULTADOS	52
4.1	Análise da base cartográfica	52
4.2	Análise do fenômeno de Ilhas de Calor Urbano	59
4.3	Análise do Ponto 1	63
4.4	Análise do Ponto 2	69
4.5	Análise do Ponto 3	75
4.6	Análise do Ponto 4	80
4.7	Análise do Ponto 5 e do Ponto 6	84
5	SÍNTESE DOS RESULTADOS	94
6	CONCLUSÕES	101
6.1	Conclusões da pesquisa.....	101
6.2	Recomendações para trabalhos futuros	103
	REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução das civilizações em cada período, a forma urbana foi sendo moldada e construída de acordo com as necessidades e tecnologias. Isso tem resultado em um grande desenvolvimento demográfico, fruto do aumento demasiado da população, e conseqüentemente, um maior uso e ocupação do solo urbano, o que acabou por promover a densificação das áreas, através das grandes edificações, áreas pavimentadas e impermeáveis. Segundo Mascaró e Bonatto (2013), a aceleração desses processos também levaram a redução de áreas públicas de lazer, diminuição da arborização e aumento da temperatura, fatores os quais acabaram por reduzir a qualidade de vida da população.

O relatório de World Population Prospects (WORLD POPULATION PROSPECTS, 2019) das Organizações das Nações Unidas (ONU) demonstra que a população mundial continua a crescer, mesmo que em um ritmo um pouco mais lento devido às reduções das taxas de fertilidade. A população mundial, em 2019, era de 7,7 bilhões de pessoas em todo o mundo, sendo que mais da metade vive em centros urbanos, e a projeção média estimada é que a população mundial chegue a 8,5 bilhões em 2030 e 9,7 bilhões em 2050. No Rio Grande do Sul, Brasil, a população no último censo do IBGE (2010) era de 10.693.929 habitantes, desse valor, 85% residente da área urbana, e especificadamente, na cidade de Passo Fundo a população em 2010 era de 184.826 habitantes.

Esse crescimento desenfreado da população, gerou mudanças no clima mundial, como o aumento da temperatura, precipitações, alteração dos padrões meteorológicos, enchentes e ventos, dentre os quais estão mais frequentes nos centros urbanos, que são considerados o maior problema social, econômico e ambiental que o mundo enfrenta atualmente. A topografia, revestimento do solo, vegetação, obstáculos naturais ou artificiais são componentes que podem agravar e/ou auxiliar nas questões de mudança climática (LEITE, 2012).

A evolução histórica do urbanismo demonstrou que o avanço tecnológico não está, obrigatoriamente, associado à qualidade de vida nos centros urbanos. Todas as modificações que ocorreram nas cidades ao longo de todo desenvolvimento e intervenções humanas de séculos, se caracterizam em interrelações em diversos níveis. Com isso, o clima acaba por afetar o espaço construído e, por sua vez, o

homem a partir de suas atividades, já que modifica o clima (HASENACK e FLORES, 1992).

Em 2015, entrou em pauta na Organização das Nações Unidas (ONU) um plano de metas e ações para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir paz e prosperidade para toda a população, sendo escrita a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Essa agenda faz um chamado para que todas as partes interessadas trabalhem em parceria para combater os problemas enfrentados pela humanidade para alcançar um futuro sustentável. Primeiramente, em 2010, foram desenvolvidos 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio que tinham como foco principal a redução da extrema pobreza. Posteriormente, em 2015, a discussão elencou 17 objetivos, reconhecendo a urgência de combater, além da pobreza, outros obstáculos enfrentados pela humanidade (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

O Objetivo do Desenvolvimento número 13 está ligado diretamente com a pesquisa, uma vez que tem a finalidade de tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas no planeta, reduzindo seus impactos. As metas reforçam a ideia de resiliência e capacidade de adaptação aos riscos relacionados ao clima, integrando essas ideias ao planejamento de políticas públicas, estratégias e planos nacionais e regionais para que as gestões possam aplicar em suas cidades. Uma das formas que o Objetivo 13 traz é a melhoria na educação para que se tenha conscientização e capacidade para mitigar, adaptar e reduzir os impactos sobre as mudanças climáticas (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

A importância do Objetivo 13 e da pesquisa é visível pôr a atividade humana ser uma das responsáveis pelo aquecimento do planeta pela liberação de Gases de Efeito Estufa (GEE), que prendem o calor na atmosfera e provocam o aumento da temperatura do ar, nos oceanos e na superfície terrestre. Os países industrializados são responsáveis, predominantemente, por cerca de 75% das emissões de dióxido de carbono devido à queima de combustíveis fósseis. Já os 25% restantes devem-se à reflorestação e queimadas agrícolas (mudanças no uso da terra) e provêm, sobretudo, de países em desenvolvimento, como o Brasil (MENDES, 2014).

As percepções dos usuários sobre o ambiente que habitam, integram os estudos de temperatura, bem como as questões do ar, solo e edificações que influenciam de maneira direta no conforto térmico das cidades. O aumento desenfreado das temperaturas urbanas forma o fenômeno das Ilha de Calor Urbano – em inglês “*Urban*

Heat Islands” (UHI) – a qual tem efeitos diretos no cotidiano da população (BESTETTI, 2014; ROMERO, 2011).

Segundo Souza e Nery (2012), as consequências das UHI têm dado ênfase aos problemas de conforto térmico urbano, já que as reações e grandes oscilações do frio e do calor interferem na saúde pública, rentabilidade no trabalho, consumo de energia e qualidade de vida no geral. Por muito tempo, os estudos relacionados as UHI tiveram ênfase nas cidades de grande porte. Porém, mesmo as cidades médias e de pequeno porte sofrem com as consequências, isso porque ali também ocorrem fortes transformações na paisagem natural, seja pela poluição do ar, água, solo e subsolo, bem como na morfologia e estrutura do ambiente urbano (AMORIM, 2017).

Amorim (2017) também destaca que a geração das Ilhas de Calor, mesmo em cidades menores, depende da interação entre a radiação recebida e refletida pelos materiais construtivos, podendo contribuir para efeitos diretos sobre a mortalidade e morbidade devido ao número de pessoas expostas. A autora discorre que, além dos fatores ligados à mortalidade, as UHI e suas temperaturas elevadas corroboram para o aumento no consumo de energia, principalmente no verão.

Apontando para a realidade brasileira, há uma parcela da população que, por questões econômicas ou disponibilidade de material e mão de obra, tem essa situação agravada. Isso ocorre, uma vez que os materiais construtivos, os lotes pequenos e completamente construídos, impermeabilizados e sem cobertura vegetal contribuem para os efeitos adversos do calor armazenado nas edificações, expondo essas pessoas a situações insalubres (AMORIM, 2017).

As UHI por muito tempo foram caracterizadas pelo aumento da temperatura no período da noite, porém, atualmente há comprovações que o fenômeno ocorre durante o dia, manhã ou tarde. A deficiência nos estudos ainda se deve a pequena rede de monitoramento de parâmetros climáticos e de pessoas preparadas para analisar os dados obtidos em todas as cidades. O planejamento urbano, que não obedece a um padrão de critérios para definição do uso da terra, dificulta os estudos e até mesmo diretrizes para o crescimento dos centros urbanos (FIALHO, 2012).

O termo “ambiência”, originado do francês “*ambience*”, pode ser traduzido como meio ambiente. Ele pressupõe o espaço como um cenário onde são realizadas as interações sociais, políticas e econômicas e que permitem a participação e o protagonismo da população de forma que as circunstâncias físicas e emocionais proporcionem conforto e qualidade de vida. O conforto ambiental é uma condição de

bem-estar e está relacionado, entre outros fatores, com as condições térmicas que o meio ambiente proporciona aos habitantes (BESTETTI, 2014).

Entende-se que a cidade precisa contar com infraestrutura e diretrizes que auxiliem a mitigar esses efeitos negativos, como visto nos ODS. Com isso, tem-se o conceito de cidade sustentável, que diz respeito a um espaço que atenda aos objetivos sociais, ambientais, culturais, políticos, econômicos e físicos de toda a população. A cidade deve desenvolver-se a partir de uma adequada ligação entre o ambiente construído e a geografia natural, promovendo uma boa relação entre as áreas verdes e as construções. Infelizmente não é o que ocorre em inúmeras cidades do planeta, onde muita área foi pavimentada e impermeabilizada por conta do crescimento de forma desordenada e sem planejamento (LEITE, 2012).

A WMO (*World Meteorological Organization*) e a UNEP (*United Nations Environment Programme*) criaram o IPCC (*Intergovernmental Panel On Climate Change*), em 1999, com o objetivo de estudar e divulgar as informações técnicas e os impactos relevantes sobre os efeitos das mudanças climáticas, bem como os mecanismos para a adaptação e mitigação desses efeitos. A WMO em sua Declaração sobre o Estado do Clima Global juntamente com o IPCC, demonstrou que o aumento da temperatura média global de 2006 a 2015 foi de 0,86 °C, em relação a baseline de 1850 a 1900 (WMO, 2018).

Ferreira et. al (2017) descrevem que, nas últimas décadas, grande parte da comunidade científica, juntamente com órgãos internacionais e agências de pesquisas investigam a possibilidade de interferência humana na dinâmica climática global. Nesse contexto, as atividades humanas são as responsáveis pelo aumento da temperatura média do ar e mudanças nas distribuições da precipitação pluviométrica. As previsões de cenários futuros indicam um aumento da temperatura e como consequência, além de graves prejuízos econômicos.

No estudo sobre UHI em uma cidade de médio porte, Ribeiro, Gonçalves e Bastos (2018) correlacionaram, assim como diversos outros autores, a influência direta da verticalização, densidade demográfica e habitacional, circulação de veículos, morfologia do terreno e cobertura vegetal arbórea com a variação da temperatura e umidade do ar. Descrevem também que algumas medidas exequíveis podem auxiliar no melhoramento da situação, como o planejamento da localização e distribuição das áreas verdes, proteção das edificações quanto a incidência direta dos raios solares e utilização de materiais construtivos adequados.

Inúmeros trabalhos citam a recomendação da ONU (Organização Mundial da Saúde) de 12m² de área verde por habitante, entretanto, Cavalheiro e Del Picchia (1993) em suas pesquisas junto à Organização constataram que esse índice não é reconhecido. Com isso, há um outro documento utilizado como parâmetro para essa recomendação resultante do Encontro Nacional de Arborização Urbana de 1996, na Carta de Londrina e Ibiporã, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) as quais definiram como o índice de 15m²/hab (SANCHOTENE, 2014).

Essas são médias complexas de serem definidas pelas características irregulares de cada cidade, uma vez que cada município se desenvolveu de forma diferente e, muitas vezes, desordenada. Para Llardent (1982 *apud* NUCCI, 2008) é difícil fixar esses índices, pois seriam pouco aproveitáveis, sendo úteis somente para algumas cidades. Para cidades maiores de 500 mil habitantes a escala produzida de exigências é muito maior, sendo necessário repensar certos índices. Para cidades de no máximo 500 mil habitantes, o autor sugere 50 m²/hab de sistemas de espaços livres, sendo 35 m²/hab de espaços totalmente públicos.

Na literatura, Oliveira (1996) descreveu em seu trabalho que, em média, a grande maioria das cidades brasileiras possui somente 5m² de vegetação por habitante. Isso demonstra e justifica a necessidade de estudos relacionados ao planejamento e adequações no desenvolvimento das cidades, principalmente nas áreas centrais já consolidadas. Na cidade de Passo Fundo, a média é de 1,79m² de área verde de lazer por habitante, considerada muito baixa em comparação com os índices da SBAU (BUSATO, 2016).

Diversos são os fatores que influenciam diretamente na formação de microclimas urbanos, sendo a crescente urbanização, juntamente com a falta de planejamento, a questão ambiental e os fatores que ocasionam os problemas na qualidade de vida urbana, como a poluição do ar e a formação das ilhas de calor. A alta densidade construída, a falta de vegetação, a aglomeração das edificações, os pequenos afastamentos, os materiais de superfície refletivos, a direção das ruas de forma perpendicular aos ventos dominantes ou paralela ao percurso do sol acarretam na diminuição do movimento do ar e aumento da temperatura. Em contrapartida, a baixa densidade, a abundância de vegetação e a proximidade com a água mantêm as temperaturas amenas (MIYAMOTO, 2011).

As redes de infraestrutura já existentes, diversas vezes, não foram planejadas de forma sustentável e inteligente. Essas questões afetam diretamente os habitantes

em vários setores de suas vidas, como segurança, lazer, conforto, estética e bem-estar. Estudar o comportamento, tanto das edificações quanto dos seres que habitam, torna-se ferramenta para que ambas cresçam de forma equilibrada e que sirvam para direcionar ao poder público em qual caminho e estratégia devem-se seguir. Os moradores, por sua vez, sabendo da importância de cuidar e entender o espaço que vivem, tornam-se protagonistas da vida da cidade e conseguem reivindicar e participar do desenvolvimento urbano perante os governantes.

Justifica-se a importância de estudos relacionados com conforto térmico e ambiental nas cidades como ferramenta de entendimento e correção para o desenvolvimento e crescimento das mesmas.

Com isso, pesquisas relacionadas com o clima urbano podem auxiliar os planejadores quanto às alternativas existentes de organização dos espaços urbanos, não apenas em critérios técnicos e de desenho, mas com ênfase nas questões ambientais, entre os quais, o de conforto térmico dos ambientes da cidade (BARBIRATO, SOUZA e TORRES, 2007). A concordância entre o crescimento econômico, social e a proteção ambiental é um dos maiores desafios das cidades e são nessas questões que a academia tem a função de orientar, com o fruto de seus trabalhos, qual a melhor maneira de progredir como cidade e humanidade.

O presente trabalho se enquadra dentro da linha de pesquisa de Planejamento Territorial e Gestão da Infraestrutura, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade de Passo Fundo na linha de pesquisa que aborda temas relacionados sobre a ocupação do território e o meio ambiente natural com perspectivas para o desenvolvimento das cidades de forma sustentável e que proporcione qualidade de vida para os habitantes.

Portanto, o problema de pesquisa procura, por meio da relação entre os espaços verdes existentes e a morfologia da cidade, se há requisitos básicos para o conforto térmico da população, para que se possa obter indicadores nos planos de desenvolvimento que deem subsídios mínimos para o equilíbrio entre ambiente construído e o natural. **Fundamenta-se a questão principal da pesquisa: Qual é a influência da vegetação na sensação de conforto térmico por conta da morfologia na cidade de Passo Fundo?**

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do projeto será verificar a influência das áreas verdes no conforto térmico em uma área adensada na cidade de Passo Fundo/RS.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- a) Identificar e caracterizar uma área de estudo para aplicação da pesquisa;
- b) Analisar se há a formação de Ilhas de Calor na cidade de Passo Fundo/RS a partir de dados do microclima (temperatura e umidade relativa do ar) da área em estudo por meio de medidores semi-automatizados;
- c) Correlacionar fatores meteorológicos e de temperatura de contato, com os elementos arbóreos existentes nos pontos de estudo;
- d) Avaliar o conforto térmico da área de estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esse item apresenta uma síntese sobre os temas relacionados a essa pesquisa na literatura, a fim de conceituar e fundamentar as questões do tema proposto. Aborda-se a relação entre microclima e cidade, vegetação, além de outras questões relacionadas ao tema da pesquisa.

2.1 Microclima urbano

As fortes discussões ambientais surgiram, aproximadamente, há quatro décadas, caracterizado pela ideologia de ecologia, que foi retirada do seu contexto biológico e aplicado também no mundo social, de forma a abranger um contexto maior. Essas discussões vieram a partir de um modelo universal de uma sociedade industrial, capitalista e urbana (PRADO, 2016).

O crescente adensamento das cidades, principalmente nas áreas centrais, a falta de conhecimento dos planejadores, por vezes incapacitados, e as edificações cada vez mais verticalizadas e com materiais estanques, estabeleceu conflitos entre a cidade e o clima. A morfologia e o seu caráter de ocupação, como os fatores de topografia, uso da terra, padrões de edificações, áreas verdes e espaços abertos, densidade demográfica e de construção, intensidade de veículos e pedestres, são algumas condições que interferem e geram os microclimas urbanos (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009)

Entretanto, as primeiras pesquisas sobre o clima das cidades foram desenvolvidas já no século XVII com os problemas associados à intensa poluição do ar e pelas alterações climáticas provocadas pelo acelerado crescimento e industrialização dos ambientes. Em 1661, John Evelyn estudou o clima urbano de Londres a partir da grande concentração de poluição que causou a morte de inúmeros habitantes. Posteriormente, em 1833, o químico inglês Luke Howard voltou a estudar o ar de Londres, descrevendo vários elementos climáticos (temperatura, nuvens, precipitações), os ciclos sazonais e mensais, níveis de poluição do ar e a diferença entre a temperatura do ar na cidade em relação às áreas afastadas e rurais (ASSIS, 2005; JÚNIOR, 2019).

Hasenack e Flores (1992) relatam que, no Brasil, os primeiros estudos sobre o clima foram na década de 1970, inicialmente com Gallego que escreveu o primeiro

ensaio de climatologia urbana no país e, posteriormente, Monteiro estabeleceu algumas bases teórico-metodológicas da pesquisa sobre o clima urbano brasileiro.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) menciona que o clima é um recurso natural vital para o bem-estar, saúde e prosperidade do ser humano e, a partir dos dados coletados, gerenciados e analisados, auxilia os governantes e usuários a planejar e adaptar as atividades e propostas para as condições esperadas. Em termos conceituais, define o tempo como o que está acontecendo na atmosfera em qualquer momento e o clima pode ser considerado as questões de estatística em termos de média e variabilidade de quantidades que foram relevantes durante um período de tempo determinado.

Barbirato, Souza e Torres (2007) ressaltam ainda que o clima é o resultado dinâmico de fatores globais, como latitude, longitude e continentalidade; fatores locais, como revestimento do solo e topografia; e elementos, como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, que determinam as características de um certo espaço.

Garcia (1995) estabeleceu os principais mecanismos para a formação do clima urbano: a contaminação do ar, devido aos diversos poluentes que diminuem a radiação direta, além de aumentarem a frequência de nevoeiros e de precipitações; o espaço construído que atua na temperatura e umidade do ar devido aos materiais, morfologia e impermeabilização; e, por último, a produção de calor gerada pelas atividades humanas, industriais e de tráfego de veículos que aumentam o calor da região e a umidade composta na atmosfera urbana (GARCIA *apud* DUMKE, 2007).

A importância do estudo da climatologia nas áreas urbanas deve-se principalmente para a preservação e o planejamento da qualidade ambiental das cidades, apesar de sua aplicação no desenvolvimento e projeto urbano ainda seja limitado e desintegrado entre os campos do conhecimento, sendo que deveria ser um assunto interdisciplinar até mesmo na governança das cidades. A WMO (1998), determinou algumas diretrizes e recomendações para o planejamento e projeto urbano climático:

- a. Melhoria no conforto térmico ambiental, tanto interno quanto externamente;
- b. Redução do uso de condicionamento artificial dos edifícios, gerando redução na demanda de energia;
- c. Melhoria no escoamento das águas superficiais;
- d. Preservação dos corredores de ventilação sobre a malha urbana;
- e. Alternar a altura dos edifícios para melhorar as condições de ventilação e insolação;
- f. Disposição adequada das edificações de acordo com a orientação solar.

Os elementos climáticos que influenciam o microclima urbano, segundo Barbirato, Souza e Torres (2007), são a temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar e o movimento do ar. A temperatura do ar, que resulta do aquecimento e resfriamento da superfície da terra, geralmente é maior na área urbana do que na área rural e, quando as variações são muito alteradas, ocorre o fenômeno de Ilha de Calor Urbano. A umidade relativa do ar, relação entre a pressão efetiva e a de saturação, é um dos componentes mais importante na determinação do clima, pois origina todas as formas de condensação e precipitação, além de absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre.

A radiação, cerca de 10 a 20% menor do que nas áreas periféricas e rurais, depende da latitude da região e das condições físicas do sítio urbano. A densa massa edificada urbana modifica a duração da exposição da radiação nos espaços, pois provoca o sombreamento do solo, sobre si ou em outras edificações. O movimento do ar, resultado das diferenças de pressão atmosférica influenciadas pela temperatura do ar, sofre interferência do contexto urbano, com a verticalização das edificações e ocupação do solo, criando túneis de ventilação (BARBIRATO, SOUZA e TORRES, 2007).

Silva e Romero (2010) destacam que as vias principais da cidade estabelecem inúmeras relações e interferências ambientais, como o uso de arborização e a criação de microclimas devido ao seu tamanho, rugosidade, porosidade, materiais e cores. A relação entre a caixa viária e as edificações estão ligadas diretamente com a quantidade de radiação absorvida pelas construções, já que os edifícios armazenam radiação de ondas curtas e longas causando aumento da energia solar absorvida, devido às várias reflexões.

Além desses fatores, as áreas verdes nas cidades também se destacam como influentes no controle do clima urbano. Mascaró e Mascaró (2015) relatam que a vegetação atua no microclima urbano e contribui para melhorar a ambiência urbana com a amenização da radiação solar no verão, modifica a temperatura e a umidade do ar através de sua sombra, modifica a direção e velocidade dos ventos, serve como barreira acústica, interfere na frequência das chuvas e reduz a poluição do ar.

Costa e Colesanti (2011) destacam que a vegetação pode contribuir para a ambiência urbana a partir do controle microclimático, minimização da poluição, atenuação do barulho e modificação da velocidade e direção dos ventos.

O uso de vegetação, seja de forma isolada ou em grupos, absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha, a qual utiliza-se dessa radiação para funções vitais. Além disso, grande parte da energia solar absorvida pela vegetação se converte em calor latente pela evapotranspiração da água de suas folhas, ajudando no resfriamento do ar em sua volta. Entretanto, deve-se levar em consideração em um plano de arborização o clima do local, as espécies arbóreas e o índice de área foliar para que se tenha um equilíbrio térmico nos espaços urbanos (LABAKI et al., 2011; JAMEI et al., 2016).

Além de reduzir o consumo de energia nas edificações, melhorar e equilibrar o microclima pode reduzir problemas de saúde da população relacionados às variações térmicas e criar espaços urbanos mais habitáveis por meio do conforto humano. É recomendado que arquitetos, engenheiros e planejadores tenham como base as pesquisas relacionadas ao conforto térmico urbano em seus projetos, uma vez que podem auxiliar na elaboração de leis de parcelamento, uso e ocupação do solo e no código de obras da cidade. Dessa forma, muitos problemas podem ser minimizados e até solucionados, a fim de proporcionar qualidade de vida e bem-estar a toda a população (DE PAULA, 2004; HAMDAN e OLIVEIRA, 2019).

2.2 Ilhas de Calor Urbano

A partir do século XX, os satélites e aeronaves mapearam e coletaram os primeiros dados e imagens da temperatura terrestre, mostrando pontos de calor bastante distintos entre as áreas urbanas e seus arredores. Em 1978, o Programa Explorer Mission 1 foi um dos primeiros a gerar dados de satélite sobre o calor urbano,

medindo as temperaturas de superfície na região de Buffalo, Estado de Nova York. Nesses primeiros dados já foi possível analisar que as temperaturas eram mais altas nos quarteirões da cidade do que nos parques urbanos e áreas suburbanas (GARTLAND, 2010).

Lucena (2013) conceitua Ilha de Calor Urbano como o calor característico das áreas urbanas quando comparadas às áreas não-urbanizadas e, frequentemente, diz respeito ao aumento da temperatura do ar, calor relativo da superfície ou materiais subsuperficiais. Considera-se que é uma medida de diferença entre as temperaturas e pode ser vista devido a padrões nas coletas de dados. Por se tratar de uma anomalia local do clima, o fenômeno de Ilha de Calor está ligado ao cenário de aquecimento global, com impactos indiretos nas observações temporais das estações.

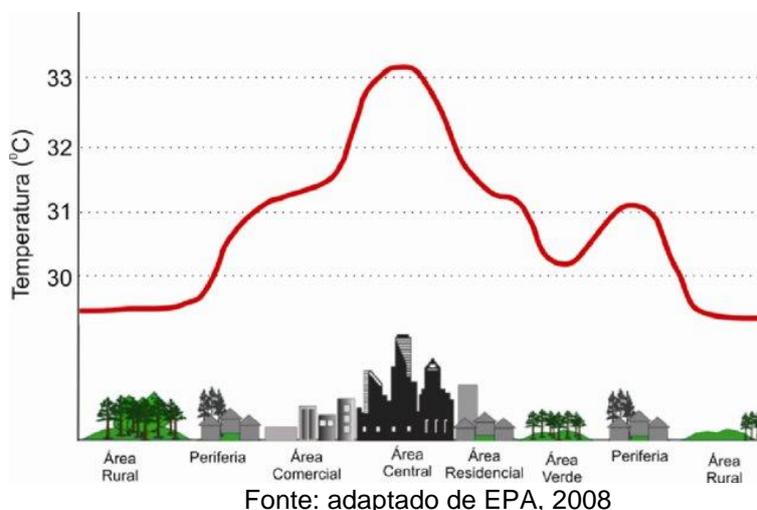
As Ilhas de Calor Urbano – em inglês “Urban Heat Island” (UHI) – são formadas em áreas mais densificadas devido à alta absorção e retenção de calor do sol dos materiais de construção, além de serem impermeáveis. As principais características das UHI, de acordo com Gartland (2010) são:

- a) O efeito ocorre, geralmente, após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer;
- b) A temperatura do ar é mais elevada por consequência do aquecimento das densas superfícies urbanas que absorvem mais calor do sol do que a vegetação;
- c) A diferença na temperatura é intensificada em dias calmos e claros;
- d) As ilhas de calor tendem a ser mais intensas de acordo com o crescimento demasiado e desordenado das cidades, com áreas menos vegetadas;
- e) O efeito se apresenta numa camada de ar de até 2.000 metros de altura, geralmente criando colunas de ar mais quente sobre os centros urbanos.

O tamanho da cidade e sua população interferem na intensidade do fenômeno UHI, com isso, cidades populosas sofrem mais com o efeito de Ilha de Calor. Além disso, a morfologia das ruas e dos prédios nas áreas centrais das cidades influenciam a intensidade da ilha, em relação às áreas livres com vegetação. O fenômeno está associado também aos altos índices de poluição atmosférica e pode causar, com o aumento da temperatura local, problemas de doenças respiratórias, principalmente na população mais frágil como idosos, crianças ou pessoas que sofrem de doenças crônicas (DE PAULA, 2004).

A partir de estudos, Fialho (2012), determinou três tipos de Ilhas de Calor Urbano que podem ser classificadas pelos seus métodos e técnicas empregadas para a obtenção dos dados. A Ilha de Calor Atmosférica é determinada a partir da diferença entre a temperatura do ar da cidade em comparação com a da área rural. Os pontos são definidos a partir das estações meteorológicas padrões, com o objetivo de observação da condição climática a nível regional, e o estudo pode ser definido por meio de estudo de tendência dessas estações. A Ilha de Calor Vertical (Figura 1) é medida a partir da Camada de Cobertura Urbana e a Camada Limite Urbana, tendo influência da rugosidade, topografia e materiais utilizados nas edificações. A apresentação da UHI, nesse caso, representa-se de forma vertical, consequência do fluxo de calor e da fricção do ar do contexto urbano. Por último, a Ilha de Calor de Superfície usa dados de satélites de temperatura de superfície e agrega as observações ao nível dos telhados, levando em consideração as superfícies horizontais e verticais das áreas urbanas.

Figura 1 – Ilhas de Calor Urbano



As Ilhas de Calor de Superfície têm como característica a presença em todas as horas do dia e da noite, mas com mais intensidade durante o dia e na estação do verão. Nas condições mais intensas, a variação espacial e temporal entre o dia varia de 10°C a 15°C e, durante a noite, de 5°C a 10°C. O método de identificação é por meio de medição indireta com sensoriamento remoto e representado, posteriormente, através de imagens termais (EPA, 2008).

Já as Ilhas de Calor Atmosférica podem ser pequenas ou inexistentes durante o dia, sendo mais intensas durante a noite e no inverno. A intensidade tem variação de

-1°C a 3°C durante o dia e 7°C a 12°C durante a noite. Os métodos de identificação podem ser feitos por meio de estações meteorológicas fixas ou transectos em rede de estações móveis, apresentado em forma de mapas isotérmicos ou gráficos de temperatura (EPA, 2008)

Garcia (1996), classificou a intensidade e magnitude das Ilhas de Calor Urbano de muito forte magnitude quando há diferenças de temperatura entre o urbano e o rural acima de 6 °C; forte magnitude quando variam entre 4 °C a 6 °C; média magnitude quando variam de 2 °C a 4 °C e de fraca magnitude quando as diferenças ficam entre 0 °C e 2 °C.

Deve-se ter cuidado ao avaliar e analisar os dados acerca das Ilhas de Calor, principalmente por sensoriamento remoto, pois não são os valores absolutos que determinam ou não a formação do fenômeno nas cidades, uma vez que a UHI é realizada a partir de um cálculo de diferença entre os dados dos locais coletados (LUCENA, 2013).

Já se sabe que os efeitos negativos da formação de Ilha de Calor nos centros urbanos são extremamente prejudiciais para o ser humano e o desenvolvimento de suas atividades e da cidade. A partir disso, segundo Gartland (2010), aplicando medidas estratégicas para mitigar os esses efeitos negativos tornará as cidades mais habitáveis, colaborando para o conforto térmico da população. O autor descreve em seu trabalho os principais benefícios da redução do fenômeno: redução de temperaturas, economia de energia, melhoria da qualidade do ar, conforto humano e melhorias para a saúde, redução de enchentes, manutenção e redução de resíduos e benefícios estéticos.

Em um estudo de caso, Leite (2012) mostrou que há variação de temperatura de até 10 °C numa distância de 2,5km em cidades como o Rio de Janeiro. Isso é causado principalmente pelo aumento das emissões de gases, redução de área urbanizada, sistemas de drenagem e os corredores de edifícios. Na cidade de São Paulo cerca de 45% da superfície está impermeabilizada e, em algumas áreas, o indicador pode chegar a 90% (LEITE, 2012).

Padilha *et al.* (2018), descrevem em seu trabalho uma revisão sobre o tema de “mitigação dos efeitos de Ilha de Calor Urbano”. A pesquisa sintetizou as informações sobre as estratégias a partir de fontes secundárias (Tabela 1).

Tabela 1 - Estratégias de mitigação para o fenômeno da Ilha de Calor Urbano

Estratégia	Autores	Ano
Telhado verde	HENN; CAGLIARI	2016
	HERZOG	2009
	SILVA	2011
Tinta refletante	SOUSA	2014
	GONÇALVES <i>et al.</i>	2014
Pisos alternativos	MÁTOS <i>et al.</i>	2010
	ABCP	2010
	RATHKE	2012
Plantio de árvores nativas	LOPES	2008
	MASCARÓ	1996
	ROMERO	2011
	SERRO	2013
	MASCARÓ; MASCARÓ	2009
Ciclovias	NETO	2007
	FURUYA; DE LOURENCI	2016
	SERRO	2013
	GEHL	2015

Fonte: Padilha *et al.*, 2018, adaptado pela autora

Os telhados verdes são caracterizados como toda cobertura ou telhado que agrega uma camada de solo com vegetação, servindo como coleta e filtro de água da chuva. Essa estratégia é uma solução viável para edifícios, residências, comércio, entre outros e melhora o desempenho energético do edifício, o equilíbrio do ecossistema urbano, bem como as condições ambientais do contexto urbano. Deve-se ser cauteloso nas questões construtivas de um telhado verde, principalmente em relação ao processo, técnica e material utilizado, além do tipo de vegetação (ARAÚJO, 2007; HERZOG, 2009; GAGO *et al.*, 2013).

O plantio de árvores nas áreas urbanas, como em praças e canteiros, aumenta a área de sombra que minimiza a quantidade de energia que chega ao solo, diminuindo as temperaturas durante o dia. A vegetação influencia tanto no controle da radiação solar quanto na ventilação e umidade relativa do ar. Além disso, são aliadas no controle da poluição do ar e servem para o sombreamento, gerando a sensação de conforto aos usuários do ambiente (LOPES, 2008; MASCARÓ e MASCARÓ, 2015).

As tintas refletantes estão disponíveis no mercado, principalmente para o uso externo das edificações, coberturas e circulações, para amenizar as temperaturas internas dos espaços. Gonçalves *et al.*, (2014), concluíram em sua pesquisa que as

tintas refletantes apresentam refletância total superior às tintas convencionais e, conseqüentemente, absorvem menos energia solar, mantendo mais baixa a temperatura da superfície e reduzindo a transferência de calor para o interior dos ambientes. Na análise, constataram que as cores também são fatores importantes na temperatura superficial das fachadas e/ou coberturas, principalmente as cores mais claras que apresentaram um valor de refletância mais elevado que as cores escuras. Destacaram que a cor cinza, analisada no estudo, é uma boa alternativa para a pintura ou escolha de telhas para as coberturas das edificações, dadas pelos seus valores de refletância superiores aos constatados.

Visando contribuir com as estratégias de minimizar as temperaturas urbanas, pode-se destacar o uso de pisos alternativos. Matos *et al.*, (2010), realizaram uma pesquisa comparativa do fluxo de irradiação solar incidente e o que é refletido em uma superfície asfaltada e outra com grama. Os picos de irradiação registrados da área com grama foram de 2W/m^2 e da área asfaltada foram de 140W/m^2 , uma diferença de 138W/m^2 . Para melhor visualização dos valores, os autores destacaram que a energia emitida do asfalto seria a energia necessária para o funcionamento de aproximadamente três lâmpadas comuns, e em análises urbanas essa energia é capaz de provocar desconforto térmico aos usuários.

A análise demonstra a importância de utilizar materiais e pisos alternativos no meio urbano, introduzindo mais vegetação rasteiras e áreas gramadas combinado a pavimentações mais permeáveis. Os pavimentos permeáveis podem ser utilizados tanto nas vias de pedestre quanto em estacionamentos e vias de tráfego de veículos, e destacam-se pela sua estrutura que permite a infiltração da água, reduzindo o escoamento superficial (ABCP, 2010).

A implantação de ciclovias no meio urbano é uma das estratégias de mitigação do efeito Ilha de Calor pois é uma alternativa sustentável para transporte de pessoas. A via pode ser compartilhada com a via dos veículos ou com uma via exclusiva com separação física entre a via da bicicleta e do veículo. Essa separação pode ser feita através de calçadas ou de vegetação, por exemplo, sendo mais intensificada a diminuição do calor pelo uso de árvores (FURUYA; DE LOURENCI, 2016).

Diversas são as medidas que podem ser implementadas para mitigar as UHI. Cada cidade possui seu próprio organismo e por isso, devem ser avaliadas soluções específicas para tal. Nesse sentido, Werneck e Romero (2018) trabalharam alternativas para Brasília (3,05 milhões de habitantes), onde foram expostos três

cenários de ações mitigadoras diferentes e, entre a utilização de coberturas frias, pavimentos frios e pavimentos frios com arborização, a terceira se mostrou a mais eficiente, tendo o maior impacto quanto a temperatura de superfície, sendo o mais adequado no ponto de vista da ambiência térmica para o pedestre. O resultado corrobora com outros estudos que indicam uma significativa redução da temperatura de superfície quando utilizado pavimentos frios.

Silva et al. (2020) apresentaram um estudo em uma cidade de médio porte, com 203 mil habitantes, na Bahia. A proposta de mitigação das Ilhas de Calor foi baseada na criação de áreas verdes, justificando que essa é uma alternativa que engloba baixo custo de implantação e resultados em curto-médio prazo, sendo que elas podem evitar a formação de novas Ilhas. No estudo, os autores constataram que as ocorrências de UHI estão intrinsecamente atreladas, sobretudo a zonas sem elementos naturais que restabeleçam um microclima local. As áreas verdes, portanto, podem auxiliar o efeito de diminuição de temperaturas elevadas.

No estudo de Porangaba (2018) foi avaliada a temperatura do ar em uma cidade de pequeno porte no interior de São Paulo, com 12,8 mil habitantes. Na oportunidade, foi constatado que, da mesma forma que as cidades mais populosa, as de pequeno porte também exibem alterações na atmosfera urbana, dadas as características de urbanização densa. Para minimizar esses efeitos, a autora destaca o plantio de árvores e aumento na extensão das áreas verdes.

2.3 Vegetação Urbana

Desde os passeios públicos, praças, parques urbanos, até as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Unidades de Conservação (UCs), as árvores são elementos marcantes da paisagem. Isoladas ou em grupos, nativas ou exóticas, de um processo natural ou até plantio aleatório, elas estão presentes. De um modo geral, elas estão sempre passando por modificações. Seja por mudanças de ritmo natural (estações, estratificação, associação com outros vegetais e animais) ou forçadas pelo ser humano, por meio de conjunturas culturais e socioeconômicas, a partir da valoração de espécies, composição arbórea, preservação ou remoção de florestas e efeitos de leis em prol da exploração ou proteção florestal (PIPPI e TRINDADE, 2013).

Costa e Colesanti (2011) discorrem sobre as diversas definições empregadas para se referir as áreas verdes urbanas. Entre as definições, existe a de que uma área verde urbana é um espaço livre onde o elemento fundamental de composição é a vegetação, a qual deve satisfazer os objetivos ecológico-ambiental, estéticos e de lazer e que devem servir a população, proporcionando condições para recreação, melhoria da saúde e do ambiente físico. Se um parque, jardim ou praça atender os requisitos descritos, pode ser então, considerada uma área verde.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da resolução nº 369, de 28 de março de 2006, considera que uma área verde de uma cidade o espaço que desempenhe a função ecológica, paisagística e recreativa, que propicie a melhoria da qualidade funcional, estética e ambiental, composto por vegetação e espaços livres de impermeabilização (BRASIL, 2006).

Segundo Londe e Mendes (2014), o planejamento e gestão das áreas verdes, na esfera municipal, deve estar previsto no Plano Diretor onde são definidas a partir dos critérios de desenvolvimento e expansão urbana. A partir das muitas definições dadas pelos autores sobre as Áreas Verdes, as autoras destacam algumas, presentes na Quadro 1.

Quadro 1 - Definições de Áreas Verdes Urbanas

Definição	Autor(es)	Ano
Onde há predomínio de vegetação arbórea. Considera-se as praças, jardins públicos, parques urbanos, canteiros centrais e trevos que possuem funções estéticas e ecológicas. Árvores que acompanham o leito não se incluem.	Lima et al.	1994
Integrante do sistema de espaços livres, ou seja, um espaço urbano ao ar livre, destinado a todo tipo de utilização que se relacione a recreação e lazer da população. Podem ser públicos ou privados. Desempenham funções estética, de lazer e ecológico ambiental. A arborização, canteiros e pequenos jardins não são áreas verdes e sim “verde de acompanhamento viário”.	Cavalheiro et al.	1999
Área que permite que o espaço construído se integre com o jardim e o parque para construir a paisagem da cidade. As árvores, os arbustos e outras plantas menores e no seu conjunto caracterizam os espaços da cidade por suas formas, cores e modo, desempenhando funções importantes para os recintos urbanos e habitantes, ajudam no controle do clima e da poluição, na conservação da água e na economia de energia.	Mascaró et al.	2009

Fonte: Londe e Mendes (2014), adaptado pela autora, 2021

Independente da terminologia, a cobertura vegetal faz-se presente em todas definições. Ela existe nos sistemas de espaços construídos, nos espaços livres, nos

sistemas de espaços de integração, além das Unidades de Conservação e da zona rural (LONDE e MENDES, 2014).

Conceitualmente, a vegetação é associada com a natureza e a inserção dela nas cidades muitas vezes é simplesmente relacionada a árvores, arbustos e gramados nas ruas, parques e jardins. Essa é uma generalização errônea, do ponto de vista que os componentes vegetais possuem características diferentes e não possuem o mesmo grau de complexidade, nem são conectadas entre si. Por isso, a questão ecológica deve determinar as associações vegetais. Esse é um importante ponto a ser considerado na concepção do projeto urbano ou arquitetônico (SANTOS, 2003).

Santos (2003) apresenta duas classificações das vegetações no ambiente das cidades. Uma classificação acerca de sua tipologia, apresentada anteriormente por Cestaro, em 1985. Nessa categorização, têm-se:

- a) Vegetação urbana natural: primitiva, de espécies nativas. É a vegetação que possui maior número de espécies e, por mais que seja destruída para o avanço da cidade, pode continuar presente em manchas na área urbana.
- b) Vegetação urbana introduzida ou plantada: São as espécies implantadas na cidade, com baixa diversidade. Espécies de ornamentação em parques e jardins.
- c) Vegetação urbana espontânea: A partir de um ambiente propício, algumas espécies se instalam nas cidades. Possui diversidade intermediária e ocorrem nas fendas de calçadas, terrenos baldios, etc.

Outra classificação apresentada por Santos (2003) agrupa a vegetação a partir de sua posse.

- a) Vegetação urbana em áreas privadas: são aquelas que recebem tratamentos paisagísticos. Estão presentes em residências unifamiliares, multifamiliares e em empreendimentos comerciais e industriais.
- b) Vegetação urbana pública: gerida por órgãos federais, estaduais e municipais. Considera-se aqui os parques, jardins, praças, reflorestamentos, áreas protegidas, unidades de conservação e sistema viário.

As áreas urbanas vegetadas como elementos estruturantes são divididas por Strom (2007) *apud* Pippi e Trindade (2013) como nós e conexões. Enquanto os nós

são porções de solo urbano com objetivo de atração para usos recreativos (parques, praças, áreas vegetadas livres, jardins comunitários), as conexões possibilitam as ligações através de corredores e cinturões verdes.

2.4 Análise de conforto térmico externo

Em 1916, a Comissão Americana de Ventilação iniciou alguns estudos acerca do conforto térmico e suas influências para o ser humano, principalmente no que diz respeito ao rendimento no trabalho. Com isso, a partir dos resultados obtidos, constataram que para exercer alguma atividade que exija esforço físico, o aumento da temperatura do ambiente de 20°C para 24°C faz com que o rendimento caia 15%, e a temperatura ambiente em 30°C, com umidade relativa em 80% proporciona uma queda de rendimento para 28% (FROTA e SCHIFFER, 2003). Atualmente, no Brasil, há a Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia, de 1978 e atualizada em 2018, que indica que a temperatura efetiva nos locais de trabalho deve estar entre 20° e 23°C. Esses parâmetros servem para avaliar o conforto térmico interno, porém, são valores geralmente influenciados pelas áreas externas da cidade (BRASIL, 1978).

Lamberts (2016) descreve que o conforto térmico se relaciona com a satisfação que um ser humano tem com o ambiente térmico que o circunda. Depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos são aqueles relacionados com a troca de calor corpo-meio, os fisiológicos sobre a resposta do organismo e os psicológicos são sobre as diferentes percepções e resposta sensorial de cada indivíduo.

A conceituação de conforto térmico, para Gomes e Amorim (2003, apud DIAS, 2013), depende da definição de índices em que o ser humano se sinta confortável em resultado das condições térmicas agradáveis ao corpo. Os parâmetros básicos que definem o ambiente térmico e influenciam no conforto térmico são divididos em ambientais, como a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa e velocidade do ar, e os individuais como a taxa metabólica e vestuário. Além disso, processos de climatização, adaptação e até o sexo e idade do ser humano podem interferir na percepção de conforto térmico.

Na massa edificada de todas as cidades, há inúmeros materiais com diferentes propriedades radioativas que, juntamente com a vegetação e as superfícies pavimentadas ou não, influenciam na quantidade de energia térmica acumulada e

irradiada para a atmosfera. O albedo é uma importante propriedade dos materiais para analisar o contexto do local, pois indica a capacidade ou poder de reflexão de uma superfície (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009).

Os materiais utilizados na construção civil das cidades, tornam o armazenamento de calor mais eficiente, devido ao seu albedo maior e a condutividade térmica maior, além de aumentar a impermeabilização das superfícies. A água da chuva que é escoada pelo esgoto pluvial para fora da cidade, reduz a evaporação real e, conseqüentemente, diminui a umidade absoluta do ar (HASENACK e FLORES, 1992). Portanto, a água precipitada e os materiais são elementos que também influenciam no conforto térmico urbano, pois retém o calor e não auxiliam na manutenção da temperatura e umidade do ar.

Mascaró descreve que uma superfície vertical recebe metade da radiação refletida pelo seu entorno, essa radiação resultará numa carga considerável para as pessoas e os edifícios que o cercam. Essas cargas térmicas geralmente são em regiões quentes e secas e nos centros urbanos que não possuem vegetação. As soluções que podem ser empregadas são a ventilação natural e controlada, o sombreamento por meio de vegetação e a pintura ou utilização de materiais mais claros, que irão dissipar o calor (MASCARÓ, 1991).

Os estudos acerca do assunto visam analisar a satisfação do ser humano e seu bem-estar, a produtividade do ser humano e a conservação de energia, devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade (LAMBERTS, 2016).

Nóbrega e Lemos (2011) discutem sobre o microclima e o conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife, a partir do Índice de Calor (IC) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Concluíram que existe um desconforto térmico na cidade, principalmente nos meses mais quentes. Nas ocorrências de precipitação, os índices diminuíram, tornando o ambiente mais confortável. Juntamente com a relação problemática sobre o processo de verticalização e emissão de poluentes, o quadro da cidade é preocupante quanto a qualidade de vida. Para melhorar esses itens, os autores destacam a necessidade de trabalho dos órgãos públicos nas ilhas de frescor, a partir da manutenção de praças e parques públicos, restauração de manguezais e litorais, etc.

Outra pesquisa voltada ao conforto térmico no espaço urbano é de Gonçalves et al. (2012). Com a premissa de que a arborização urbana é um importante fator de influência no conforto ambiental no espaço urbano, foram observados aspectos do

entorno (arborização e áreas permeáveis, tipo de pavimentação de vias e passeios e tipologia das construções do entorno imediato) a partir de medições de temperatura e umidade relativa do ar, que mostraram que a variação de temperatura e umidade relativa do ar de um ambiente para o outro é bastante significativa, e que o sombreamento com vegetação pode trazer uma contribuição preponderante para o conforto térmico em ambientes externos.

Abreu e Labaki (2010) compararam os índices PMV e o PET com os resultados obtidos através dos gráficos gerados da Carta Bioclimática Tridimensional para clima Tropical de Altitude, para avaliar o conforto térmico proporcionado por diferentes espécies arbóreas isoladas e em diferentes distâncias. As medições foram realizadas *in loco* por meio de um registrador de temperatura e umidade relativa do ar. A pesquisa afirmou a influência dessas vegetações estudadas no microclima do local. Os autores ainda relatam a utilização da carta bioclimática como uma maneira rápida de avaliar conforto térmico sem a necessidade de entrevistas com a população, porém, a limitação do estudo é a dificuldade no tratamento dos dados para definir os intervalos das variáveis climáticas.

Rossi et al. (2017) reforçam a necessidade de calibração dos índices para as localidades de estudo, uma vez que possuem realidades climáticas singulares e diferentes, com populações e percepções diferentes. Com isso, em suas pesquisas, apresentaram a metodologia utilizada para apresentar os resultados de um procedimento de calibração para o índice PET para as cidades de Curitiba e Rio de Janeiro.

Rossi et al. (2012) apresentaram as faixas de conforto e desconforto para o índice outro índice utilizado para avaliar conforto térmico. O UTCI é proposto a partir de dados de sensação térmica real com monitoramentos térmicos urbanos para condições subtropicais. As determinações das faixas ficaram com valores de: temperaturas menores que 15°C com grau de desconforto para o frio; de 15 °C a 24 °C como graus de conforto e acima de 24°C o grau de desconforto para o calor.

Para Ferreira et al. (2015), o conforto térmico vem sendo reduzido a partir das alterações climáticas, principalmente pela maciça redução da cobertura de vegetação. Diante disso, é notória a capacidade de atuação das áreas verdes na contribuição para minimização dos efeitos extremos das altas temperaturas, baixa umidade do ar e radiação solar, a fim de melhorar as condições ambientais das cidades.

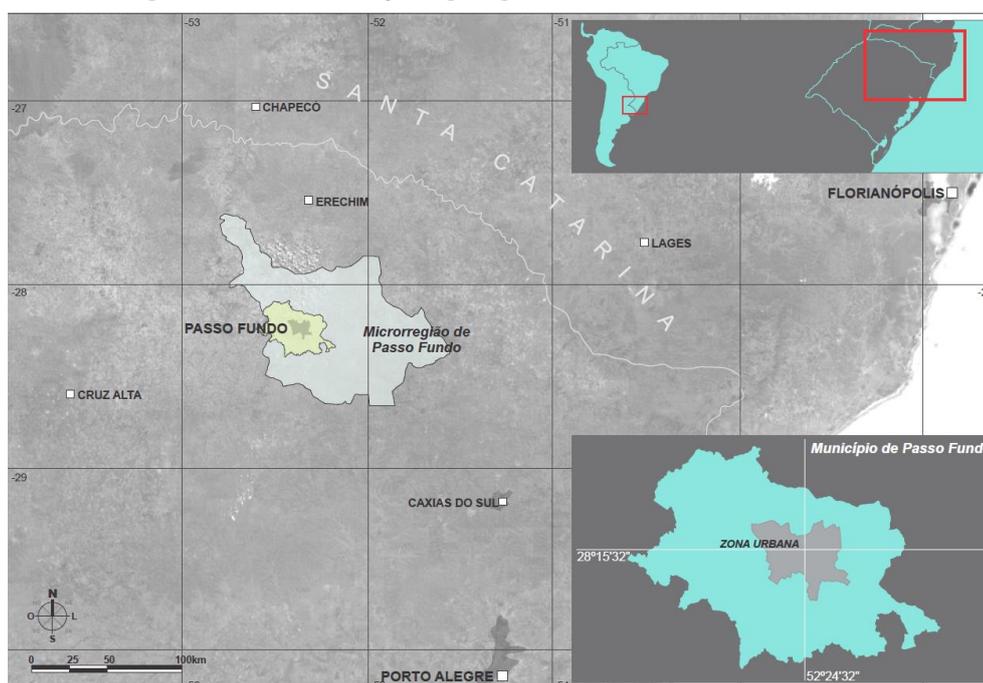
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse item apresenta as limitações do objeto de estudo da pesquisa, descreve a cidade em estudo e os procedimentos metodológicos que serão adotados para investigar a área do estudo, classificação da pesquisa e os materiais utilizados para o desenvolvimento da coleta e análise dos dados.

3.1 Local de estudo

Passo Fundo é uma cidade de porte médio, localizada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 2), e está entre as maiores cidades do estado. Possui reconhecimento pela sua grande oferta de oportunidades e qualificações para a região sul do país. Está localizado com Latitude $28^{\circ}15'46''$ e Longitude de $52^{\circ}24'24''$, com uma população de 184.826 habitantes em uma área de 783,603 km² com clima subtropical úmido (IBGE, 2010).

Figura 2 - Localização geográfica de Passo Fundo/RS



Fonte: PMSBPF, 2013, adaptado pela autora

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2019), pela classificação Köppen – sistema de classificação global dos tipos de climas mais utilizados em geografia, ecologia e climatologia – Passo Fundo está localizado na Zona Climática fundamental temperada e apresenta clima do tipo fundamental úmido e variedade específica subtropical. Portanto, descreve-se o clima como

Subtropical Úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. Segundo dados da Prefeitura Municipal de Passo Fundo (PMPF, 2019) a vegetação predominante é de campos abertos com matas nativas do tipo Florestas Subtropical com araucárias e o relevo é ondulado com algumas depressões fechadas (coxilhas).

De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro NBR 15220 - parte 3, a cidade de Passo Fundo/RS situa-se na Zona Bioclimática 2. Cabe ressaltar que estas estratégias se referem aos recintos internos, como resultado das ações das variáveis ambientais externas dos ambientes urbanos, como radiação solar, umidade relativa do ar e ventilação natural.

A legislação urbana conta com o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) sob a Lei Complementar nº 170 de 09 de outubro de 2006, a qual dispõe sobre a política de desenvolvimento do município, sendo um de seus princípios norteadores a realização de uma “cidade sustentável através da harmonização do desenvolvimento econômico com a preservação ambiental”. Além disso, em 1996, criou-se o Conselho Municipal de Arborização Urbana (COMAU), sob a Lei nº 3121 de 26 de junho de 1996, a qual dispõe sobre a vegetação urbana do município que visa assegurar a preservação e o progresso da vegetação que cobre a área urbana (BRASIL, 1996; BRASIL, 2006).

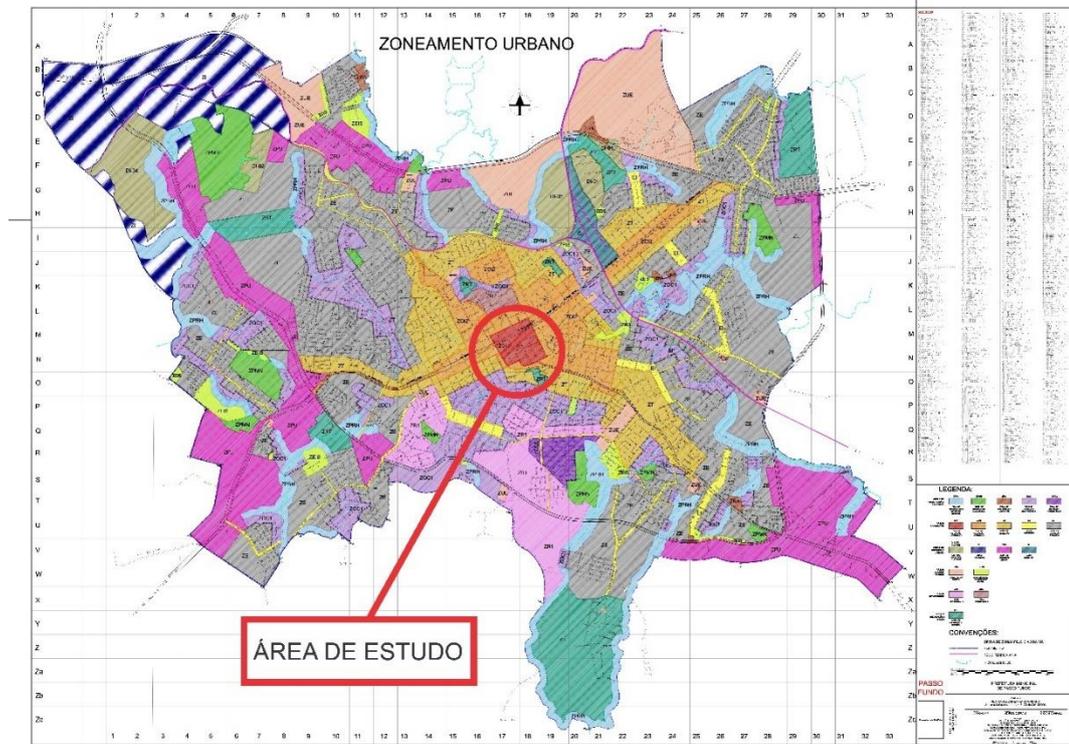
O PDDI estabelece a divisão do território municipal, dividido em macrozonas definidas pelas suas características homogêneas ou assemelhadas, de ocupação e situação ambiental. A Macrozona Urbana caracteriza-se por ser uma parcela da área municipal com funções urbanas, definidas a partir de áreas já urbanizadas e passíveis de serem urbanizadas. Dentre as zonas urbanas, estabeleceu-se para o estudo do presente trabalho, a Zona de Ocupação Intensiva 1 (ZOI 1), demarcada na Figura 3, justificado por ter as mais altas taxas de ocupação (entre 60 e 80%) e densidade. Além dessas características, ainda há um Coeficiente de Aproveitamento de 4 – número que multiplicado pela área do lote, resulta na área máxima edificável.

Segundo a Prefeitura de Passo Fundo, na Revisão do Plano Diretor de 2019, A ZOI1 situa-se no setor 01 da área urbana, possuindo a maior densidade bruta de habitantes a partir de 5000hab/km² (PMPF, 2019).

A Taxa de Permeabilidade (TP) é a porcentagem que corresponde a porção mínima do lote com área permeável do solo. Para cada zona, inclusive a zona em

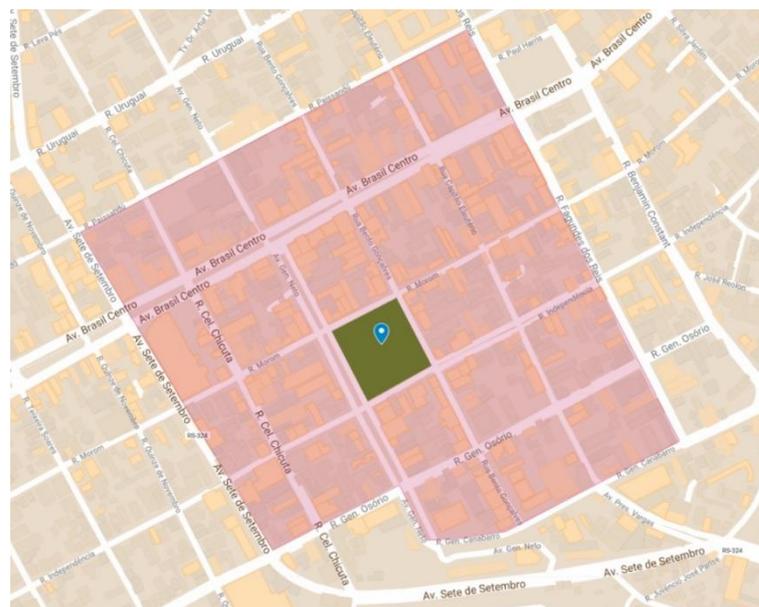
questão, deverá ser calculada pela fórmula $TP = (1-TO) \times 0,5$ segundo o Plano Diretor do município (PDDI, 2006).

Figura 3 - Mapa do zoneamento urbano de Passo Fundo com a delimitação da área em estudo



Fonte: PDDI, 2006, adaptado pela autora

Figura 4 - Delimitação da Zona de Ocupação Intensiva 1 e da Praça Marechal Floriano

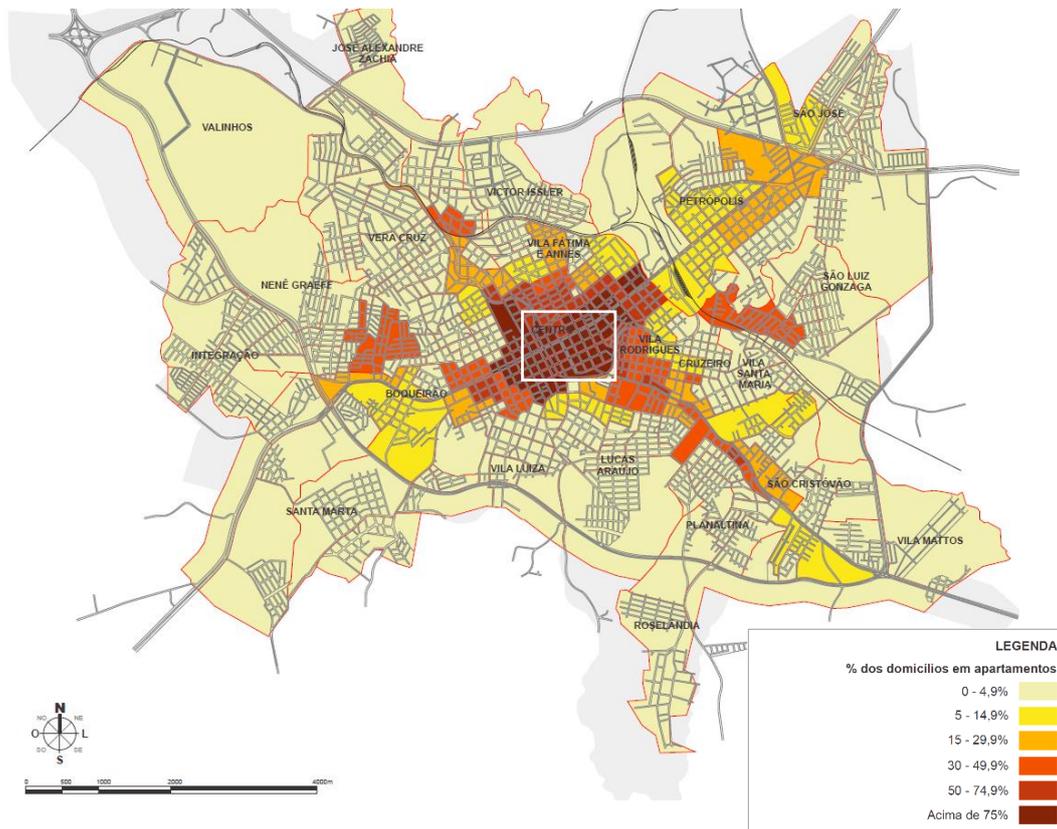


Fonte: Google Maps, 2020, adaptado pela autora

A ZOI1 possui uma área total de 39,2ha (Figura 4) e constitui-se por uma topografia ondulada e inclinada, está limitada pela Rua Paissandú ao Norte, Rua Fagundes dos Reis ao Leste, Ruas General Canabarro e General Osório ao Sul, e Avenida Sete de Setembro à Oeste. Esta zona concentra grande diversidade de atividades e equipamentos urbanos da cidade, como bancos, comércio, centros religiosos, instituições de ensino, área de lazer, entre outras. Bem ao centro da área, encontra-se a praça Marechal Floriano, com uma área aproximadamente de 2.426m², diversas espécies arbóreas e o Monumento à Cuia que é um símbolo da cidade.

Na Figura 5 pode-se observar o Mapa da verticalização da Zona Urbana com a porcentagem dos domicílios em apartamentos. Na área em estudo, destacada na imagem, a porcentagem é acima de 75%, o maior índice na escala do mapa.

Figura 5 - Mapa da verticalização da Zona Urbana

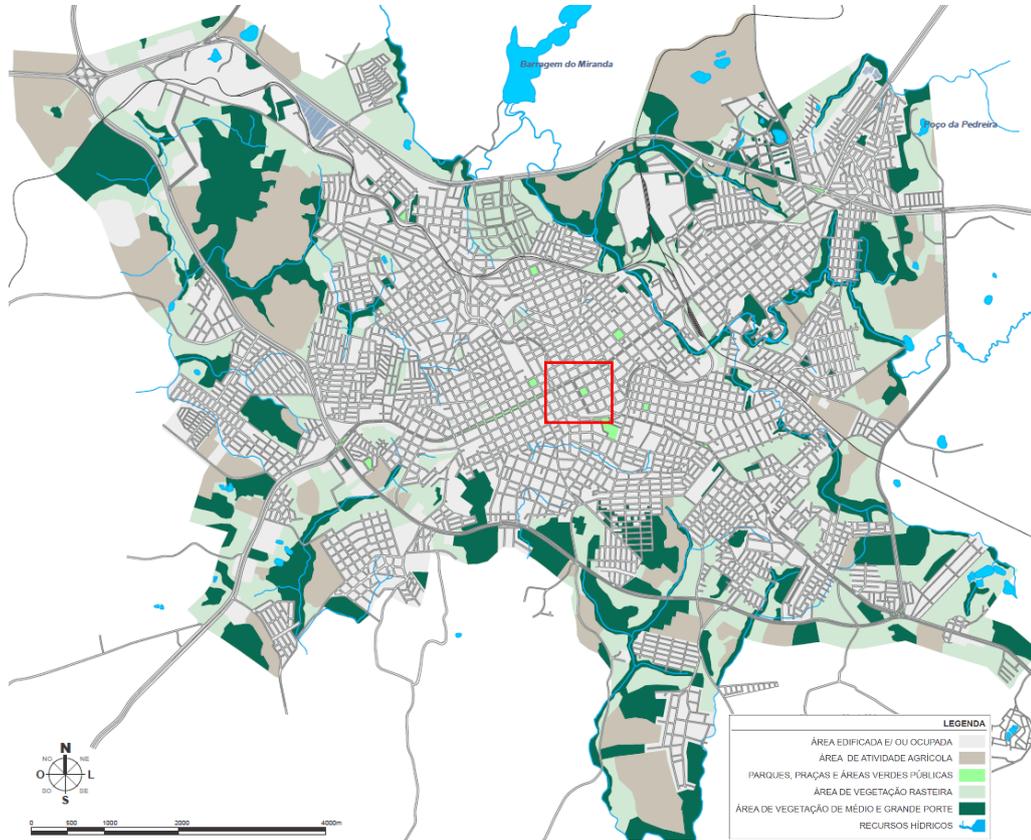


Fonte: PMSBPF, 2013, adaptado pela autora

No mapa da Figura 6 pode-se observar o uso do solo na zona urbana, com a demarcação das áreas edificadas e/ou ocupadas, parques, praças e áreas verdes públicas, área de vegetação rasteira, área de vegetação de médio e grande porte, além dos recursos hídricos. Destaca-se que as áreas verdes públicas se concentram,

principalmente, em toda a extensão da Av. Brasil. Além disso, as áreas como praças e parques também se concentram, em sua maioria, no centro da cidade.

Figura 6 - Mapa do Uso do Solo na Zona Urbana



Fonte: PMSBPF, 2013, adaptado pela autora

Na Figura 7, tem-se a ampliação do mapa anterior com destaque para a área em estudo, demonstrando que há vegetação nos canteiros centrais da Avenida Brasil e da Rua General Neto. Além disso, há concentração de vegetação na Praça Marechal Floriano.

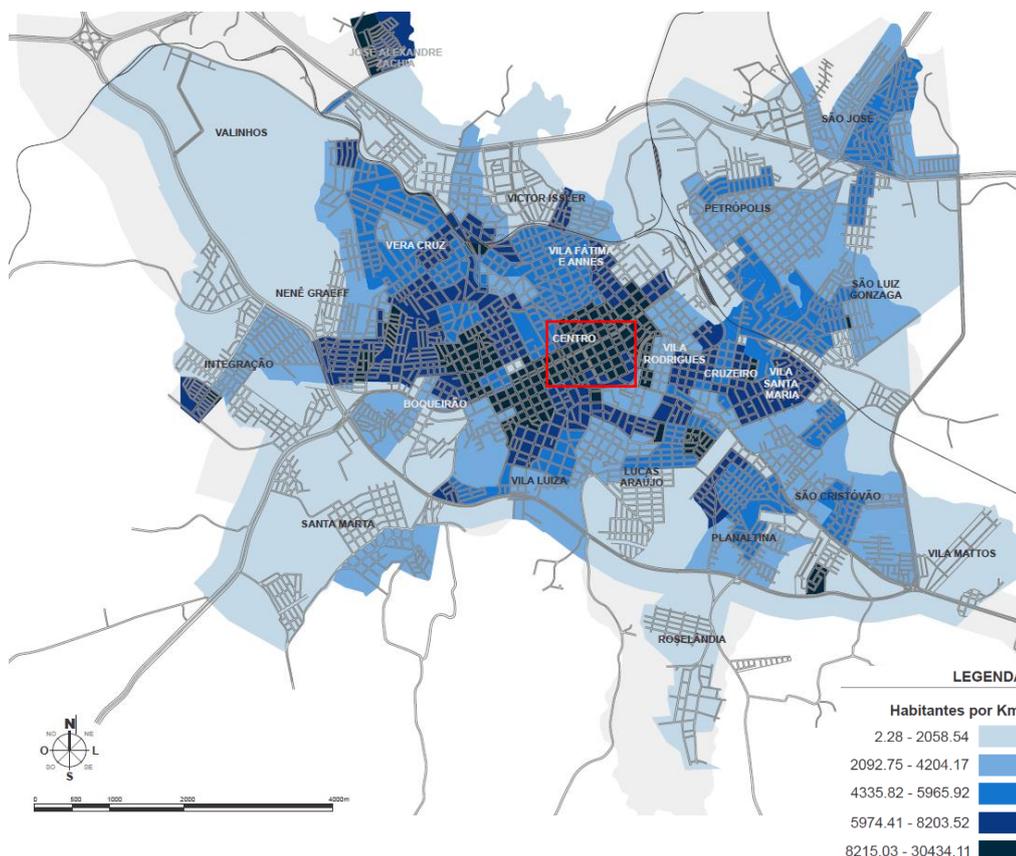
Figura 7 - Ampliação da área em estudo com a identificação do uso do solo



Fonte: PMSBPF, 2013, adaptado pela autora

O mapa da densidade demográfica (Figura 8) mostra o número de habitantes por km² em toda a área da cidade. Na área em estudo, destacada na imagem, pode-se visualizar que há entre 8215,03 a 30434,11 hab/km². Sendo assim, considerado a área mais adensada demograficamente da cidade.

Figura 8 - Mapa - Densidade Demográfica / nº de habitantes por km²



Fonte: PMSBPF, 2013, adaptado pela autora

A partir dessas observações e análises, pode-se concluir que a área em estudo tem a maior densidade populacional por km² e de construções, abrangendo a área central da cidade.

3.2 Classificação da pesquisa

Sob a perspectiva da natureza, a presente pesquisa classifica-se como aplicada, pois, segundo Nascimento (2016), dedica-se à geração de algum conhecimento para solucionar problemas específicos e busca aplicação prática em alguma situação. Visto que os dados coletados sobre o clima e as entrevistas realizadas darão subsídios para estabelecer a relação entre homem e meio ambiente.

A classificação da pesquisa quanto os seus objetivos e de acordo com Gil (2002), pode ser definida como pesquisa exploratória que visa proporcionar maior entendimento sobre um problema, tornando-o mais compreensível ou passível de construir novas hipóteses. A presente pesquisa fará levantamentos de dados sobre um assunto específico, a partir do diagnóstico de uma área selecionada. A coleta de dados se dará por meio de monitoramento, além da necessidade de uma revisão bibliográfica, que reforça a classificação exploratória da pesquisa.

3.3 Procedimentos metodológicos

Os métodos para a realização do trabalho são apresentados na estrutura metodológica conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Estrutura metodológica

1. Análise de superfície
1.1 Definir os pontos de estudo na área delimitada; 1.2 Elaborar uma base cartográfica;
2. Identificar a existência de Ilha de Calor na área em estudo
2.1 Montagem e instalação do suporte com os sensores de temperatura e umidade relativa do ar; 2.2 Coleta dos dados; 2.3 Aplicar teste estatístico.
3. Identificar principais elementos arbóreos
3.1 Caracterização das espécies; 3.2 Análise dos dados coletados com a vegetação.
4. Avaliar o conforto térmico urbano local
4.1 Aplicação de índices de conforto térmico

Fonte: autora, 2020

Nos itens a seguir encontra-se a descrição do procedimento de cada etapa utilizada na elaboração do estudo.

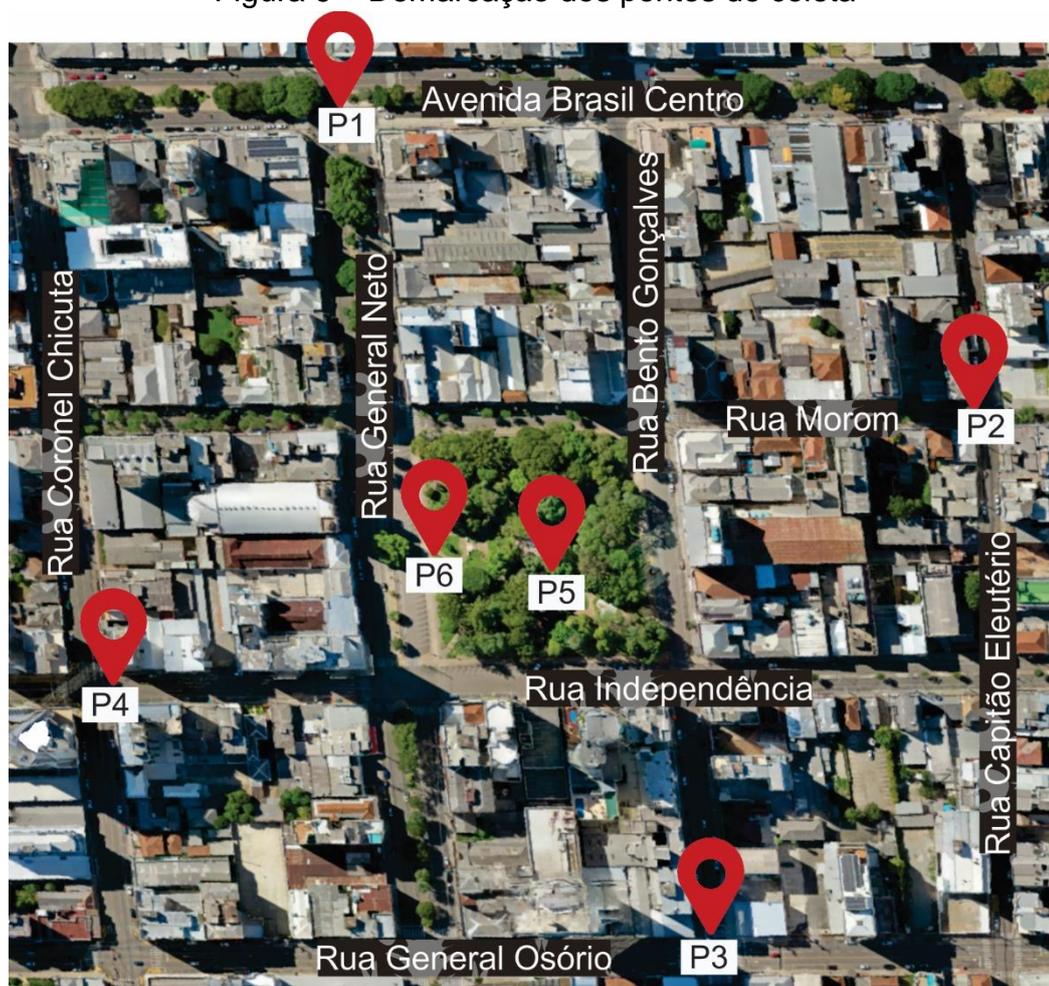
3.3.1 Etapa 01: Análise de superfície

a) Definição dos pontos de estudo na área delimitada

Como já descrito no item 3.1, levou-se em consideração para a escolha da área a sua grande concentração de área construída e adensamento populacional, conforme dados da PMPF (2019) e PDDI (2006).

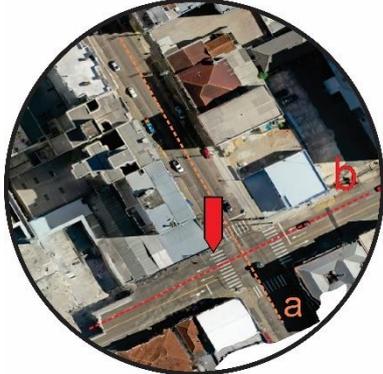
Com a área de estudo selecionada, foi definida a praça Marechal Floriano como ponto central e, a partir dela, foram definidos 4 pontos de coleta de dados a contar de 150m de cada vértice do ponto central. Além disso, foram consideradas características como: área ensolarada e sombreada, com arborização e sem arborização. Com isso, totalizou-se 6 pontos de coleta, demonstrados na Figura 9 com a localização e caracterização no Quadro 3.

Figura 9 – Demarcação dos pontos de coleta



Fonte: autora, 2021

Quadro 3 - Localização e caracterização de cada ponto em estudo

Ponto	Localização	Caracterização	Vista aérea
P1	Cruzamento da Avenida Brasil Centro (a) com a Rua General Neto (b) Lat.: -28.26123 Long.: -52.408	Área sombreada com vegetação	
P2	Cruzamento da Rua Morom (a) com a Rua Capitão Eleutério (b) Lat.: -28.26134 Long.: -52.40500	Área sombreada com vegetação	
P3	Cruzamento da Rua Bento Gonçalves (a) com a Rua General Osório (b) Lat.: -28.26398 Long.: -52.40510	Área ensolarada sem vegetação	
P4	Cruzamento da Rua Coronel Chicuta (a) com a Rua Independência (b) Lat.: -28.26395 Long.: -52.40798	Área ensolarada sem vegetação	

Quadro 3 (conclusão) - Localização e caracterização de cada ponto em estudo

Ponto	Localização	Caracterização	Vista aérea
P5	Praça Marechal Floriano Lat.: -28.26256 Long.: -52.40654	Área sombreada com vegetação	
P6	Praça Marechal Floriano, frente para a Rua General Neto (a) Lat.: -28.26278 Long.: -52.40691	Área ensolarada sem vegetação	

Fonte: autora, 2020

A partir da caracterização e localização de cada ponto, tem-se as informações necessárias para analisar a área em estudo. Com isso, a análise segue com a coleta de informações globais da área.

b) Elaboração de uma base cartográfica

Esta etapa foi fundamentada através do levantamento de dados para a criação de uma base cartográfica para análise dos pontos selecionados. Foram combinados dados da base cartográfica, fotogrametria aérea e pesquisa de campo. A partir dos dados levantados foi possível identificar diferentes padrões de ocupação urbana e características morfológicas da área em estudo.

Para a elaboração desses dados, foi adquirido um mapa base digital de 2019 da cidade de Passo Fundo e inserido no programa *Autocad* 2016. Complementarmente, foi realizada a fotogrametria aérea, a qual permitiu obter um conjunto de imagens ortorretificada do ano de 2020 e 2021, inserida no mesmo programa para modelagem

e análise visual da área. Definiu-se um raio de 40m a partir do ponto de coleta para análise dos mapas. Desta forma, foram elaborados os seguintes mapas com suas características:

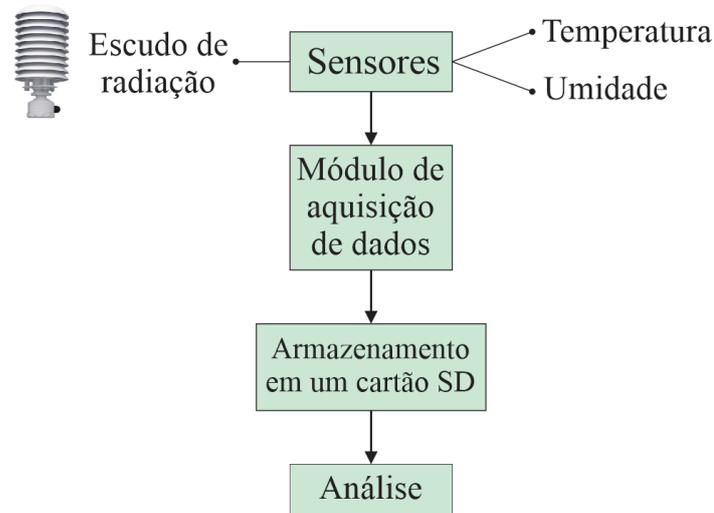
- a) Mapa de Caracterização das Alturas: esta classificação levou em conta a grande ocorrência de diversas alturas nas edificações da área em estudo. A análise foi dividida em 5 categorias: sem construção, de 1 a 2 pavimentos, de 3 a 6 pavimentos, mais de 6 pavimentos e área não analisada.
- b) Mapa de Permeabilidade do Solo: este mapa contemplou 3 categorias: solo permeável, solo impermeável e área não analisada.
- c) Mapa de Materiais Predominantes: neste mapa foram considerados os materiais de superfície do solo. Foram classificados os seguintes materiais: asfalto, concreto, basalto, pedra portuguesa, paralelepípedo e grama.
- d) Mapa de Áreas Verdes: para este mapa, foi levado em consideração as unidades de grupos arbóreos e vegetações isoladas na área em estudo.
- e) Mapa das Curvas de Nível: mapa com as curvas de níveis que representam todos os pontos da área de mesma altitude.
- f) Mapa da Insolação e Ventilação: gráfico da rosa dos ventos e carta solar

3.3.2 Etapa 02: Identificar a existência de Ilha de Calor na área em estudo

a) Montagem e instalação do suporte com os sensores e coleta de dados

Para a realização da Etapa 02, foi necessário montar uma estrutura para servir de suporte para a coleta dos dados climáticos (temperatura e umidade relativa do ar) nos pontos determinados na área em estudo. Essa estrutura bem como seus procedimentos estão descritos no esquema da Figura 10.

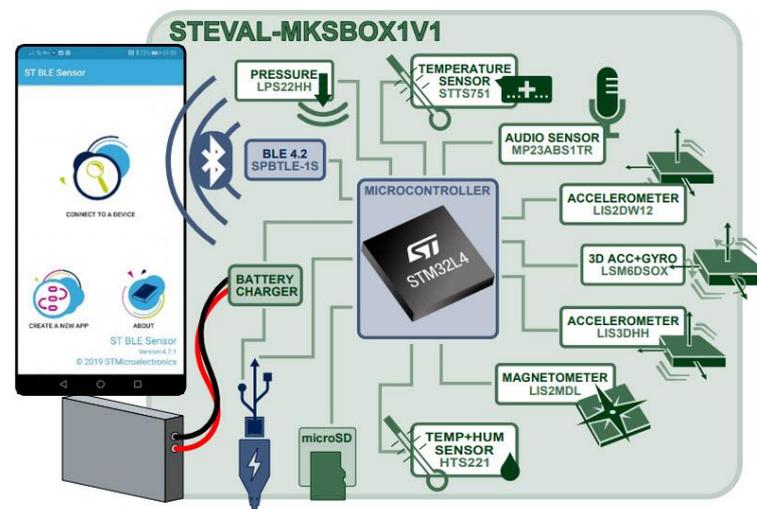
Figura 10 - Esquema dos procedimentos da pesquisa para coleta de dados climáticos



Fonte: autora, 2019

A aquisição de dados foi realizada mediante o uso de um sistema do tipo *ready-to-use* chamado SensorTile.box modelo STEVAL-MKSBOX1V1 (Figura 11) produzido pela STMicroelectronics e aplicado frequentemente em operações de IoT (*Internet of Things*). O dispositivo conta com um conjunto de 8 sensores, incluindo temperatura, barômetro, áudio, 3 acelerômetros, magnetômetros, e sensor de umidade relativa do ar, além de possuir sistema de armazenamento em cartão microSD e conexão via *bluetooth*. Para este estudo, foi utilizado apenas os sensores de umidade relativa do ar e temperatura.

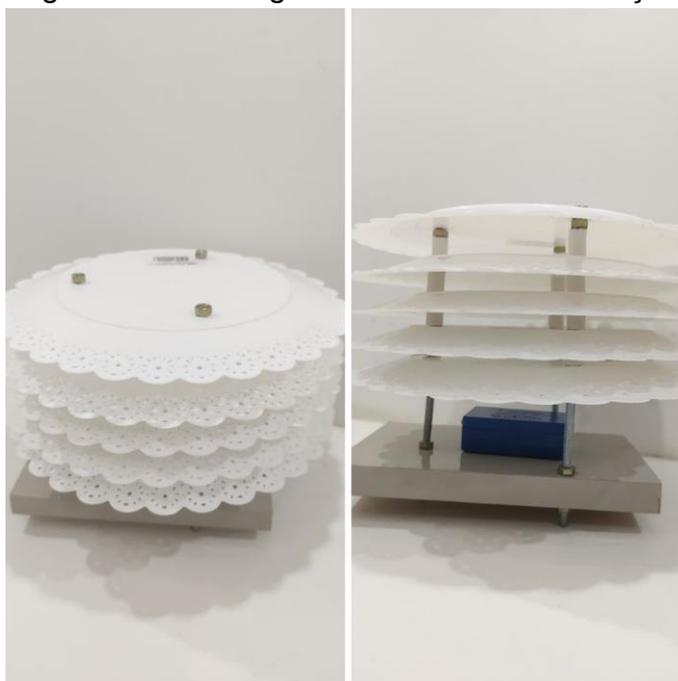
Figura 11 - Foto ilustrativa do sistema a ser adotado neste estudo



Fonte: STMicroelectronics, 2019

A partir da definição do local de estudo, procedeu-se a montagem do Escudo de Radiação (Figura 12), o qual serviu de suporte para os sensores. Os escudos foram montados com pratos plásticos na cor branco em uma base de MDF para fixar o sensor. Esse escudo tem o objetivo de não permitir a incidência solar direta e permitir a passagem do vento. Além disso, optou-se por uma solução de baixo custo capaz de anteder os requisitos mínimos para o monitoramento das condições climática locais, sem interferência do sol.

Figura 12 - Montagem do Escudo de Radiação



Fonte: autora, 2020

Esses escudos foram mantidos há, aproximadamente, 1,10m (WMO, 2009) de altura (Figura 13) e coletaram dados de 30 em 30 segundos, durante 5 minutos em cada ponto. O *World Meteorological Organization* (2009) indica que os dados devem ser analisados e/ou coletados nos horários das 09:00hs às 10:30hs, das 15:00hs às 16:30hs e das 21:00hs às 22:30hs, portanto, posterior a coleta, os dados foram agrupados e filtrados para análise nos horários indicados. No estudo em questão, por questões de segurança, a coleta no turno da noite não foi realizada.

Figura 13 - Uma das colaboradoras realizando a coleta dos dados

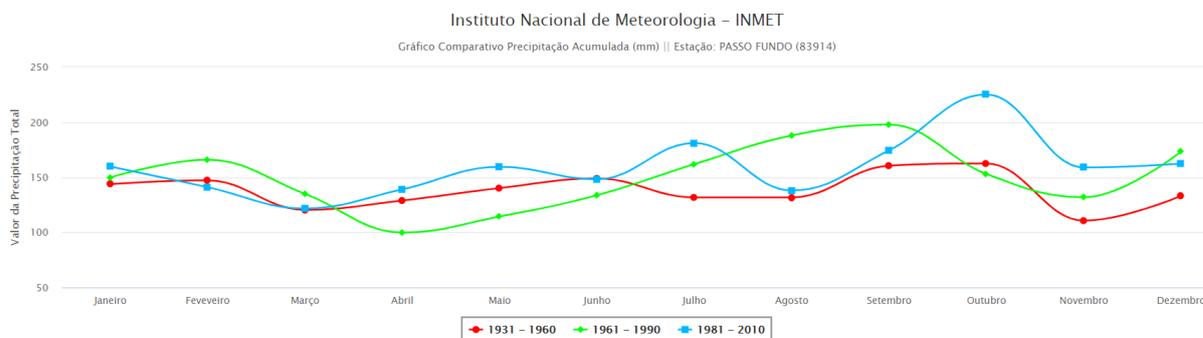


Fonte: autora, 2020

Foi realizada uma coleta no dia 05 de setembro de 2020 com o objetivo de testar o sistema proposto, bem como averiguar o método de coleta e análise dos dados. Posteriormente, a coleta de dados finais se deu no período de 14 a 18 de dezembro de 2020 nos horários já mencionados. A data de coleta foi escolhida por estar próximo ao solstício de verão, no dia 22 de dezembro de 2020, considerado o dia mais longo do ano por conta da inclinação do hemisfério sul no ângulo em que recebe o máximo de luz solar possível.

Todas as coletas levaram em consideração as condições semelhantes de tempo, como céu claro e sem precipitações. Entretanto, de acordo com Boletim Agroclimatológico Mensal, pelo INMET (2021), as chuvas foram mais irregulares e resultaram em volumes mais modestos, o jato de baixos níveis (JBN) concentrou a umidade relativa do ar sobre a região sul. Por isso, foi um mês atípico dentre os outros, conforme a Figura 15, o que pode influenciar nos dados coletados.

Figura 14 - Precipitações acumuladas na estação do INMET Passo Fundo/RS



Fonte: INMET, 2021

O ponto de comparação para os dados coletados a Estação Climatológica Principal de Passo Fundo, integrada à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada no campo experimental da Embrapa Trigo.

Outro aparelho utilizado para coletar dados foi uma câmera termográfica versátil (Figura 15) da marca Testo 881, com sensibilidade térmica de < 50 mK. Isto permite medir as mais pequenas diferenças de temperatura, e obter uma elevada resolução da imagem térmica a qualquer altura. A câmera possui uma lente de ângulo largo e uma lente teleobjetiva permitem a adaptação versátil a diferentes tamanhos e distâncias de objetos de medição.

Figura 15 - Câmera termográfica Testo 881



Fonte: autora, 2021

A câmera termográfica foi utilizada para obter os valores de temperatura de contato dos materiais nos pontos selecionados. Posteriormente, a imagem foi analisada no software da própria marca, permitindo a marcação de diversos pontos com a sua respectiva temperatura. Esses dados, em conjunto com os demais coletados, são utilizados para compreender melhor a influência dos materiais no contexto da área analisada.

b) Aplicação do teste estatístico

Inicialmente, para definir os testes estatísticos a serem utilizados nesta análise aplicou-se o teste *Shapiro-Wilk* que verifica se as variáveis têm distribuição normal, e o teste de *Lavene* para averiguar a homogeneidade da variância. Constatou-se que as variáveis não têm homogeneidade nas variâncias e não se apresentam normalmente distribuídos. Para tanto foi utilizado testes não paramétricos.

O teste aplicado foi o Kruskal-Wallis, o qual serve para testar a hipótese de que várias populações têm a mesma distribuição e pode ser aplicado quando a amostra for pequena (VIEIRA, 2003). O nível de significância estabelecido foi de $p < 0,05$.

3.3.3 Etapa 03: Identificação dos principais elementos arbóreos

A partir do mapeamento de Áreas Verdes, realizou-se o levantamento de algumas espécies arbóreas considerando seu porte e influência nos pontos de coleta. A vegetação foi reconhecida ao nível de gênero ou espécie, persistência das folhas e porte mediante consulta à literatura de autores como Lorenzi e Souza (2003) e Lorenzi (2008, 2009 e 2015) e o sistema online *Paisagismo Digit@l*.

Para a análise da vegetação existente, caracterizou-se de acordo com a CPFL Energia (2008), no documento de Arborização Urbana Viária: aspectos de planejamento, implantação e manejo, determina que as árvores de porte baixo são as que possuem altura entre 4 e 6 metros, médio porte entre 8 a 10 metros e porte grande atingem mais de 10m.

No Apêndice 01 pode-se analisar as características de cada vegetação, levando em consideração o seu nome científico e popular, diâmetro da copa, altura e persistência das folhas.

3.3.4 Etapa 04: Avaliação do conforto térmico urbano local

Para a realização da avaliação do conforto térmico urbano local optou-se por utilizar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) definido por Barbirato *et al.* (2007), adaptado de Ono e Kawamura (1991), ou Temperatura Efetiva (TE) proposto por

Missenard (1937), ambos são índices de desconforto térmico para o calor. Segundo os autores, é comumente utilizado nos trópicos para avaliar os ambientes abertos e permite quantificar o “stress” no ambiente urbano. É descrita a partir da equação:

$$ITU = TE = T_{ar} - 0,4 \times (T_{ar} - 10) \times (1 - 0,01 \times U)$$

Em que T_{ar} é a temperatura do ar em graus Celsius (°C) e U é umidade relativa do ar em %. Os critérios de classificação utilizados neste índice foram baseados distribuição das zonas de conforto adotada pelo Laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (MASTER - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), uma adaptação da proposta de Fanger (1972), descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios de classificação do ITU ou TE

Sensação Térmica	Grau de Estresse Fisiológico	ITU ou TE (°C)
Muito Frio	Extremo estresse ao frio	< 05
Frio	Extremo estresse ao frio	05 - 10
Moderadamente Frio	Tiritar	10 - 13
Ligeiramente Frio	Resfriamento do corpo	13 - 16
Pouco Frio	Ligeiro resfriamento do corpo	16 - 19
Ligeiramente Fresco	Vasoconstrição	19 - 22
Confortável	Neutralidade térmica	22 - 25
Ligeiramente Quente	Ligeiro suor; vasodilatação	25 - 28
Quente Moderado	Suando	28 - 31
Quente	Suor em profusão	31 - 34
Muito Quente	Falha na termoregulação	> 34

Fonte: MASTER/IAG/USP, 2015, *apud* Silva, 2018

Segundo Silva (2018), a distribuição do MASTER/IAG/USP (2015) foi utilizada para prever as condições de conforto térmico nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Com isso, justifica-se a utilização desse índice para avaliar o conforto térmico no presente trabalho.

Além do índice ITU ou TE, utilizou-se o Índice de Desconforto de Thom (IDT), descrito por Thom (1959) em seu trabalho sobre temperatura urbana, a qual mostrou que uma equação linear simples baseada na temperatura e umidade relativa do ar, produzia um índice (Tabela 3) que poderia demonstrar o conforto ou desconforto da

população em relação a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente externo. Posteriormente foi adaptado por Giles *et al.* (1990).

Tabela 3 - Índice de Desconforto de Thom, adaptado por Giles *et al.*

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT ≤ 24,0	Menos de 50% da pop. sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT ≤ 27,0	Mais de 50% da pop. sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT ≤ 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT ≤ 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de Emergência médica

Fonte: Giles *et al.*, 1990, adaptado pela autora, 2021

Os valores são obtidos através da seguinte equação:

$$IDT = T_{ar} - 0,55 (1 - 0,01 \times RH)(T_{ar} - 14,5)$$

Onde T_{ar} é a temperatura do ar em °C e RH a umidade relativa do ar em %.

Com o auxílio das ferramentas de fórmulas do software Excel, versão 2010, foram calculados os índices de ITU e IDT para cada um dos pontos nos dias das coletas de dados. Posteriormente, os dados foram analisados juntamente com as características avaliada.

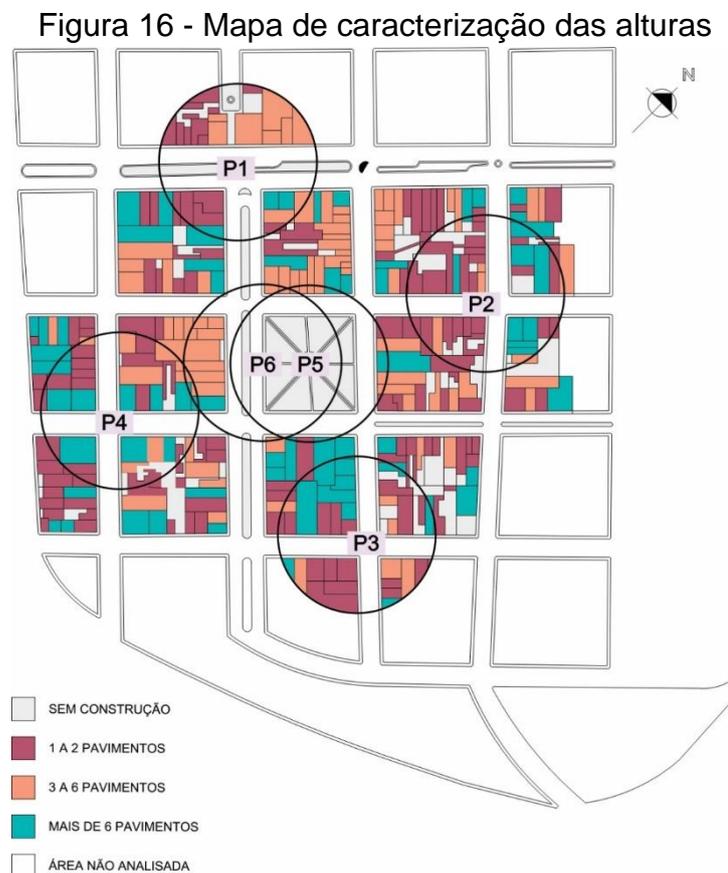
4 RESULTADOS

Nesse item, são apresentados os resultados obtidos através da metodologia determinada para alcançar os objetivos do trabalho.

4.1 Análise da base cartográfica

Com a base cartográfica realizada pode-se analisar as características locais de cada ponto e que interferem direta ou indiretamente para o conforto térmico. Em relação à altura das edificações (Figura 16), notou-se que em todos os pontos há diferentes alturas, variando de edificações térreas até mais de seis pavimentos, o que corresponde a um intervalo de 5 a 20 metros.

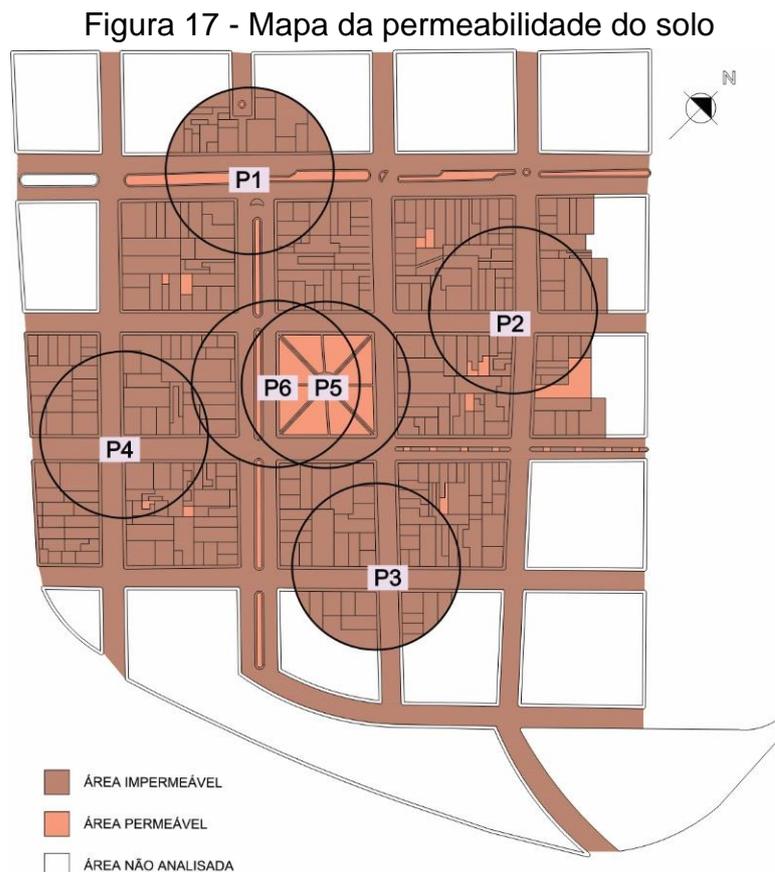
No ponto 1 há predominância de edificações térreas até 6 pavimentos, com apenas duas edificações com mais de 6 andares. No ponto 2, a predominância é de edificações até seis pavimentos. O ponto 3 abrange uma área com predominância de até 2 andares e mais de 6 andares, possuindo mais áreas sem construção.



Fonte: autora, 2021

No ponto 4, há maior influência de edificações com mais de 6 pavimentos. No ponto 5, por se localizar na área central da praça Marechal Floriano, não há influência direta de edificações, dentro do raio de 40m determinado, sendo a sua totalidade sem construções. No ponto 6, há influência das edificações no alinhamento da Rua General Neto, tendo a predominância de edificações com até 6 pavimentos. Além disso, neste ponto há uma grande área sem edificação que compreende a praça Marechal Floriano.

O mapa da Figura 17 mostra as áreas com potencial permeabilidade do solo nos pontos estudados. Nota-se que a maior parte permeável se encontra nos pontos 5 e 6 por serem localizados na praça Mal. Floriano. No ponto 1 há áreas permeáveis nos canteiros centrais. Nos demais pontos, as áreas permeáveis são insignificantes quando comparadas ao todo, sendo a maioria pontualmente o perímetro onde há vegetação plantada.



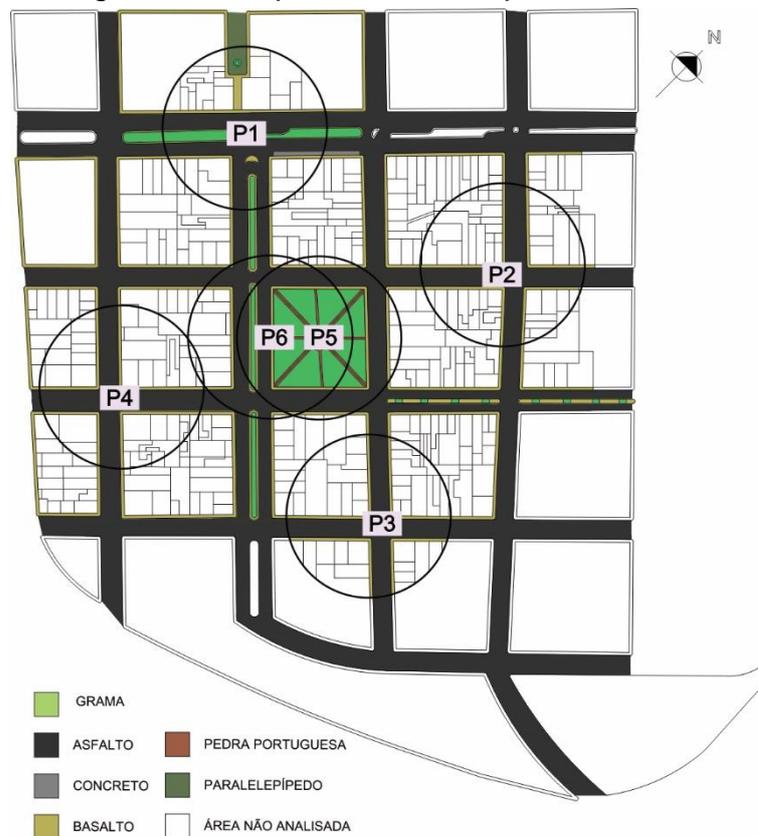
Fonte: autora, 2021

No mapa dos materiais predominantes (Figura 18) analisou-se os materiais de pavimentação, sem considerar os materiais de fachada e cobertura. O ponto 1 é o único que possui um trecho com pavimentação em concreto na parada de ônibus, isto

depois de realizada a revitalização na Av. Brasil. Esse trecho possui a largura de uma vaga de estacionamento e percorre toda a extensão da quadra onde a parada de ônibus está localizada. Os materiais existentes neste ponto são a pavimentação asfáltica, basalto, paralelepípedo e a grama no canteiro central.

No ponto 2, 3 e 4 os únicos materiais existentes e avaliados foram a pavimentação asfáltica e em basalto. Nos pontos 5 e 6, além dos materiais já citados, há a presença da pavimentação em pedra portuguesa na parte interna da praça.

Figura 18 - Mapa de materiais predominantes



Fonte: autora, 2021

No mapeamento das áreas verdes (Figura 19), pode-se analisar que no ponto 3 e 4 não há presença de vegetação, uma vez que há apenas uma árvore isolada no ponto 4 que a torna insignificante para o contexto geral. A maior concentração de vegetação é na região da praça, pontos 5 e 6, com diversas espécies e portes. Apesar de haver vegetação no ponto 6, a coleta de dados se deu em espaço aberto, sem sombreamento, livre de interferência direta da vegetação.

No ponto 2, percebe-se a presença de vegetação apenas na Rua Morom, as mesmas se encontram no alinhamento do passeio público. Já no ponto 1, a vegetação

existente está localizada nos canteiros centrais da Av. Brasil Centro e da Rua General Neto.

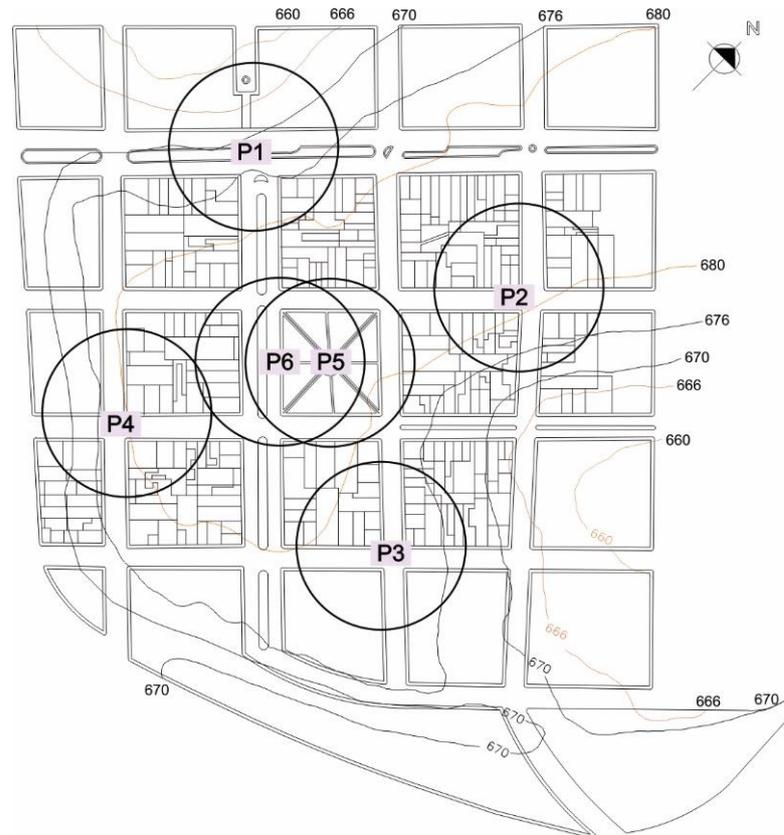


Fonte: autora, 2021

Na análise topográfica (Figura 20), as curvas de nível demonstram o desnível em relação à praça Marechal Floriano, a qual, por ser o ponto central do estudo, fica no ponto mais alto em relação aos demais pontos, além de ser o ponto mais alto da cidade. Observa-se o desnível de 10,0 metros dos pontos 5 e 6 para o ponto 1. Esse desnível interfere nas questões de insolação em relação à altura das edificações do entorno, podendo causar maiores sombreamento na parte da manhã no ponto 1.

Os pontos 2 e 4 encontram-se na mesma curva de nível dos pontos 5 e 6, porém, é importante analisar que as quadras que o circundam encontram-se em desnível, o que interfere no sombreamento em relação à altura das edificações. O ponto 3 possui um desnível de aproximadamente -2,0 metros em relação aos pontos centrais.

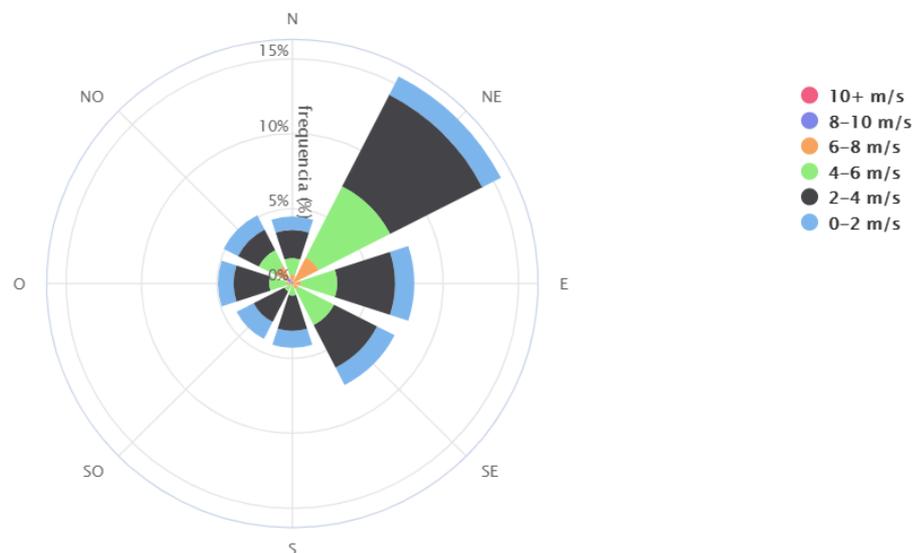
Figura 20 - Mapa de curvas de nível



Fonte: autora, 2021

Na Figura 21, observa-se o gráfico da Rosa dos Ventos (dia) mostrando as estatísticas sobre o vento. Essas informações, reunidas pelo INMET (2016) incluem a velocidade do vento, direção e frequência. Pelo gráfico, observa-se que a predominância na região de Passo Fundo é da direção Nordeste.

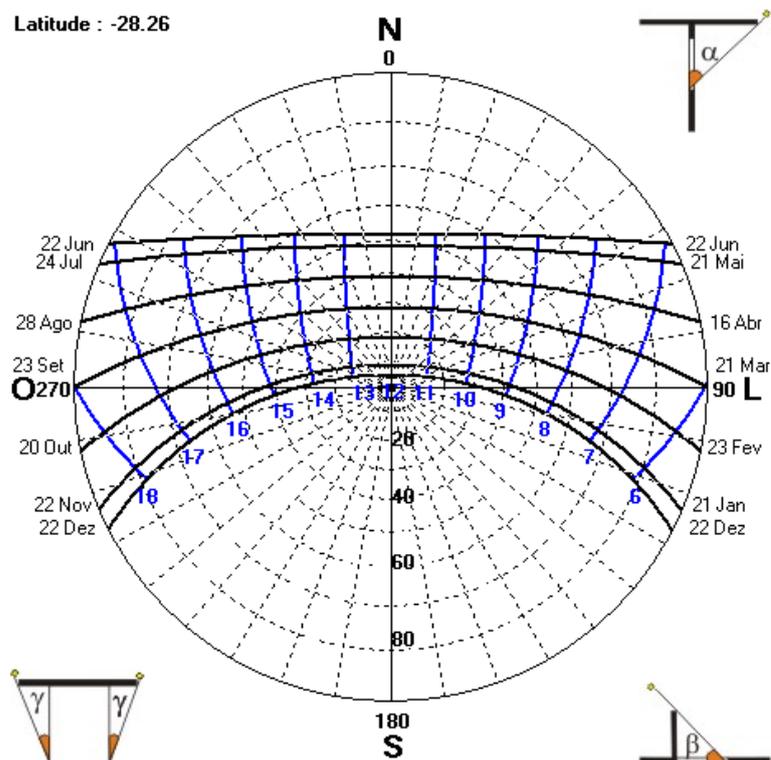
Figura 21 – Gráfico da Rosa dos Ventos (dia) de Passo Fundo



Fonte: INMET, 2016

Na Figura 23 é possível visualizar a Carta Solar de acordo com a latitude da área em estudo, a qual representa a projeção das trajetórias solares ao longo da abóbada celeste durante o ano todo. Nota-se que nos meses de novembro a janeiro há a maior insolação na área, próximo ao solstício de verão. Nos meses de maio, junho e julho, no solstício de inverno, a área recebe menos horas de insolação.

Figura 22 - Carta Solar da área em estudo



A partir da análise do mapa de insolação, juntamente com as imagens aéreas feitas nos horários das coletas de dados (09:00h e 16:00h), visualizadas na Figura 23 e Figura 24, pode-se observar o sombreamento causado pelas edificações. Esse sombreamento é mais visível nos pontos 3 e 4, onde não há presença de vegetação e o sombreamento é causado pela altura das edificações.

No ponto 1, mesmo com vegetação em toda a sua extensão, esta não chega a sombrear as edificações do seu entorno, fato que se dá pela ampla largura das vias de circulação de veículos. Como já citado anteriormente, pode-se comprovar pela imagem que no período da manhã, por conta do desnível e altura das edificações, há um maior sombreamento na via que não é visto pela parte da tarde.

Nos pontos 5 e 6, a presença de vegetação não influencia no sombreamento direto das edificações do seu entorno, isso deve-se pelo porte da vegetação e altura

das construções existentes. No período da tarde, há o sombreamento do passeio público da Rua General Neto por conta da altura dos edifícios.

Figura 23 - Imagem aérea da área no horário das 09:00h



Fonte: autora, 2021

Figura 24 - Imagem aérea da área no horário das 16:00h



Fonte: autora, 2021

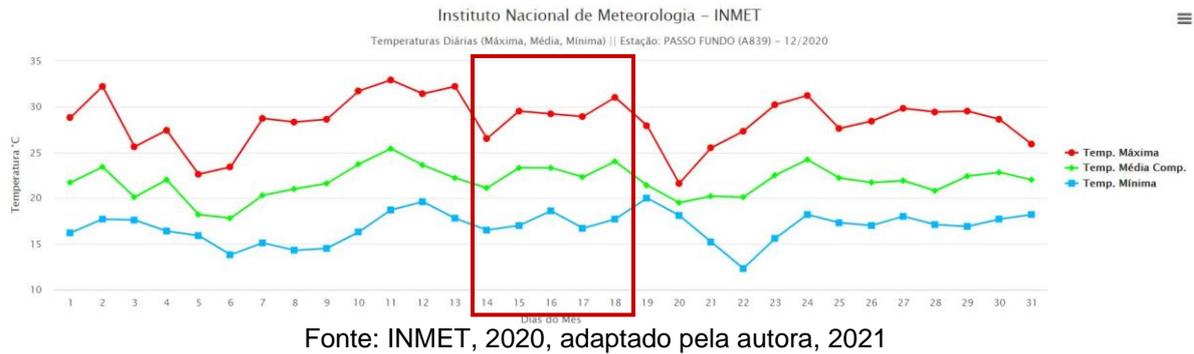
A partir da análise dos mapas e das imagens aéreas realizadas, pode-se fazer um estudo mais aprofundado em cada, apresentando algumas características particulares de cada área.

4.2 Análise do fenômeno de Ilhas de Calor Urbano

Os valores apresentados a seguir apresentam os dados de temperatura e umidade coletados nos pontos já especificados. Para análise, foram levados em consideração os resultados coletados na estação meteorológica fixa, localizada na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, nos mesmos dias de coleta com os sensores móveis.

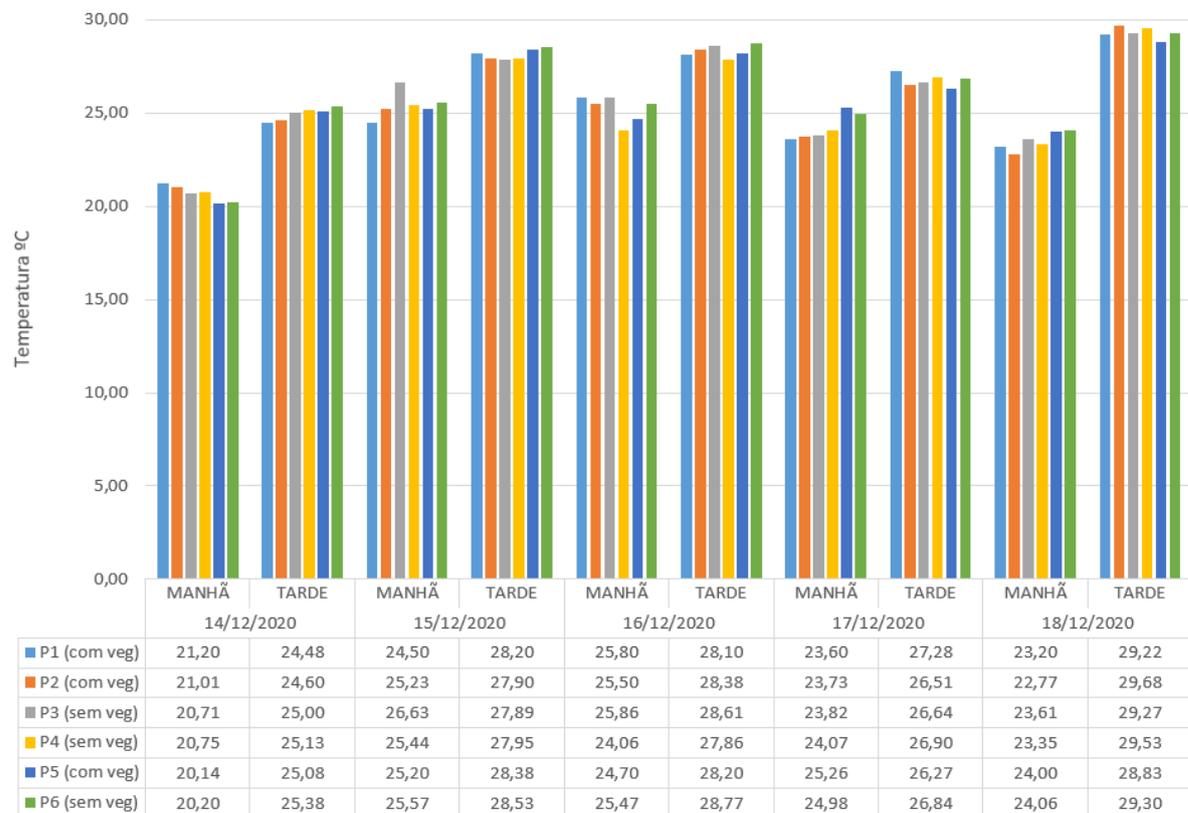
A Figura 25 mostra as médias de temperatura diárias do mês de dezembro de 2020 com destaque para os dias de coleta do trabalho em estudo. Nota-se que as médias ficaram entre 21,1 °C e 24°C.

Figura 25 - Temperaturas diárias segundo o INMET



A Figura 26 mostra as médias de temperatura levantadas pelo sensor em cada ponto de estudo nos períodos da manhã e tarde no período de 14 a 18 de dezembro de 2020. Nota-se que em todos os pontos, a temperatura da manhã ficou menor que a temperatura no turno da tarde. As maiores médias de temperatura foram nos dias 15, 16 e 18 no turno da tarde e as menores médias foram no dia 14 de dezembro no turno da manhã.

Figura 26 - Temperatura média coletadas pelo sensor

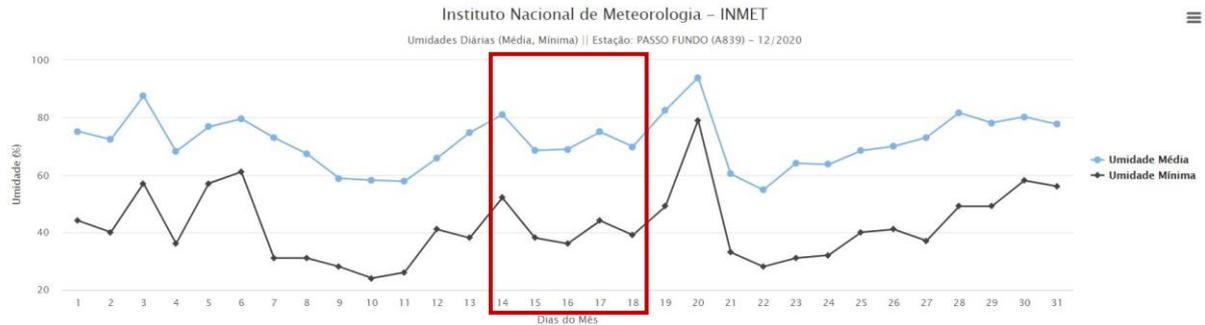


Fonte: autora, 2021

Os dados da média de umidade relativa do ar (Figura 27) levantados pelo sensor fixo do INMET mostram que os valores ficaram entre 68,5% e 80,9% nos dias

analisados. Tendo uma diferença de 12,4% entre os dias. Os valores mínimos de umidade relativa do ar ficaram entre 36% e 52%.

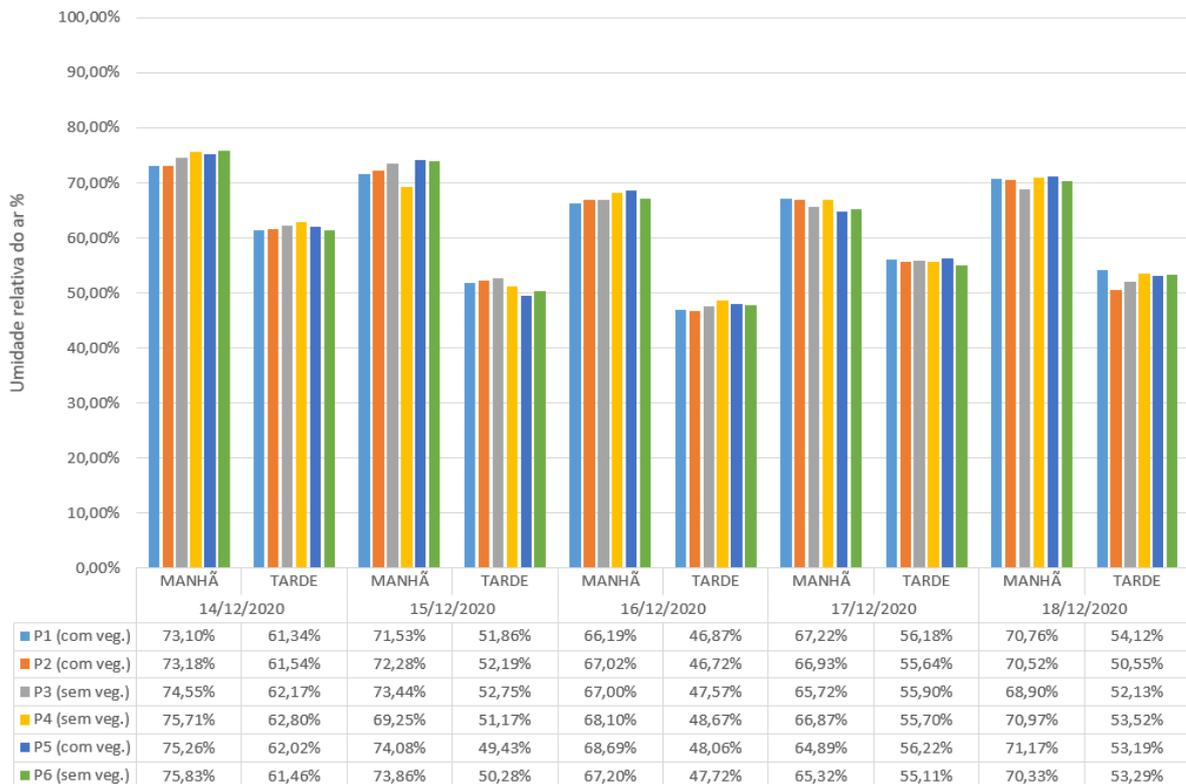
Figura 27 - Umidade relativa do ars diárias segundo o INMET



Fonte: INMET, 2020, adaptado pela autora, 2021

Na Figura 28 é possível visualizar os dados das médias de umidade relativa do ar em cada ponto de estudo nos períodos da manhã e tarde. Nota-se que as menores médias de umidade relativa do ar foram no turno da tarde, correspondendo às médias de temperatura no mesmo período, uma vez que a variação de ambas são valores inversamente proporcionais. O dia 14 de dezembro destaca-se por ter as maiores médias de umidade, entre 73,1% e 75,8%, igualmente nos dados do INMET os quais a umidade no mesmo dia obteve a maior média, com 80,9%.

Figura 28 - Umidade relativa do ar média coletadas pelo sensor



Fonte: autora, 2021

Mascaró e Mascaró (2015), observaram em Porto Alegre que a presença de árvores provoca um aumento da umidade relativa do ar. A medição *in loco* em dois recintos arborizados como a praça Bozano e a Rua Duque de Caxias mostrou que a umidade relativa do ar manteve a média de 65%. Já em um recinto sem a presença de vegetação como na Rua Sete de Setembro, a umidade manteve-se entre 25% e 50%.

Entretanto, neste estudo, percebe-se que não há notáveis diferenças de umidade relativa do ar quando comparados os pontos entre si. A diferença é perceptível entre os turnos de cada ponto, no qual o turno da tarde ficou com as menores médias de umidade relativa do ar. Com isso, pode-se considerar essa diferença por conta do sombreamento dos prédios e a vegetação existente.

A Tabela 4 apresenta o resultado estatístico do estudo. Quando comparado o valor coletado pelo sensor com o valor na estação do INMET, os resultados evidenciaram que há diferença significativa entre eles, com $p < 0,05$.

Tabela 4 - Análise, segundo os medidores, da temperatura e umidade de ilhas de calor na cidade de Passo Fundo/RS a partir de dados coletados de medidores automatizados (Sensor e INMET) no período de 14 a 18 de dezembro/20.

	Turno	Medidores	N	Li	Ls	Média	Desvio padrão	Mediana	p-valor*
Temperatura (°C)	Manhã	Sensor	300	20,00	26,80	23,81	1,82	24,00	0,000
		INMET	300	17,95	20,10	19,16	0,71	19,30	
	Tarde	Sensor	300	24,20	29,80	27,49	1,55	28,10	0,000
		INMET	300	24,95	28,40	27,04	1,31	27,25	
Umidade (%)	Manhã	Sensor	300	65,00	77,00	70,24	3,36	70,25	0,000
		INMET	300	86,00	98,00	89,75	4,25	89,00	
	Tarde	Sensor	300	46,00	73,00	53,98	4,97	53,00	0,000
		INMET	300	49,00	60,00	56,20	4,22	58,00	

* Teste Mann-whitney, significativo para $p < 0,05$; Li=Limite inferior; Ls=Limite superior.
Fonte: autora, 2021

Como as Ilhas de Calor Urbano se caracterizam pela diferença de temperatura entre a zona urbana e rural e a estação do INMET se localiza fora do adensamento da área urbana, em uma área de campo aberto e sem a influência de edificações, pode-se constatar o fenômeno ocorreu e/ou ocorre na área em estudo.

Observa-se que a diferença entre a menor e a maior temperatura registrada entre os dados do sensor e da estação do INMET foi de 8,33 °C, sendo considerada de muito forte magnitude de acordo com Garcia (1996).

Os resultados encontrados foram similares a outros estudos da área. Amorim (2010) em sua pesquisa na cidade de Presidente Prudente, médio porte, com cerca de 200.000 habitantes, observou as maiores diferenças térmicas intraurbana nos bairros densamente construídos, em comparação ao ambiente rural do entorno e nos bairros com menor densidade de construções. Foram observadas Ilhas de Calor Urbano de forte e muito forte magnitude, com diferenças entre o ponto mais quente e o ponto mais frio de 4,8°C e 7°C.

Assim como em estudos de Ribeiro et al (2019) observaram a correlação direta entre fatores como verticalização, densidade demográfica e habitacional, circulação de veículos, morfologia do terreno e das construções e cobertura vegetal arbórea com a variação espacial da temperatura e da umidade relativa do ar, levando à formação de Ilhas de Calor Urbano de forte o muito forte intensidade.

Santos et al. (2012) concluíram que o nível de conforto térmico é influenciado principalmente pelas condições microclimáticas, de acordo com a morfologia de um local específico. Ao mesmo tempo que a intensidade da Ilha de Calor Urbana é mais influenciada pelas macroclimáticas conjugadas com os fatores locais, determinadas pelo conjunto de fatores da área urbana e rural.

4.3 Análise do Ponto 1

A Avenida Brasil Centro (Figura 29a) é caracterizada pelo alto fluxo de veículos e inúmeros pontos comerciais, sendo uma das principais avenidas da cidade. É um eixo de transporte público, com várias paradas de ônibus ao longo da sua extensão. A via tem pavimentação asfáltica nas faixas de rolamento e concreto nas paradas de ônibus, com estacionamento de ambos os lados em grande parte de sua extensão. Os passeios públicos geralmente são pavimentados com pedra basalto, sem vegetação.

A Avenida Brasil possui canteiro central (Figura 29b) com vegetação de grande e médio porte, além de vegetações rasteiras. Segundo Benetti (2013), a densidade da

cobertura vegetal nessa área é considerada baixa, pois possui menos de 50% da área com vegetação. É uma área utilizada principalmente para trânsito de pedestres.

Esse canteiro é abrangido por passeio público com pavimentação de basalto. As edificações são de dois pavimentos ou mais, de uso misto (residencial e comercial), possuindo passeio público em toda a extensão.

Figura 29 - Avenida Brasil Centro (a) e canteiro central (b), respectivamente



Fonte: autora, 2020

A Rua General Neto (Figura 30) possui as mesmas características que a Av. Brasil Centro, com pavimentação asfáltica, calçadas com pedra basalto sem vegetação, edificações em altura de uso misto e canteiro central com vegetação de grande e médio porte.

Figura 30 - Rua General Neto



Fonte: autora, 2020

Os dados coletados no local apresentados na Figura 31, mostram a variação de temperatura nos dias de coleta com o sensor móvel nos pontos e dos dados da estação fixa do INMET. A menor temperatura registrada pelo sensor foi 21,2 °C na

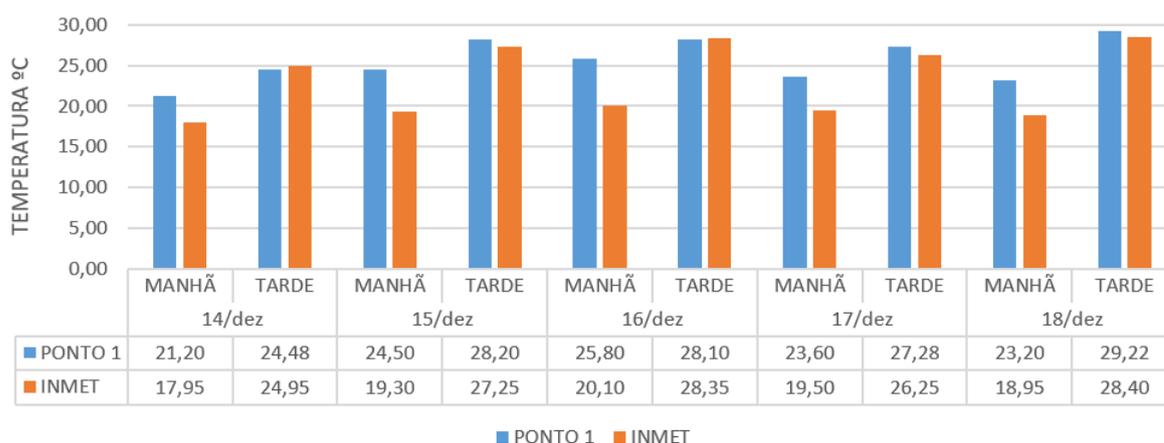
manhã do dia 14/12/2020 e a maior temperatura foi de 29,22°C no turno da tarde do dia 18/12/2020. A amplitude térmica da semana foi de 8,02°C.

A diferença de temperatura entre os dados coletados no turno da manhã foi de 4,6 °C e de 4,74 °C no turno da tarde. Essa diferença entre os turnos pode ser compreendida pelo aquecimento dos materiais de seu entorno ao longo do dia, principalmente por ser uma área com uma grande área pavimentada com asfalto. Além disso, por conta da topografia, altura das edificações, orientação solar e vegetação, no período da manhã a área é mais sombreada, sofrendo menos com a incidência solar direta nos materiais (ver Figura 24).

A menor temperatura pode ser explicada por conta da precipitação no dia 13/12/2020. Esse fenômeno pode influenciar na temperatura uma vez que há um maior resfriamento dos materiais de superfície. Além disso, a presença de vegetação também é um fator que influencia na temperatura quando há precipitação, já que a concentração de umidade da planta pode ficar elevada.

Em comparação aos dados da estação do INMET, a menor e a maior temperatura foram registradas nos mesmos dias que os dados do Ponto 1 (14 e 18/12/2020, respectivamente). A amplitude térmica registrada no INMET foi de 10,45 °C. A maior diferença de temperatura registrada entre a estação e o Ponto 1 foi de 5,70 °C na manhã do dia 16/12/2020.

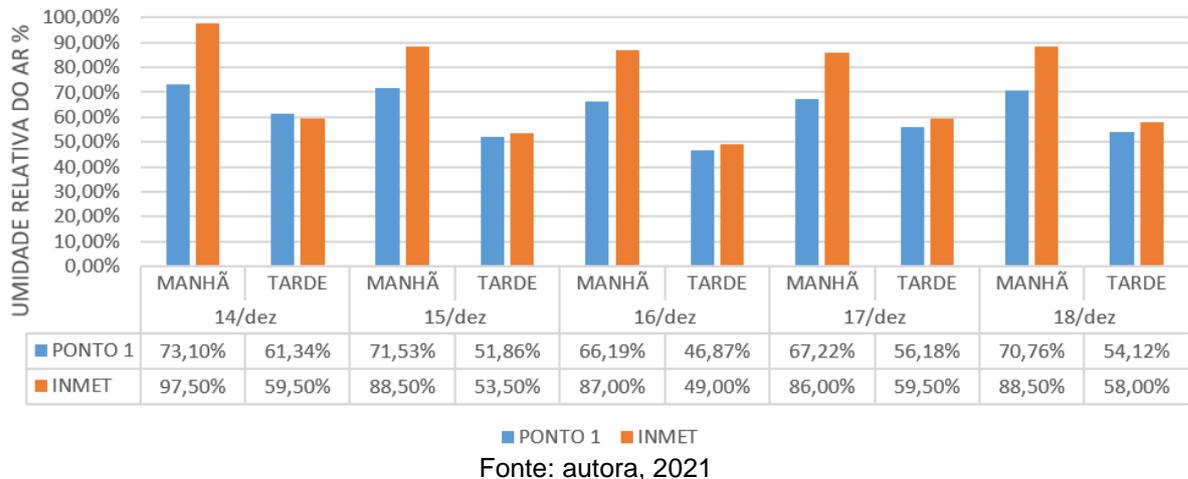
Figura 31 - Média das temperaturas (°C) no ponto 1 e na estação do INMET



Fonte: autora, 2021

Em relação à média da umidade relativa do ar, apresentada na Figura 32, o menor valor foi de 46,87% na tarde do dia 16/12/2020 e o maior valor foi de 73,10% na manhã do dia 14/12/2020. Este último pode ser explicado pela precipitação no dia 13/12/2020. A diferença de umidade no período analisado foi de 26,23%.

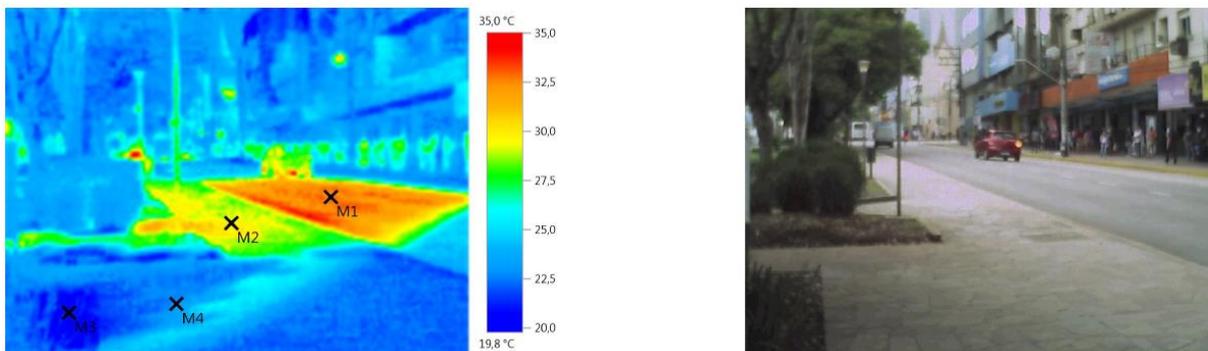
Figura 32 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 1 e na estação do INMET



A maior média de umidade relativa do ar obtida na estação do INMET foi de 97,5% no turno da manhã do dia 14/12/2020, sendo proporcional aos valores obtidos pelo sensor móvel no ponto 1. A menor média foi de 49% na tarde do dia 16/12/2020, igualmente proporcional a análise do ponto 1.

Com a imagem da Figura 33 é possível visualizar a diferença de temperatura dos materiais de pavimentação existentes no Ponto 1, como asfalto, basalto e vegetação.

Figura 33 - Imagem termográfica do Ponto 1 com a temperatura de contato dos materiais



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica	32,7
M2	Calçada em basalto no sol	29,4
M3	Vegetação rasteira	20,7
M4	Calçada em basalto na sombra	22,9

Fonte: autora, 2021

É importante destacar o ponto mais quente (M1) da imagem, com 32,7°C, sendo na pavimentação asfáltica; o M2 mostra a temperatura da calçada de basalto em pleno

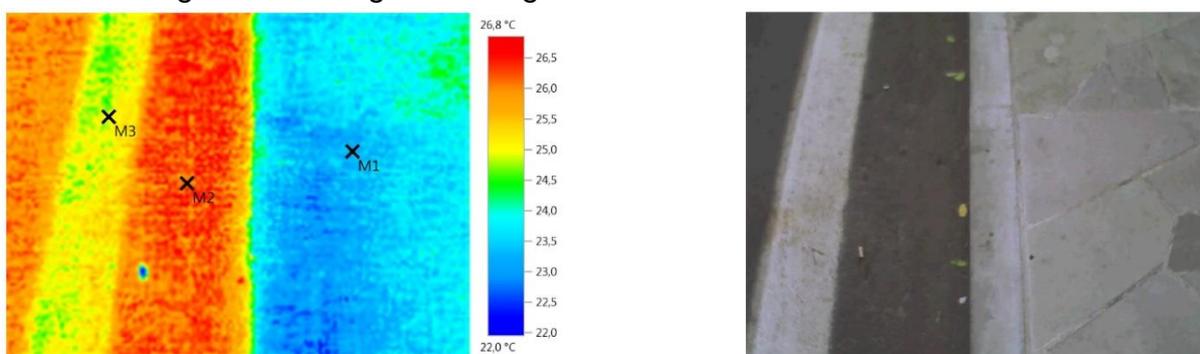
sol com 29,4°C; o M3 mostra a temperatura da vegetação rasteira existente no canteiro, com 20,7°C e o M4 mostra a calçada de basalto na sombra com a temperatura em 22,9°C. A diferença entre o ponto mais quente e o mais frio é de 12°C.

Os materiais que se destacam nesse ponto são a pavimentação asfáltica, com valor de albedo de 0,15, e a vegetação rasteira de grama com valor de albedo 0,25. Isso justifica que a temperatura junto à vegetação seja menor que a temperatura de contato do asfalto.

Na Figura 34 pode-se analisar a diferença de temperatura entre a pavimentação da calçada com basalto, o asfalto e a faixa de trânsito pintada com tinta branca sob o asfalto. A diferença de temperatura entre o ponto mais quente (M2) com asfalto e o ponto mais frio (M1) com basalto, é de 3,2°C. É importante destacar a diferença de 1,6°C entre o asfalto comum e o asfalto pintado com tinta branca.

Essa diferença ressalta que o uso de materiais com características refletantes ajudam na dissipação do calor, uma vez que a absorção é menor (GRAU, 2018). Além disso, é importante destacar a propriedade do albedo que influencia na diferença de temperatura, como da pintura clara que é de 0,70, bem maior que o do asfalto que é 0,15.

Figura 34 - Imagem termográfica de asfalto e basalto no Ponto 1



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Calçada em basalto	23,2
M2	Pav. asfáltica	26,4
M3	Sinalização horizontal	24,8

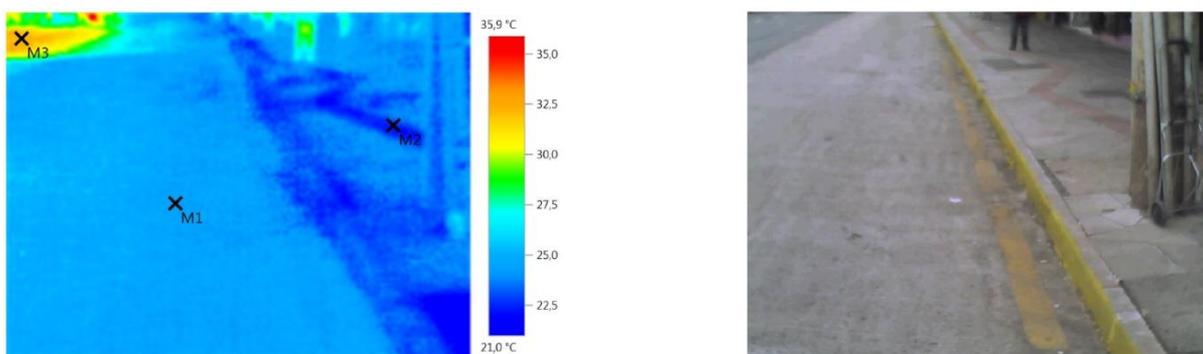
Fonte: autora, 2021

Souza *et al.* (2020), em suas pesquisas sobre a influência do albedo na temperatura de superfície de pavimento asfáltico urbano, através de medições com sensores e imagens termográficas, relatam que os resultados demonstraram que a diferença entre a refletância dos pavimentos foi de 7%, com uma variação entre 1 a

1,5°C da temperatura superficial do pavimento. Isso se deve a tonalidade, o envelhecimento da superfície e ao desgaste da tinta látex causado pela abrasão dos veículos.

Na Figura 35 observa-se a temperatura da pavimentação em concreto da parada de ônibus no Ponto M1 com 24,2 °C; da calçada em pedra basalto no ponto M2 com 22,5 °C e o asfalto no ponto M3 com 32,1 °C. A diferença entre a menor e a maior temperatura foi de 9,6 °C. O albedo do asfalto (0,15) é bem menor que o albedo do concreto claro (0,45), com isso, tem-se a validação dos resultados encontrados para a temperatura de contato, uma vez que com maiores valores de albedo, tem-se as menores temperaturas.

Figura 35 - Imagem termográfica de concreto, asfalto e basalto no Ponto 1



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. em concreto	24,2
M2	Calçada em basalto	22,5
M3	Pav. asfáltica	32,1

Fonte: autora, 2021

Nesse ponto pode-se destacar a presença de alguns exemplares da espécie *Jacaranda mimosifolia*, conhecido como Jacarandá Mimoso, com copa de até 10 metros, altura de 15 metros e folhas do tipo caducifólias (que caem nas estações mais frias do ano). Mascaró e Mascaró (2015) descrevem que essa espécie reduz de 2,3 a 5,5 °C a temperatura superficial das fachadas durante o verão. No estudo em questão, pode-se destacar a diferença de 6,5 °C entre a pavimentação de basalto em pleno sol e na sombra da vegetação.

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 1 foi de 19,37 para o ITU ou TE e 19,51 para o IDT. De acordo com o índice ITU a sensação térmica do local foi “ligeiramente

fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstrição” que seria a contração dos vasos sanguíneos pela diminuição da temperatura corporal, e pelo índice IDT o local se apresenta como “sem desconforto”.

4.4 Análise do Ponto 2

A Rua Morom (Figura 36) é uma via com pavimentação asfáltica, de mão única com uma faixa de rolamento, estacionamento paralelo em apenas um lado e estacionamento especial para carga e descarga no lado oposto. Tem alto fluxo de veículos durante o período da manhã e tarde e não possui tráfego de transporte público. A pavimentação das calçadas, em sua grande maioria, é com basalto e possui vegetação de grande e médio porte em ambos os lados. As edificações que se estendem ao longo da via são de uso misto (residencial e comercial) e em altura, tanto na Rua Morom quanto na Rua Capitão Eleutério.

Figura 36 - Rua Morom



Fonte: autora, 2021

A vegetação existente na Rua Morom está plantada junto ao alinhamento da calçada, sendo a área permeável apenas o espaço do plantio da árvore. Como já citado anteriormente no mapa de áreas verdes (Figura 19), essa área permeável não

foi considerada por seu tamanho ser insignificante em relação a toda área impermeável do seu entorno.

A Rua Capitão Eleutério (Figura 37) é uma via de mão única com uma faixa de rolamento, com pavimentação asfáltica e estacionamento em um lado da via. Não possui vegetação nas calçadas, estas sendo pavimentadas com basalto, nem canteiro central. As edificações são de uso residencial e comercial.

Figura 37 – Rua Capitão Eleutério



Fonte: autora, 2021

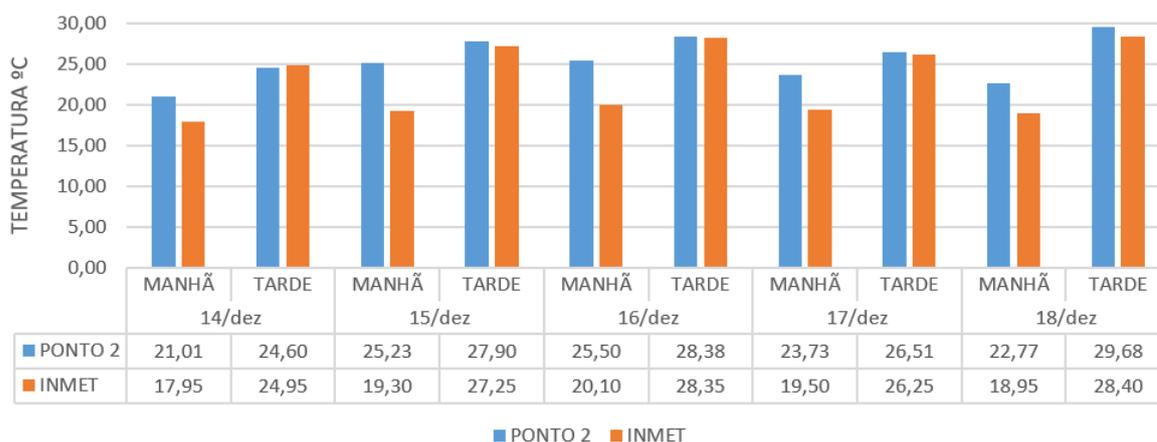
Na Figura 36 é visível o sombreamento que as edificações e as vegetações causam na rua Morom. Já na rua Capitão Eleutério, o sombreamento é causado em algumas áreas onde há edificações em altura.

Os valores apresentados na Figura 38 mostram as médias das temperaturas no ponto 2, onde podemos destacar a menor temperatura registrada no dia 14/12/2020 no turno da manhã de 21,01°C e a maior temperatura no dia 18/12/2020 no turno da tarde com 29,68°C. A diferença de temperatura no turno da manhã foi de 4,49°C e no turno da tarde foi de 5,08°C e a amplitude térmica no período todo foi de 8,67°C.

Nos valores da estação do INMET, em relação a menor e maior temperatura registrada, seguem os mesmos valores para todos os pontos, uma vez que são dados fixos de comparação. A maior diferença de temperatura entre a estação e o ponto 2 foi de 5,93°C no turno da manhã do dia 15/12/2020.

Da mesma forma que o Ponto 1, os menores valores de temperatura são observados no período da manhã. Isso deve-se pelo sombreamento causado pelas edificações e vegetações existentes. Ao longo do dia, os materiais de pavimentação e fachadas se aquecem e, conseqüentemente, aquecem a temperatura do ambiente.

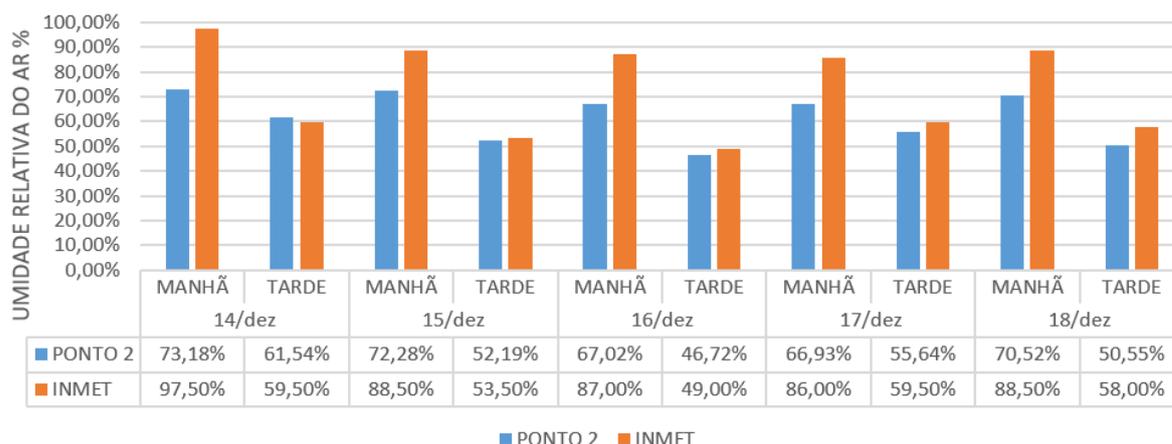
Figura 38 - Média das temperaturas (°C) no ponto 2 e na estação do INMET



Fonte: autora, 2021

Em relação aos valores de umidade relativa do ar no Ponto 2, apresentadas na Figura 39, destaca-se a maior média com 73,18% no turno da manhã do dia 14/12/2020 e a menor média com 46,72% no turno da tarde do dia 16/12/2020. A diferença entre os dois valores foi de 26,46%.

Figura 39 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 2 e na estação do INMET

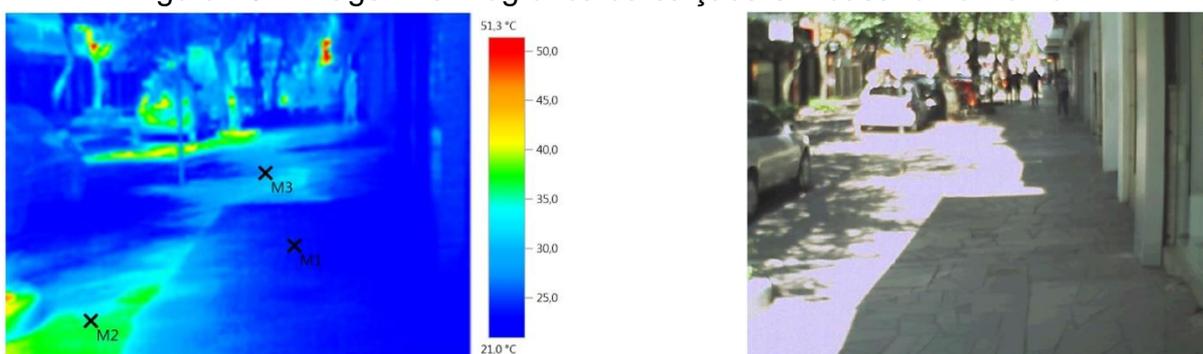


Fonte: autora, 2021

Na estação do INMET, a maior e a menor média são iguais ao Ponto 1. Sobre as diferenças entre a estação fixa e o Ponto 2, tem-se a maior amplitude no dia 14/12/2020 no turno da manhã com 24,32%.

Na Figura 40, observa-se a diferença de temperatura entre a área da calçada com sombreamento e em pleno sol. No ponto M1 registrou-se 23,6 °C com a calçada na sombra das edificações; no ponto M2, registrou-se 35,7 °C na calçada em pleno e no ponto M3, levemente sombreada pela vegetação, foi registrado na calçada uma temperatura de 28,8 °C. A diferença entre a menor e a maior temperatura foi de 12,1 °C.

Figura 40 - Imagem termográfica da calçada em basalto no Ponto 2



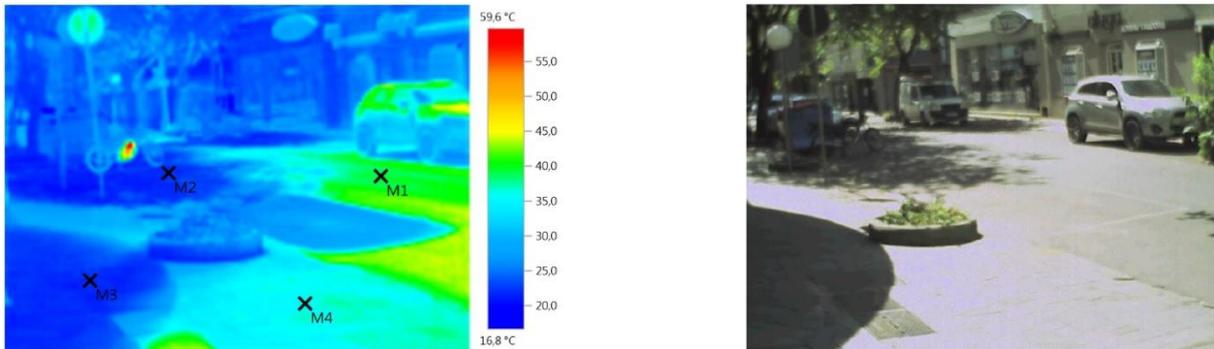
Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Calçada na sombra das edificações	23,6
M2	Calçada em pleno sol	35,7
M3	Calçada na sombra da vegetação	28,8

Fonte: autora, 2021

Na Figura 41, pode-se observar a diferença entre a temperatura do asfalto e da calçada com basalto, em pleno sol e com sombreamento. O ponto M1 indica a temperatura do asfalto em pleno sol, registrando 39,2 °C; o ponto M2, 22,2 °C, mostra a temperatura do asfalto com sombra da vegetação existente; o ponto M3 localiza-se na área sombreada da calçada, registrando 21,6 °C e o ponto M4 indica a temperatura da calça em pleno sol, com 34,9 °C.

Os valores de temperatura podem ser explicados pelos valores de albedo de cada material. A pavimentação asfáltica é de 0,15 e a do basalto é 0,23, o que permite afirmar que o asfalto é mais quente que o basalto principalmente por ter essa característica.

Figura 41 - Imagem termográfica do Ponto 2



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica em pleno sol	39,2
M2	Pav. asfáltica na sombra da vegetação	22,2
M3	Calçada na sombra das edificações	21,6
M4	Calçada em pleno sol	34,9

Fonte: autora, 2021

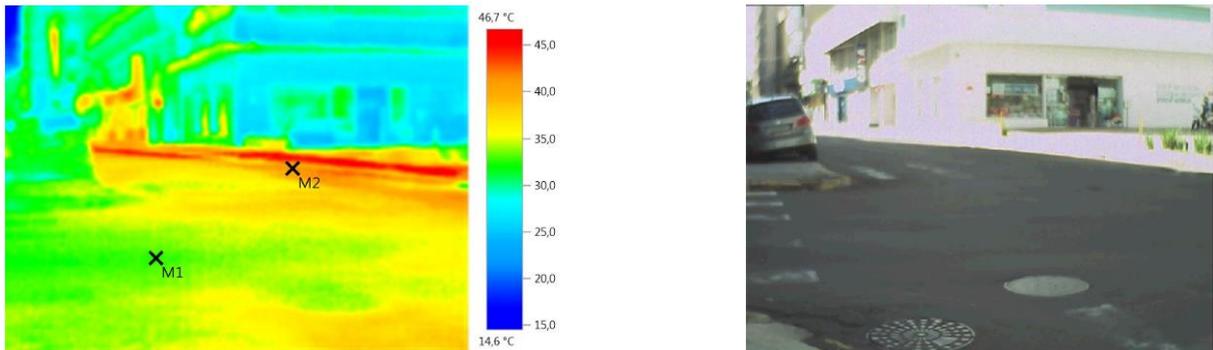
Nesse ponto, na rua Morom, há a presença de diversos exemplares da espécie *Bauhinia blakeana*, conhecida como Pata-de-vaca, com 6 metros de copa e 10 metros de altura, sendo uma espécie perene e semi-permanente – que não perde totalmente as suas folhas no inverno. Na Figura 42 é possível visualizar uma diferença de 17°C na temperatura de contato entre a área sombreada pela vegetação no asfalto e na área em pleno sol.

Favretto (2011) encontrou diferenças entre 1,3 e 3,7 °C na temperatura do ar ao utilizar essa espécie. Entretanto, nesse caso, a vegetação auxilia na diminuição da temperatura de contato dos materiais, como o asfalto, uma vez que a configuração espacial da área armazena mais calor do que a vegetação consegue absorver, o que mantém o ambiente todo quente e similar aos pontos sem vegetação.

Bartholomei (2003) explica que se deve, sempre observar as características das espécies, pois copas densas e baixas dificultam a circulação do vento e fazem com que o calor fique retido nesses locais, podendo não permitir que níveis ideais de conforto sejam alcançados. Isso pode ser observado no Ponto 2, uma vez que a morfologia do ambiente, com edificações em altura, largura de via menor e copas mais baixas, fazem com que a temperatura se assemelhe aos pontos sem vegetação. Além disso, a predominância da direção do vento é NE, ficando contra à posição da Rua Morom e, com as edificações existentes, torna-se um obstáculo para o vento.

Na Figura 42, percebe-se a temperatura no ponto 2 no turno da tarde, onde há sombreamento na pavimentação asfáltica causado pelas edificações do entorno. No ponto M1 registrou-se 32,5 °C no pavimento asfáltico na sombra e no ponto M2 registrou-se 41,9 °C no mesmo pavimento, porém, com a incidência solar direta. A diferença entre os pontos é de 9,4 °C.

Figura 42 - Imagem termográfica no Ponto 2 no turno da tarde



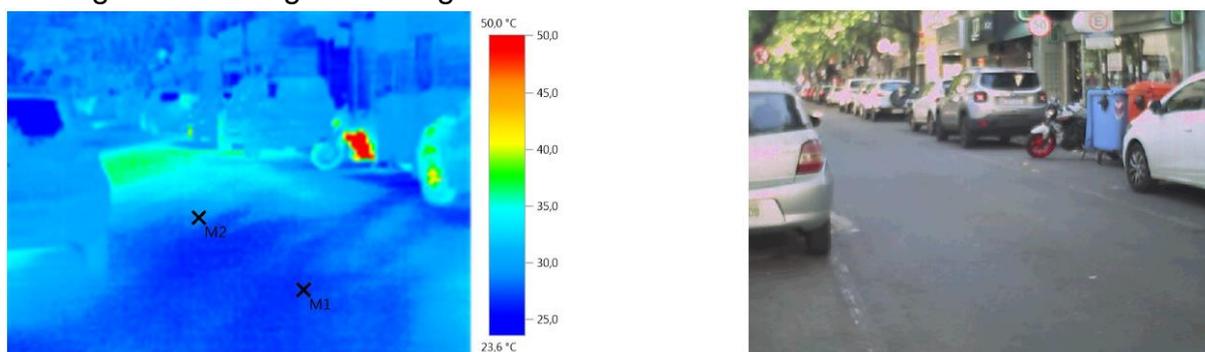
Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica na sombra	32,5
M2	Pav. asfáltica em pleno sol	41,9

Fonte: autora, 2021

Na Figura 43 foi registrada a temperatura da pavimentação asfáltica na esquina da rua Morom com a rua Capitão Eleutério no turno da tarde onde há um sombreamento por conta das edificações do entorno. Pode-se observar que as temperaturas em destaque ficaram entre 27,0 °C e 28,7 °C. Já na Figura 42, registrou-se a temperatura de 39,2 °C no turno da manhã com som pleno no mesmo ponto. A diferença de temperatura foi de 12,2 °C entre os turnos na pavimentação asfáltica.

Essa diferença de temperatura entre os turnos, pode explicar a maior média da temperatura do ar no turno da tarde, uma vez que o calor do asfalto começou a se dissipar para a atmosfera.

Figura 43 - Imagem termográfica da rua Morom no Ponto 2 no turno da tarde



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Ponto de medição 1	27,0
M2	Ponto de medição 2	28,7

Fonte: autora, 2021

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 2 foi de 19,36 para o ITU ou TE, considerando a sensação térmica do local como “ligeiramente fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstrição”. Para o índice IDT, o valor foi de 19,50 considerado “sem desconforto”

4.5 Análise do Ponto 3

A Rua Bento Gonçalves (Figura 44) é uma ampla via de mão única com duas faixas de rolamento e estacionamento paralelo em ambos os lados. A pavimentação é asfáltica e as calçadas, em sua maioria, com basalto. É uma via com alto fluxo de veículos, com trânsito de transporte público. Não possui canteiro central e há apenas uma vegetação isolada em todo o percurso em análise, portanto, a mesma não interfere no sombreamento da rua.

Possui edificações mistas, de uso comercial e residencial, em altura. A densidade de edificação é visível na Figura 44 no trecho da coleta dos dados. Essa densidade e grandes alturas causam sombreamento em toda a via na parte da tarde.

Figura 44 - Rua Bento Gonçalves



Fonte: autora, 2020

A Rua General Osório (Figura 45) que cruza com a Rua Bento Gonçalves é uma via de mão dupla, com três faixas de rolamento, pavimentada com asfalto. Possui estacionamento em ambos os lados da via e passeio público sem vegetação. As edificações são em altura, com uso misto (residencial e comercial).

Figura 45 - General Osório



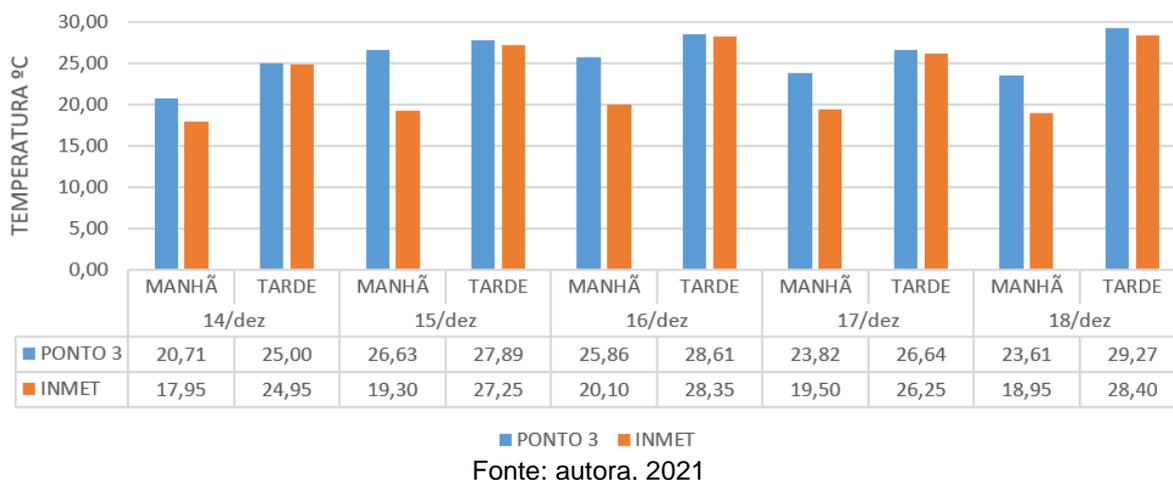
Fonte: autora, 2020

Nesse ponto, é visível o desnível em relação a Rua Bento Gonçalves, já visualizado no mapa das curvas de nível (Figura 20). Esse desnível, em conjunto com as edificações em altura, interfere no sombreamento da via.

Os dados coletados nesse Ponto (Figura 46) demonstram que a menor média de temperatura foi de 20,71 °C no período da manhã do dia 14/12/2020 e a maior média foi de 29,17 °C no turno da tarde do dia 18/12/2020. As características dessa área são a inexistência de vegetação e em local ensolarado. Nota-se que a diferença de temperatura entre os dados do sensor em comparação aos dados da estação do INMET foi considerável no turno da manhã. Essa diferença alcançou valores entre

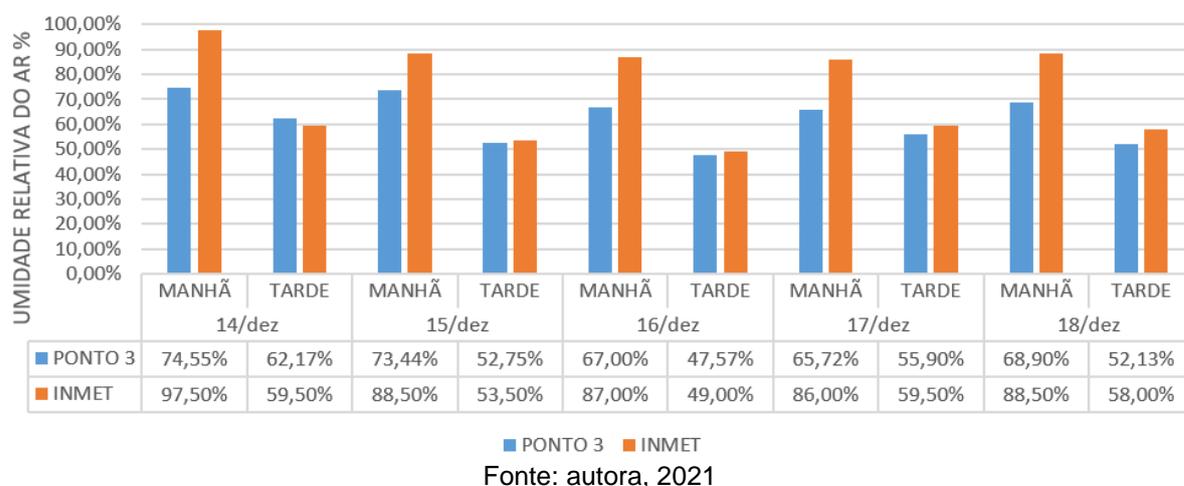
2,76°C e 7,33°C, este último foi no turno da manhã no dia 15/12/2020. A amplitude térmica nesse ponto foi de 8,56 °C.

Figura 46 - Média das temperaturas (°C) no ponto 3 e na estação do INMET



A média da umidade relativa do ar no período analisado, descritas na Figura 47, tem como destaque o valor de maior média no dia 14/12/2020 no turno da manhã com 74,55% e a menor média no turno da tarde do dia 16/12/2020 com 47,57%. A diferença entre a maior e a menor média é de 26,98%. Como a umidade e a temperatura são duas grandezas inversamente proporcionais, tem-se a comprovação disto quando se visualiza o gráfico de temperatura em comparação com o gráfico de umidade relativa do ar, o qual no turno da manhã com as menores temperaturas é o turno com as maiores médias de umidade relativa do ar.

Figura 47 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 3 e na estação do INMET



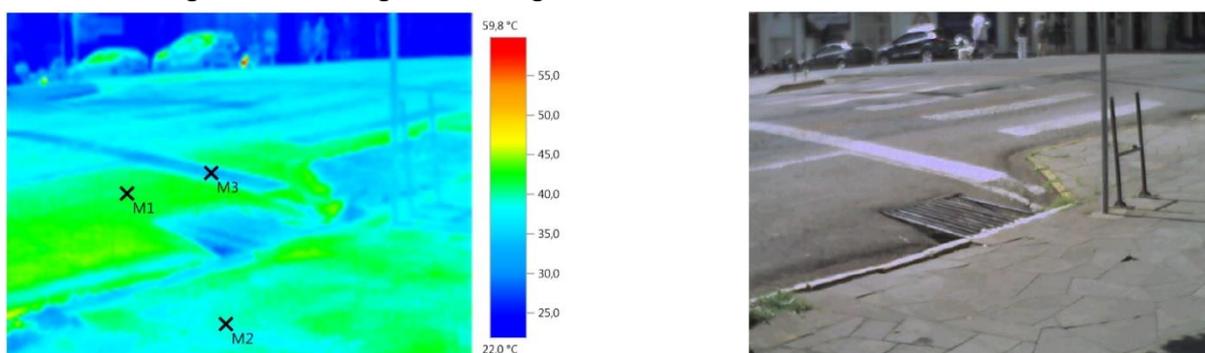
Na estação do INMET, a maior e a menor média são iguais ao Ponto 1 e no Ponto 2. Sobre as diferenças entre a estação fixa e o Ponto 3, tem-se a maior

amplitude no dia 14/12/2020 no turno da manhã com 22,95%. Em relação à média do período analisado, o valor para a coleta com o sensor no Ponto 3 foi de 62,01% e na estação fixa foi de 72,7%, uma diferença de 10,69%.

Na Figura 48, observa-se a temperatura da pavimentação asfáltica e da pavimentação em basalto da calçada retratadas no turno da manhã. O ponto M1, com 40,8 °C, foi registrado no asfalto a pleno sol; o ponto M2 com 38,9 °C foi registrado na calçada em basalto e o ponto M3 foi registrado na pintura da faixa de segurança sobre o asfalto, com 33,3 °C.

Este último ponto destacado, como já citado anteriormente, mostra a diferença de temperatura quando se aplica alguma pintura reflectante sobre um pavimento, permitindo um menor aquecimento. A diferença entre a temperatura do asfalto comum com o asfalto com tinta refletante foi de 7,5 °C. Essa diferença também pode ser explicada pelos valores de albedo da pintura clara (0,70) e do asfalto (0,15).

Figura 48 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da manhã

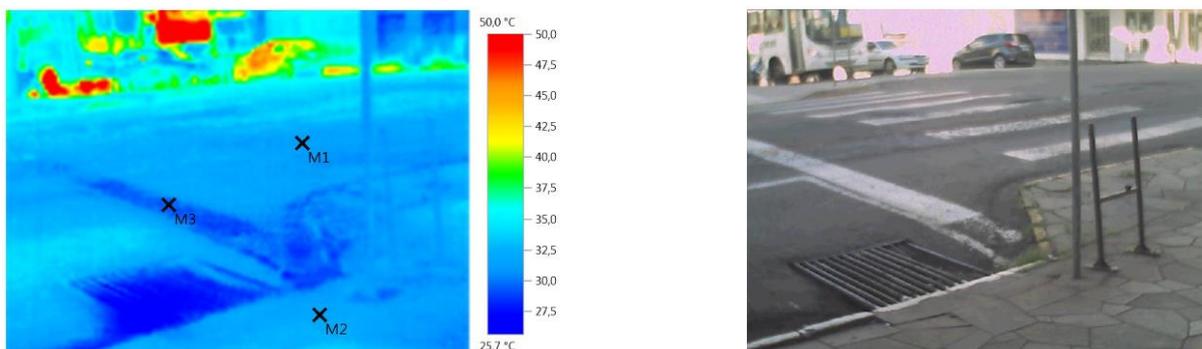


Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica em pleno sol	40,8
M2	Basalto em pleno sol	38,9
M3	Sinalização horizontal	33,3

Fonte: autora, 2021

Na Figura 49, observa-se a mesma área registrada na Figura 48, porém, no turno da tarde com sombreamento causado pelas edificações do entorno. Nota-se que o asfalto resfriou de forma mais rápida que a pavimentação da calçada. No turno da manhã, a pavimentação asfáltica foi de 40,8 °C para 31,7 °C no turno da e a pavimentação em basalto da calçada foi de 38,9 °C no turno da manhã para 31,9 °C no turno da tarde. O ponto M3 registrou a temperatura da pintura sobre o asfalto, com 29,7 °C, também resfriando de forma gradual.

Figura 49 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da tarde

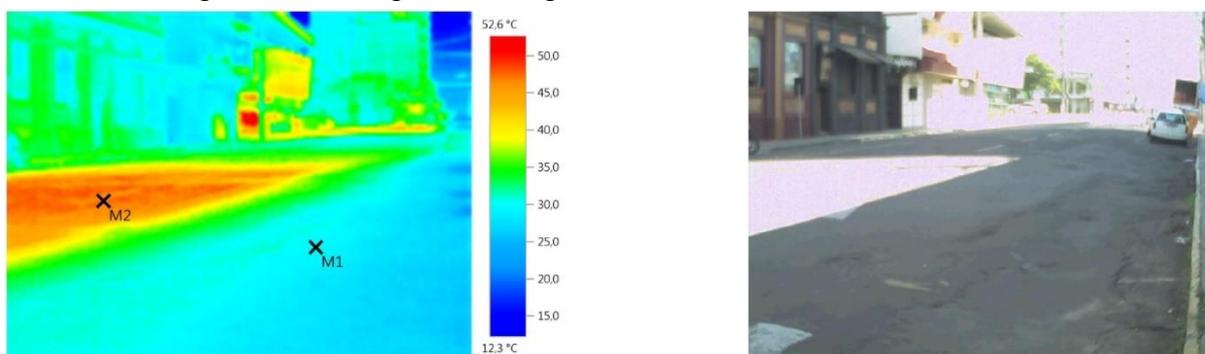


Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica	31,7
M2	Calçada em basalto	31,9
M3	Sinalização horizontal	29,7

Fonte: autora, 2021

A Figura 50 mostra a temperatura registrada na pavimentação asfáltica com sombreamento das edificações (M1) e em pleno sol (M2). Nota-se que a diferença foi de 17,9 °C entre as duas temperaturas registradas.

Figura 50 - Imagem termográfica no Ponto 3 no turno da tarde

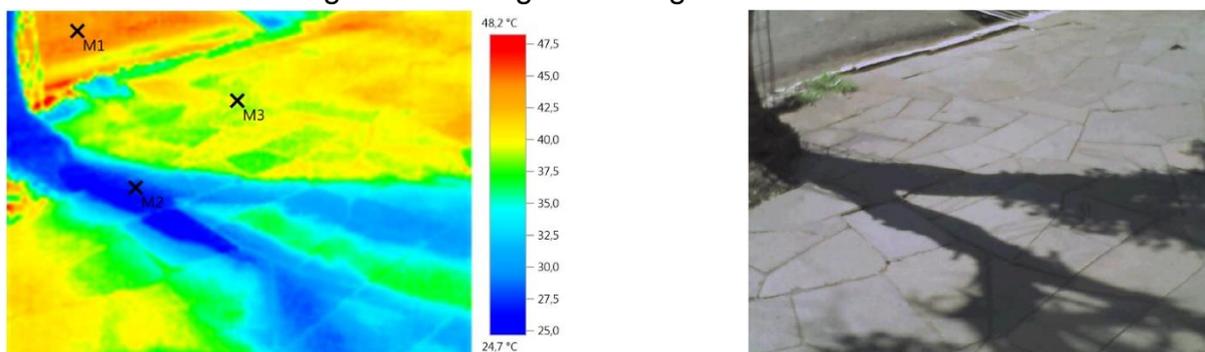


Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica na sombra	29,6
M2	Pav. asfáltica em pleno sol	47,5

Fonte: autora, 2021

Como já citado anteriormente, o Ponto 3 é caracterizado por ser uma área ensolarada e sem vegetação em toda a sua extensão, há apenas uma vegetação isolada plantada junto à calçada. Na Figura 51, observa-se a temperatura da pavimentação asfáltica em pleno sol no ponto M1 com 43,8 °C; a pavimentação da calçada com a sombra da única espécie arbórea no ponto M2 com 27,1 °C e a mesma pavimentação em pleno sol no ponto M3 com 39,4 °C.

Figura 51 - Imagem termográfica no Ponto 3



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica em pleno sol	43,8
M2	Basalto com sombra da vegetação	27,1
M3	Basalto em pleno sol	39,4

Fonte: autora, 2021

Nesse ponto, há apenas uma árvore da espécie *Tibouchina mutabilis*, conhecida como Manacá-da-serra, com 5 metros de copa, 12 metros de altura e folhas do tipo permanente. Nota-se a diferença de 12,3 °C entre a pavimentação da calçada em pleno sol e a calçada com a sombra da árvore. É interessante analisar que mesmo sendo uma espécie plantada de forma isolada, a temperatura do material é bem menor do que sem a espécie. Entretanto, essa vegetação não tem capacidade de forma isolada de reduzir a temperatura do local como um todo.

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 3 foi de 19,52 para o ITU ou TE, considerando a sensação térmica do local como “ligeiramente fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstricção”. Para o índice IDT, o valor foi de 19,63 considerado “sem desconforto”.

4.6 Análise do Ponto 4

A Rua Coronel Chicuta (Figura 52) é uma via com pavimentação asfáltica, de mão única com três faixas de rolamento e estacionamento em ambos os lados. É uma via com alto fluxo de veículos, com trânsito de transporte público. Possui calçadas com pavimentação de basalto, sem vegetação. As edificações são de uso misto (residencial e comercial), com diferentes alturas, variando desde edificações térreas até edificações em alturas.

Figura 52 - Rua Coronel Chicuta



Fonte: autora, 2020

A Rua Independência (Figura 53), no trecho em estudo, é uma ampla via de mão única com três faixas de rolamento e estacionamento em ambos os lados. Possui calçadas com pavimentação em basalto e asfalto na via de veículos. Não há vegetação em nenhum ponto da via, nesse trecho, nem canteiro central. As edificações são de uso residencial e comercial, térreas e em altura.

Figura 53 - Rua Independência



Fonte: autora, 2020

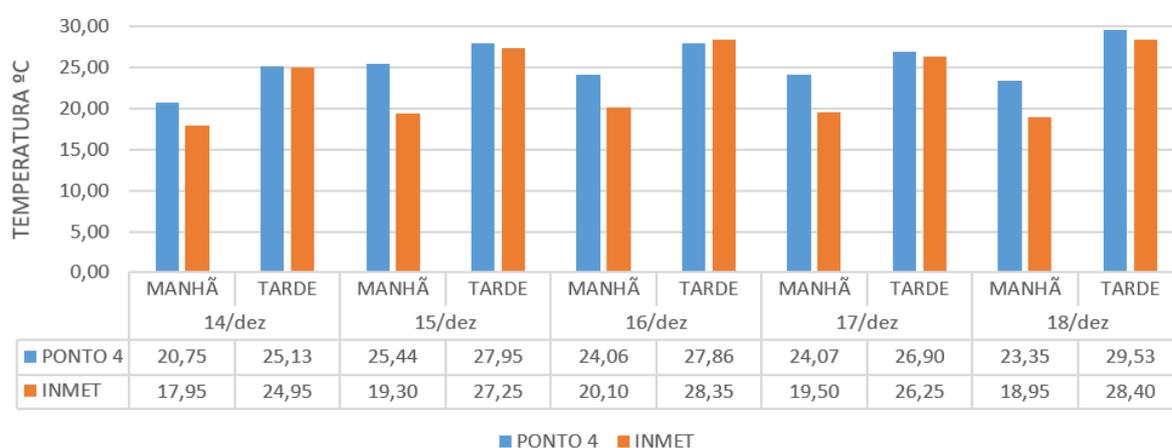
O sombreamento nesse ponto, por não haver vegetação, é causado pela altura das edificações. Pode ser melhor avaliado na imagem aérea da área nos horários de coleta (Figura 23 e Figura 24).

Na Figura 54 é possível visualizar as médias de temperatura, onde a maior média coletada foi de 29,53 °C no dia 18/12/2020 no turno da tarde e a menor média foi de 20,75 °C no dia 14/12/2020 no turno da manhã. As características desse ponto são

em local ensolarado e sem a presença de vegetação. A amplitude térmica nesse ponto, nos dias de coleta, foi de 8,78 °C.

Em relação a diferença entre os dados coletados com o sensor e os dados fornecidos pelo INMET, a maior diferença foi de 6,14 °C no turno da manhã do dia 15/12/2020. As médias máximas e mínimas, tanto no ponto coletado quanto da estação do INMET, foram datadas nos mesmos dias, no turno da tarde do dia 18/12/2020 e na manhã do dia 14/12/2020, respectivamente.

Figura 54 - Média das temperaturas (°C) no ponto 4 e na estação do INMET

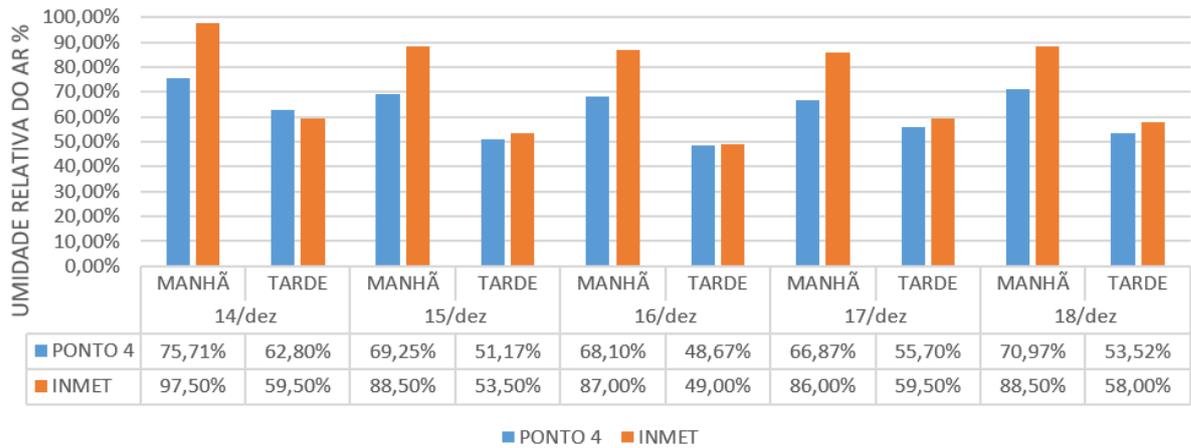


Fonte: autora, 2021

Na Figura 55, estão descritas as médias da umidade relativa do ar, as quais destaca-se como a maior média coletada no dia 14/12/2020 no turno da manhã com 75,71% e a menor média no turno da tarde do dia 16/12 com 48,67%. A diferença entre as duas foi de 27,04%. Da mesma forma que ocorreu nos pontos anteriores, a menor média de temperatura e a maior média de umidade relativa do ar foram no mesmo turno e dia, fato dado por serem grandezas inversamente proporcionais.

Em comparação aos dados da estação do INMET, a maior diferença encontrada foi de 21,79% no turno da manhã do dia 14/12/2020. Em relação à média total no período analisado, o valor encontrado pelo sensor foi de 62,28% e na estação do INMET foi de 72,7%, sendo a diferença de 10,42%.

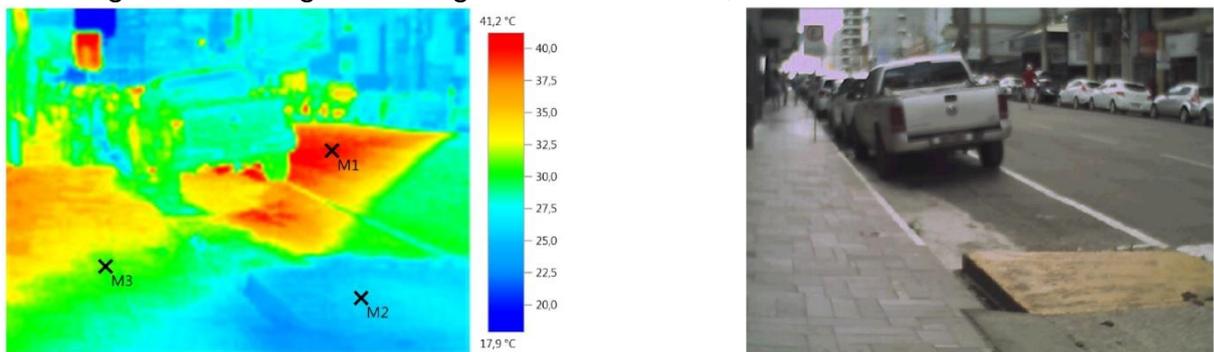
Figura 55 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 4 e na estação do INMET



Fonte: autora, 2021

Com a imagem da Figura 56 é possível visualizar a diferença de temperatura dos materiais de pavimentação existentes no Ponto 4, como o asfalto e calçada de basalto.

Figura 56 - Imagem termográfica de concreto, asfalto e basalto no Ponto 4



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica	40,0
M2	Pav. com concreto	25,7
M3	Calçada em basalto	31,0

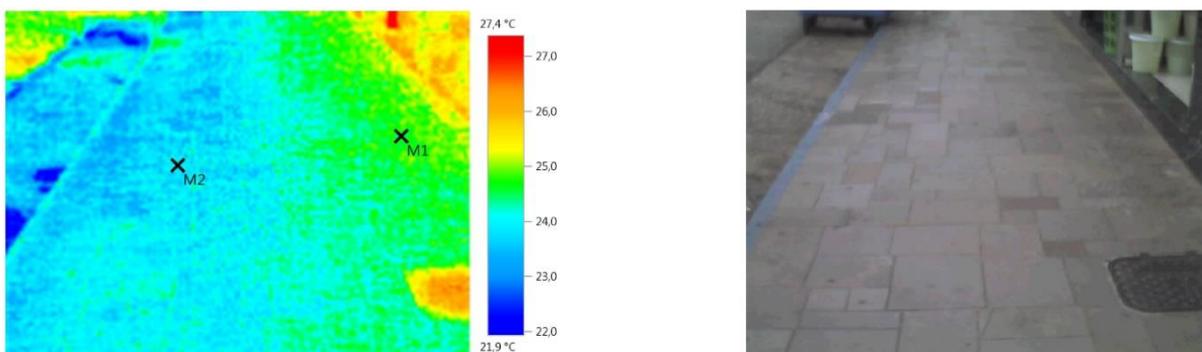
Fonte: autora, 2021

Na imagem pode-se destacar o ponto mais quente (M1) com 40,0 °C apresentando pavimentação asfáltica; o M2 representa a temperatura da calçada de basalto em pleno sol com 31,0 °C e o ponto de medição M3 com 25,7 °C mostra a rampa de acessibilidade feita em concreto. A diferença entre o ponto mais quente e o ponto mais frio é de 14,3 °C. Com isso, é visível a diferença entre as tipologias de pavimentação e como as mesmas influenciam na temperatura do entorno.

Na Figura 57, pode-se visualizar a influência da refletância das edificações na pavimentação. A diferença entre o ponto M1 e o ponto M2 pode ser considerada

irrelevante quando analisada no contexto inteiro do entorno, porém, quando analisada pontualmente é visível que quanto mais próximo das edificações, a temperatura da pavimentação é maior. Nesse caso, a diferença foi de 0,6 °C.

Figura 57 - Imagem termográfica da calçada com basalto no Ponto 4



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Ponto de medição 1	24,8
M2	Ponto de medição 2	24,2

Fonte: autora, 2021

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 4 foi de 19,34 para o ITU ou TE, considerando a sensação térmica do local como “ligeiramente fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstrição”. Para o índice IDT, o valor foi de 19,49 considerado “sem desconforto”.

4.7 Análise do Ponto 5 e do Ponto 6

A praça Marechal Floriano (Figura 58) foi inaugurada em 1943 e é considerada o coração da cidade, possuindo um monumento em formato de cuia em homenagem ao símbolo de Passo Fundo (MORAES, 2018; PMPF, 2019). Possui densa vegetação, com árvores de grande, médio e pequeno porte, além de vegetações rasteiras, plantadas em grandes maciços. Segundo Benetti (2013), a praça possui cobertura vegetal em cerca de 75% da área. A pavimentação das calçadas internas é com pedra portuguesa e no perímetro da praça é com pedra basalto, conforme Figura 59.

Figura 58 - Praça Marechal Floriano



Fonte: autora, 2019

Figura 59 - Pavimentação de pedra portuguesa (a) e basalto (b)



Fonte: autora, 2019

O contexto ao redor da praça é com edificações de uso residencial e comercial, com diversas edificações em altura, conforme Figura 60. O fluxo de veículos é intenso em todas as vias que contornam a praça, com paradas de ônibus, pontos de táxis e estacionamento.

Figura 60 - Vista das ruas que contornam a Praça Marechal Floriano

(a) Vista da Rua Independência



(b) Vista da Rua Bento Gonçalves



(c) Vista da Rua Morom



(d) Vista da Rua General Neto



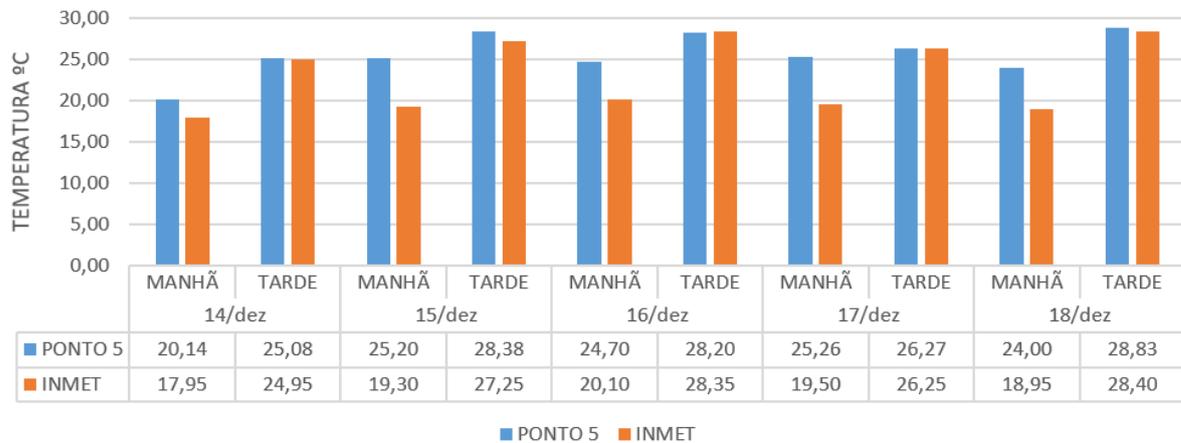
Fonte: autora, 2019

Na Figura 61 estão registradas as médias de temperatura no ponto 5 em cada turno no período analisado. A maior média foi de 28,83 °C no dia 18/12/2020 no turno da tarde e a menor média de temperatura foi de 20,14 °C no turno da manhã do dia 14/12/2020. A amplitude térmica da semana foi de 8,69 °C nesse ponto.

A menor média de temperatura pode ser explicada por conta da precipitação no dia 13/12/2020, já citada anteriormente. Esse fenômeno pode influenciar na temperatura uma vez que há um maior resfriamento dos materiais de superfície, além de ter a presença de vegetação, uma vez que a concentração de umidade da planta pode ficar elevada, principalmente na área interna da praça.

Em comparação aos dados da estação do INMET, a maior diferença de temperatura registrada entre a estação e o Ponto 5 foi de 5,90 °C na manhã do dia 15/12/2020.

Figura 61 - Média das temperaturas (°C) no ponto 5 e na estação do INMET

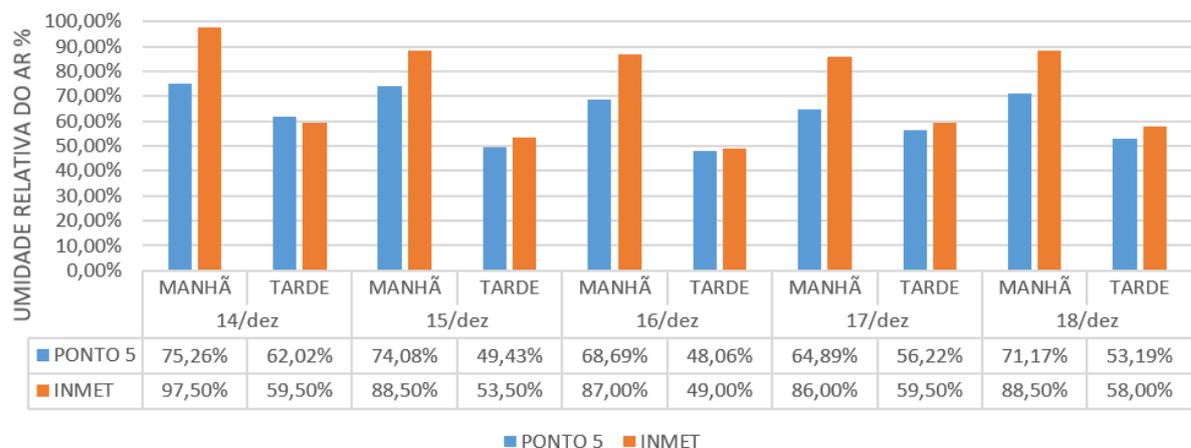


Fonte: autora, 2021

Na Figura 62, apresenta-se as médias de umidade relativa do ar no Ponto 4, onde é possível visualizar que a menor média foi de 48,06% no turno da tarde no dia 16/12/2020 e a maior média foi de 75,26% no turno da manhã do dia 14/12/2020. Como nos demais pontos, este último pode ser explicado pela precipitação no dia 13/12/2020. A diferença de umidade relativa do ar na média do período analisado foi de 27,20 %.

Em comparação com os valores obtidos na estação do INMET, a maior diferença entre as médias foi de 22,24% no dia 14/12/2020 no turno da manhã. A média da umidade relativa do ar no período analisado pelos dados do sensor foi de 62,30% e na estação do INMET foi de 72,70%, uma diferença de 10,40%.

Figura 62 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 5 e na estação do INMET



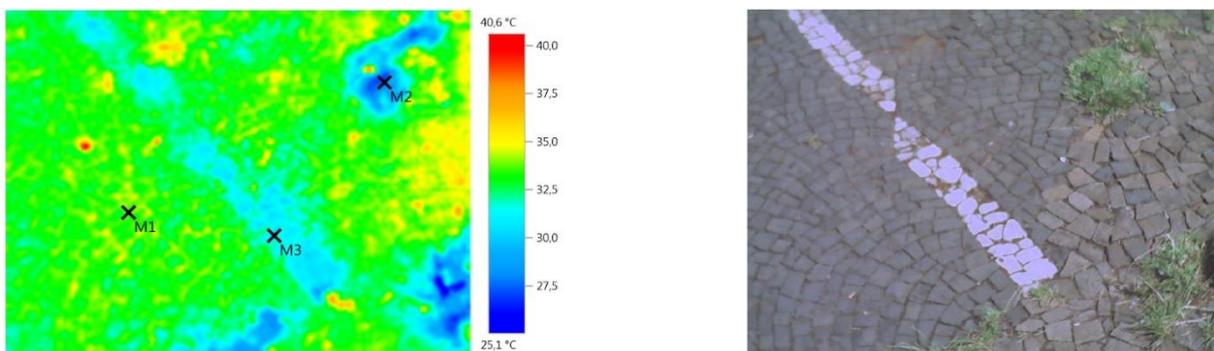
Fonte: autora, 2021

A Figura 63 mostra a imagem termográfica da pavimentação interna da Praça Marechal Floriano, composta por pedra portuguesa. O ponto M1 é apontado

diretamente para a pedra com 33,9 °C; no ponto M2 há a presença de vegetação rasteira entre as pedras, registrando 27,7 °C e no ponto M3 há a pintura de uma faixa na cor branca sobre a pedra portuguesa, registrando uma temperatura de 30,8 °C. Com isso, é importante destacar novamente que a pintura com tintas refletantes, como na cor branca, diminui a temperatura do material. Nesse caso, a diferença de temperatura foi de 3,8 °C.

Além disso, a pequena vegetação rasteira existente registra uma temperatura bem menor do que a registrada diretamente na pedra. A diferença entre as duas é de 6,2 °C. Considerando a pequena área analisada, pode-se considerar uma diferença bem significativa e tende a evoluir com a utilização em áreas maiores.

Figura 63 - Imagem termográfica da pavimentação em pedra portuguesa no ponto 5



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. pedra portuguesa	33,9
M2	Vegetação rasteira	27,7
M3	Pav. pedra portuguesa pintada	30,8

Fonte: autora, 2021

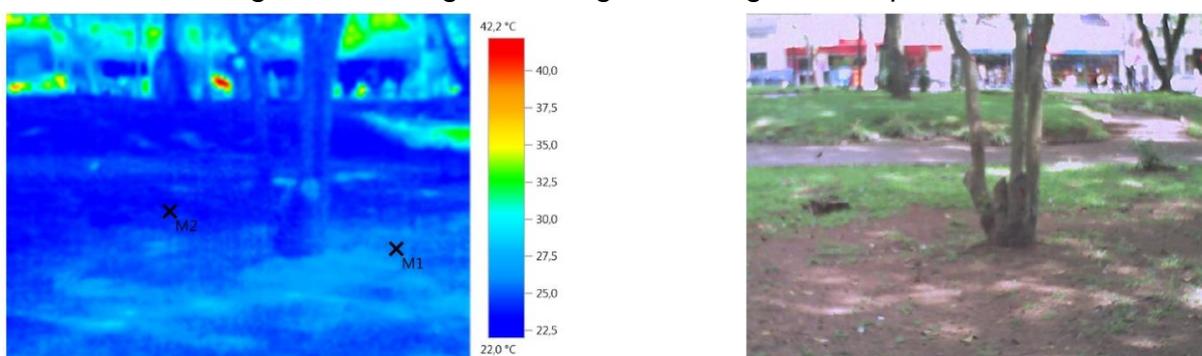
Na Figura 64, pode-se analisar a diferença de temperatura entre a área sombreada com e sem grama. Na área gramada (M2) a temperatura registrada foi de 23,7 °C e na área sem grama (M1) a temperatura foi de 25,6 °C. A diferença entre os dois pontos foi de 1,9 °C.

Na praça em estudo há diversas espécies arbóreas, como o *Ligustrum lucidum* que aparece na Figura 64 fazendo sombra no solo. Essa espécie é conhecida como Ligustro e possui 6 metros de diâmetro de copa, 10 metros de altura e folhas do tipo permanente. Segundo Mascaró e Mascaró (2015), o Ligustro consegue bloquear 93,4% da radiação solar e reduzir cerca de 2,2°C a temperatura superficial da fachada no verão. Na área em estudo, a espécie não está em contato com nenhum material

além do solo, porém, pode-se notar que, combinado a uma vegetação rasteira como a grama, a árvore diminuiu 1,9 °C entre a grama e o solo com terra.

É importante destacar, principalmente em áreas com conjuntos arbóreos e em clima temperado subtropical úmido, a recomendação é o uso de vegetação heterogênea, de modo a atender às necessidades de conforto dos usuários, no decorrer do ano. Parte dessa vegetação deve ser caducifólia ou semi-caducifólia, de modo a promover o sombreamento no período do verão e o aquecimento no período do inverno, em ambientes externos e internos (AZERÊDO, 2017).

Figura 64 - Imagem termográfica da grama no ponto 5



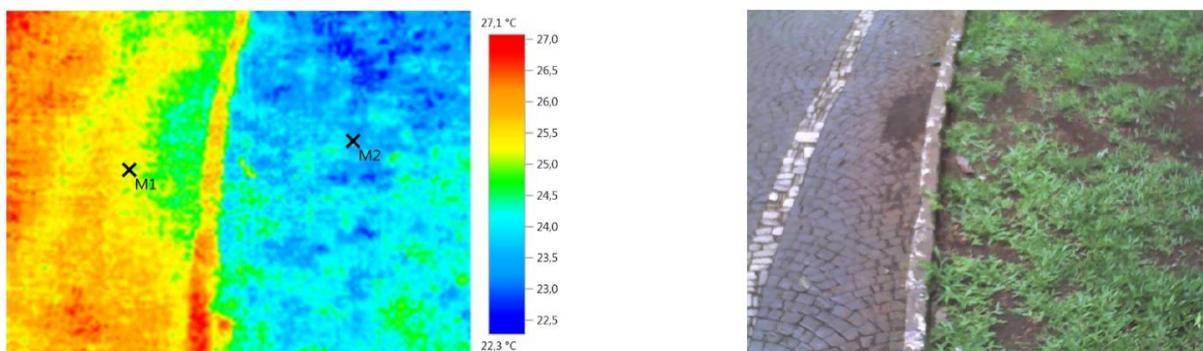
Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Solo com terra	25,6
M2	Solo com grama	23,7

Fonte: autora, 2021

Além disso, os autores ainda relatam que o Ligustro pode aumentar em até 1,5% a umidade relativa do ar no verão e em 17% no inverno, pois possui folhas médias, verdes escura, lisas e opacas. Portanto, deve-se tomar cuidado ao colocá-lo em áreas cujos índices de umidade relativa na estação do inverno fiquem elevadas, podendo causar maiores desconfortos.

Na Figura 65, tem-se o registro de temperatura na pavimentação em pedra portuguesa, com M1 de 25,2 °C, e na área grama, com M2 de 23,6 °C. A diferença entre as duas áreas foi de 1,6 °C. Ambas as áreas estavam sombreadas por vegetação de porte médio.

Figura 65 - Imagem termográfica da pedra portuguesa e a grama no ponto 5



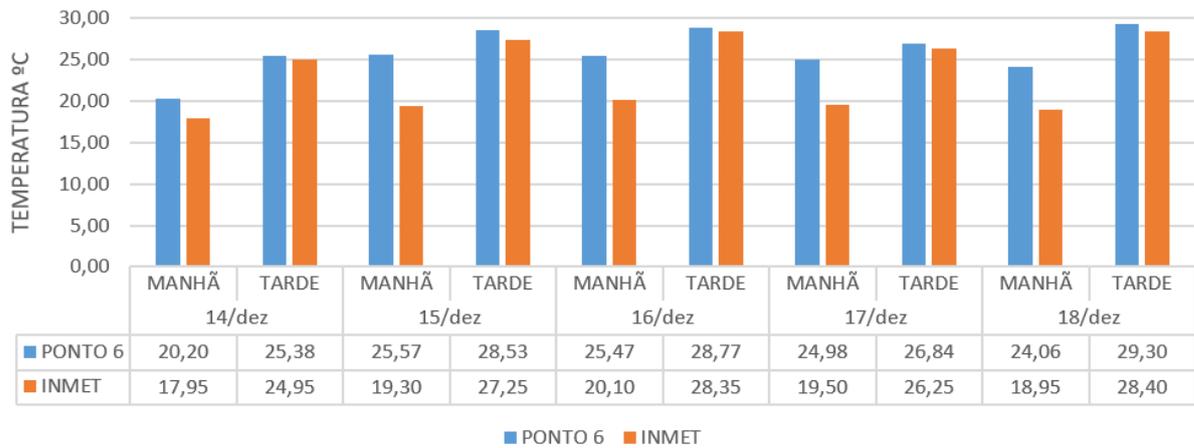
Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. pedra portuguesa	25,2
M2	Solo com grama	23,6

Fonte: autora, 2021

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 5 foi de 19,40 para o ITU ou TE, considerando a sensação térmica do local como “ligeiramente fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstrição”. Para o índice IDT, o valor foi de 19,54 considerado “sem desconforto”.

Na Figura 66 estão registradas as médias de temperatura no Ponto 6 coletadas com o sensor e na estação do INMET. A menor média de temperatura foi de 20,20 °C no turno da manhã do dia 14/12/2020 e a maior média foi de 29,30 °C no turno da tarde do dia 18/12/2020. A média da temperatura durante o período analisado foi de 25,91 °C e a amplitude térmica foi de 9,10 °C. Em comparação aos dados da estação do INMET, a maior diferença de temperatura registrada entre a estação e o Ponto 6 foi de 5,48 °C na manhã do dia 17/12/2020.

Figura 66 - Média das temperaturas (°C) no ponto 6 e na estação do INMET

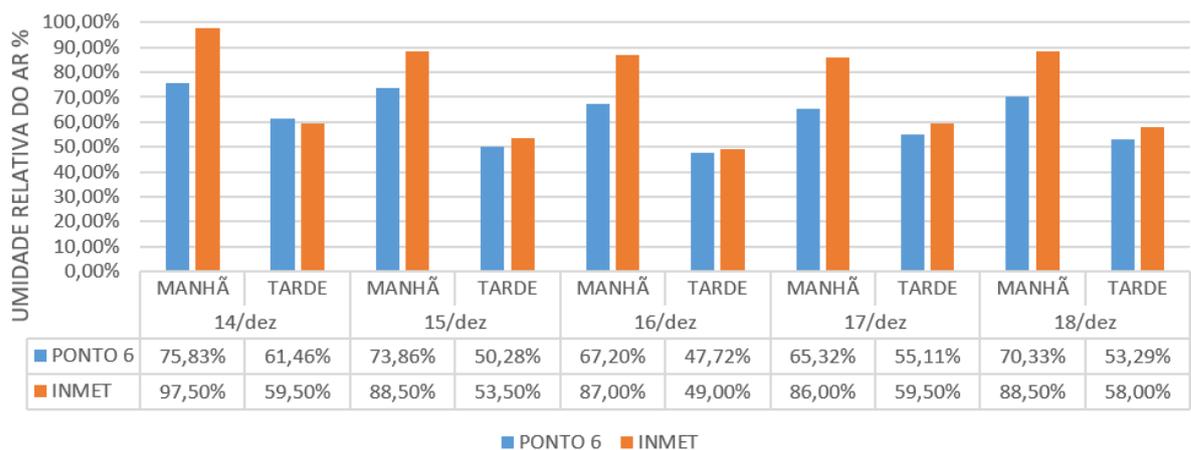


Fonte: autora, 2021

Em relação às médias da umidade relativa do ar, descritas na Figura 67, a menor média registrada foi de 47,72% no dia 16/12/2020 no turno da tarde e a maior média foi de 75,83% no dia 14/12/2020 no turno da manhã. A diferença entre as médias no período coletado foi de 28,11%.

Comparando os dados coletados pelo sensor no Ponto 6 e a estação do INMET, pode-se analisar que a maior diferença foi de 21,67% no dia 14/12/2020 no turno da manhã. A média da umidade relativa do ar no período analisado pelos dados do sensor foi de 62,04% e na estação do INMET foi de 72,70%, uma diferença de 10,66%.

Figura 67 - Média da umidade relativa do ar (%) no ponto 6 e na estação do INMET



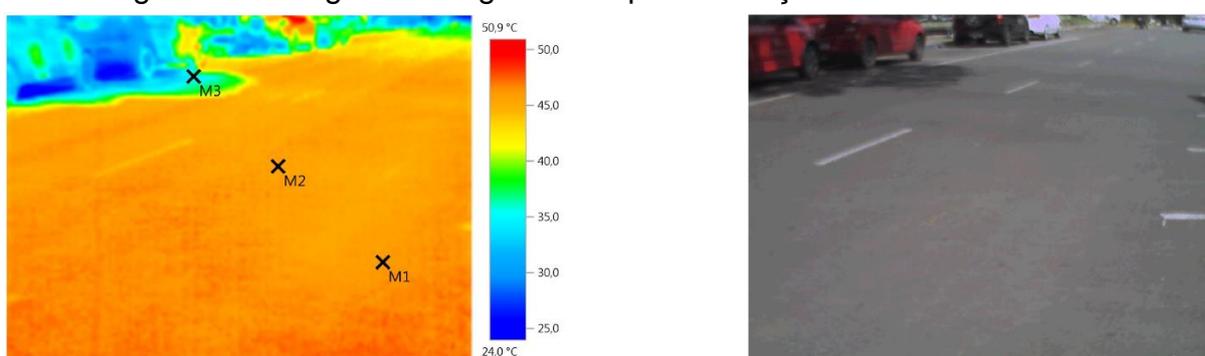
Fonte: autora, 2021

A Figura 68 mostra a imagem termográfica da pavimentação asfáltica no Ponto 6, com destaque para três pontos. Os pontos M1 com 46,1 °C e M2 com 45,8 °C demonstram a temperatura do asfalto em pleno sol. Já o ponto M3 com uma

temperatura de 34,8 °C foi registrado no asfalto com sombra projetada por vegetação. Nota-se uma diferença de 11,3 °C entre a menor e a maior temperatura registrada.

A sombra que aparece na Figura 69 é de um *Jacaranda mimosifolia*, conhecido como Jacarandá mimoso, de folhas caducas, com copa de até 10 metros e sua altura de até 15 metros. Mascaró e Mascaró (2015), relatam que espécies como o jacarandá e o cinamomo reduzem de 2,3 a 5,5°C a temperatura superficial das fachadas durante o verão. Na área em estudo, a sombra dessa espécie diminui 11,3 °C a temperatura da pavimentação asfáltica.

Figura 68 - Imagem termográfica da pavimentação asfáltica no Ponto 6

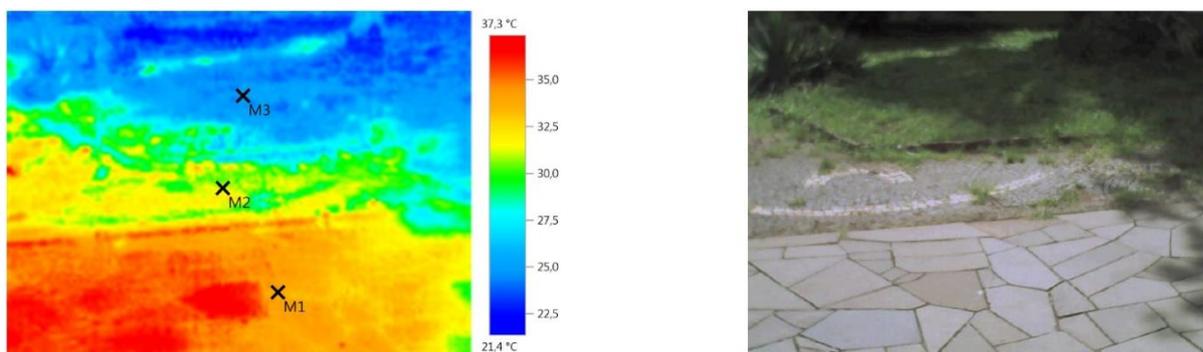


Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. asfáltica em pleno sol	46,1
M2	Pav. asfáltica em pleno sol	45,8
M3	Pav. asfáltica na sombra	34,8

Fonte: autora, 2021

Na Figura 69, pode-se analisar a diferença de temperatura entre os materiais da calçada da Praça Marechal Floriano com basalto, pedra portuguesa e a área gramada. O ponto M1 representa a temperatura em pleno sol da pavimentação com basalto, registrando 33,9 °C; o ponto M2 registra a temperatura de 30,8 °C na pavimentação com pedra portuguesa e o ponto M3 registra a temperatura de 24,9 °C da área gramada com sombra. A diferença entre a menor e maior temperatura é de 9,0 °C entre a área gramada e a pedra basalto.

Figura 69 - Imagem termográfica da calçada em basalto, pedra portuguesa e grama

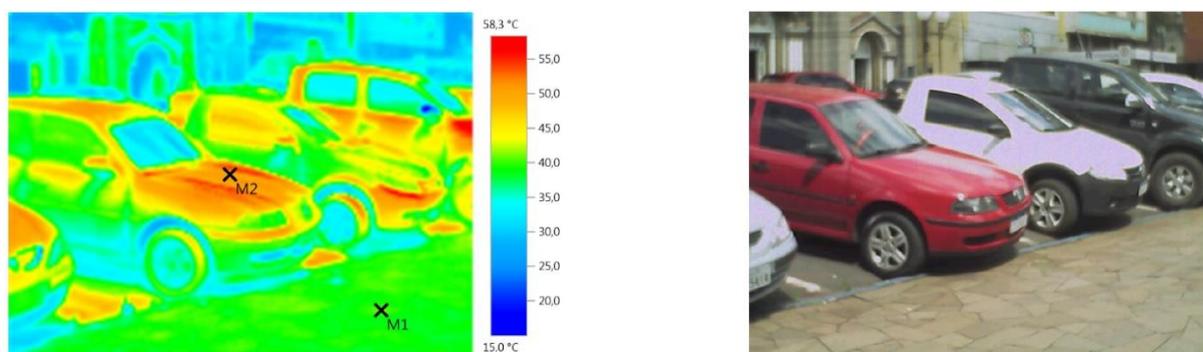


Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. em basalto em pleno sol	33,9
M2	Pav. pedra portuguesa em pleno sol	30,8
M3	Solo com grama na sombra	24,9

Fonte: autora, 2021

Na Figura 70, pode-se visualizar a temperatura da pavimentação com basalto (M1) e os veículos estacionados na rua (M2). A diferença de temperatura entre os pontos foi de 9,6 °C.

Figura 70 - Imagem termográfica da calçada em basalto no ponto 6



Marcador	Objeto de medição	Temp. °C
M1	Pav. em basalto em pleno sol	40,5
M2	Capô de carro	50,1

Fonte: autora, 2021

Em relação a aplicação das equações para verificar o conforto térmico do local quanto aos índices, a pontuação do Ponto 6 foi de 19,58 para o ITU ou TE, considerando a sensação térmica do local como “ligeiramente fresco”, com grau de estresse térmico em “vasoconstrição”. Para o índice IDT, o valor foi de 19,67 considerado “sem desconforto”.

5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Na Tabela 5 observa-se descritivamente o comportamento de cada ponto coletado com os sensores. Quando realizado o teste de *Kruskal-Wallis* entre os pontos, verificou-se que não ocorreu diferença significativa, sendo que $p > 0,05$ tanto no turno da manhã ($p = 0,079$) como no da tarde ($p = 0,654$).

Tabela 5 - Análise da temperatura nos pontos em estudo a partir de dados coletados de medidores semi-automatizados no período de 14 a 18 de dezembro/20

Turno	Pontos	N	Li	Ls	Média	Desvio padrão	Mediana	p-valor*
Manhã	1 (c/v)	50	21,20	26,10	23,66	1,54	23,60	0,079
	2 (c/v)	50	20,70	25,50	23,65	1,67	23,70	
	3 (s/v)	50	20,20	26,80	24,13	2,10	24,00	
	4 (s/v)	50	20,50	25,50	23,53	1,57	24,00	
	5 (c/v)	50	20,00	25,80	23,86	1,94	24,70	
	6 (s/v)	50	20,20	25,70	24,05	2,02	25,00	
	Total	300	20,00	26,80	23,81	1,82		
Tarde	1 (c/v)	50	24,20	29,30	27,46	1,63	28,10	0,654
	2 (c/v)	50	24,50	29,80	27,42	1,76	27,80	
	3 (s/v)	50	25,00	29,60	27,48	1,54	27,80	
	4 (s/v)	50	25,00	29,60	27,48	1,47	27,80	
	5 (c/v)	50	25,00	29,10	27,35	1,46	28,10	
	6 (s/v)	50	25,00	29,30	27,75	1,50	26,60	
	Total	300	24,20	29,80	27,49	1,55		

*Teste a Kruskal Wallis, significativo para $p < 0,05$; Li=Limite inferior; Ls=Limite superior; c/v=com vegetação; s/v=sem vegetação
Fonte: autora, 2021

Nota-se que não há diferença significativa entre os pontos, mesmo onde há vegetação. O fato de registrar temperaturas elevadas nas áreas com vegetação, pode ser explicado ao considerar-se as especificidades de cada superfície. A área em estudo é densamente construída, tendo como predominância os materiais construtivos como concreto e asfalto. Essa densidade aumenta a capacidade de armazenamento de calor que é liberado para a atmosfera lentamente ao longo do dia e noite, quando comparadas com as áreas rurais, as quais devolvem o calor de forma mais rápida.

Na Tabela 6, analisando a umidade, igualmente como na temperatura, os resultados não evidenciaram diferenças significativas entre os pontos de coleta.

Apresentou-se o valor de $p > 0,05$ tanto no turno da manhã ($p = 0,513$) como no da tarde ($p = 0,906$).

Tabela 6 - Análise da umidade nos pontos em estudo a partir de dados coletados de medidores semi-automatizados no período de 14 a 18 de dez/20

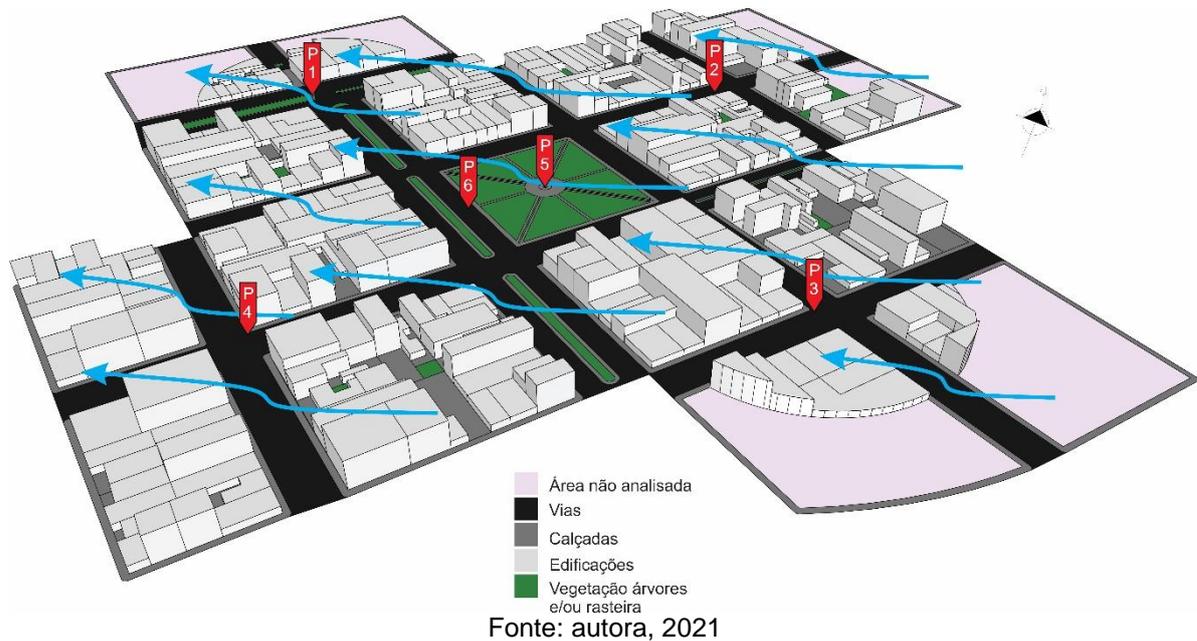
Turno	Pontos	N	Li (%)	Ls (%)	Média (%)	Desvio padrão (%)	Mediana	p-valor*
Manhã	1 (c/v)	50	65,80	73,50	69,71	2,71	70,70	0,513
	2 (c/v)	50	66,00	74,00	69,96	2,68	70,55	
	3 (s/v)	50	65,00	76,00	69,94	3,58	68,85	
	4 (s/v)	50	66,00	77,00	70,28	3,14	69,20	
	5 (c/v)	50	65,00	76,00	70,92	3,78	71,20	
	6 (s/v)	50	65,00	76,00	70,62	4,05	70,20	
	Total	300	65,00	77,00	70,24	3,36		
Tarde	1 (c/v)	50	46,00	62,00	54,14	4,90	54,10	0,906
	2 (c/v)	50	46,00	62,00	53,56	5,15	52,00	
	3 (s/v)	50	47,00	63,00	54,16	4,88	52,80	
	4 (s/v)	50	48,00	73,00	54,50	5,20	53,65	
	5 (c/v)	50	47,00	63,00	53,74	5,08	53,20	
	6 (s/v)	50	47,00	62,00	53,76	4,77	53,40	
	Total	300	46,00	73,00	53,98	4,97		

*Teste a Kruskal Wallis, significativo para $p < 0,05$; Li=Limite inferior; Ls=Limite superior; c/v=com vegetação; s/v=sem vegetação
Fonte: autora, 2021

Analisando os dados das tabelas 6 e 7 com o esquema do fluxo de ventos (Figura 71), sendo a predominância na direção NE, é possível observar a geometria urbana da área em estudo, a qual a densidade e as alturas elevadas das edificações diminuem as velocidades dos ventos, aumentando a temperatura do local. Além disso, levando em conta que as superfícies urbanas são mais escuras, como o asfalto e concreto, em relação às áreas não urbanizadas, absorvem e armazenam mais o calor do sol e, conseqüentemente, elevam a temperatura.

Ainda, com a configuração espacial de forma impermeável, a água de chuva que escorre pelas superfícies não consegue dissipar o calor por meio da evaporação ou no caso de evapotranspiração quando há vegetação. Em outra forma, mesmo que haja vegetação pode ser que seja escassa, para suprir a necessidade de umidade disponível para dissipar o calor do centro urbano.

Figura 71 - Esquema do fluxo dos ventos na área em estudo



Outro motivo pelo qual pode-se explicar as altas temperaturas em todos os pontos estudados, são os efeitos adversos causados pelo aumento veicular ao longo dos anos. As vias que contemplam a área em estudo, são vias de alto fluxo de carros e ônibus, o que gera elevação da quantidade de poluentes no ar e, por consequência, a elevação da temperatura. Nota-se que a vegetação existente nos pontos 1 e 2 não são suficientes para amenizar a temperatura, igualando-se àquelas registradas nos demais pontos sem vegetação.

Quando comparados todos os dados em relação ao turno de coleta, observa-se na Tabela 8 que os resultados evidenciaram que há diferença significativa entre eles, pois $p < 0,05$ tanto para os dados de temperatura quanto para os dados de umidade.

Essa diferença, tanto de temperatura quanto de umidade relativa do ar, pode ser explicada pelo aquecimento dos materiais ao longo do dia. No turno da manhã há sombreamento no ponto 1, 2 e 4, portanto, os materiais demoram mais para aquecer-se.

Tabela 7 - Análise, segundo os turnos, da temperatura e umidade nos pontos em estudo no período de 14 a 18 de dezembro/20.

Turno	Medidores	N	Li	Ls	Média	Desvio padrão	Mediana	p-valor*
Temperatura (°C)	Manhã	300	20,00	26,80	23,81	1,82	24,00	0,000
	Tarde	300	24,20	29,80	27,49	1,55	28,10	
Umidade (%)	Manhã	300	65,00	77,00	70,24	3,63	70,25	0,000
	Tarde	300	46,00	73,00	53,98	4,97	53,00	

*Teste Mann-whitney, significativo para $p < 0,05$; Li=Limite inferior; Ls=Limite superior.
Fonte: autora, 2021

No trabalho, aplicou-se dois índices: o primeiro foi o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) adaptado por Barbirato et al. (2007) para a realidade brasileira e utilizado, posteriormente, por outros diversos autores, tendo como indicadores a temperatura do ar e a umidade relativa do ar. Esse índice levou em consideração os critérios desenvolvidos por Fanger (1972).

Além desse índice, aplicou-se o Índice de Desconforto de Thom (IDT) descrito por Thom em 1959 e adaptador por Giles et al. em 1990, também utilizado no Brasil por diversos autores para pesquisar sobre conforto térmico urbano em áreas externas. Esse índice leva em consideração somente a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, semelhante ao ITU.

Em relação à aplicação dos índices de conforto ITU=TE e IDT, nota-se que em todos os pontos analisados não há registro de desconforto, sendo considerados “ligeiramente fresco”. Os resultados podem ser visualizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultado dos índices de conforto em cada ponto analisado

	ITU = TE	Nível de conforto	IDT	Nível de conforto
PONTO 1	19,37	Ligeiramente fresco	19,51	Sem desconforto
PONTO 2	19,36	Ligeiramente fresco	19,50	Sem desconforto
PONTO 3	19,52	Ligeiramente fresco	19,63	Sem desconforto
PONTO 4	19,34	Ligeiramente fresco	19,49	Sem desconforto
PONTO 5	19,40	Ligeiramente fresco	19,54	Sem desconforto
PONTO 6	19,58	Ligeiramente fresco	19,67	Sem desconforto

Fonte: autora, 2021

As análises dos dados, dentro do contexto das situações atmosféricas apresentadas, coletadas em apenas uma estação do ano e durante um curto período de cinco dias, apontam situações de deficiência para uma análise mais completa da

área. Nota-se que esses indicadores não foram suficientes para demonstrar se há ou não diferença em relação ao conforto térmico e a influência da vegetação para minimizar os efeitos causados pelo fenômeno da Ilha de Calor Urbano, fato esse que foi comprovada a existência na cidade em estudo.

De maneira geral, notou-se que as sensações térmicas verificadas nos seis pontos de estudo não apresentaram diferenças entre si, mesmo possuindo características diferentes (áreas com vegetação e sem vegetação). Abreu e Labaki (2010) afirmaram em suas pesquisas que todas as espécies arbóreas avaliadas foram capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato.

Para tanto, em diversos outros estudos com a mesma temática, como por exemplo de Nucci (2008), Abreu e Labaki (2010), Costa e Colesanti (2011), Rossi et al. (2012), Ferreira et al. (2015), Ribeiro et al. (2018) e Amorim (2020) utilizaram-se de indicadores, além da temperatura e umidade relativa do ar, como a velocidade e direção do vento, temperatura de radiação, fator de céu visível e entrevistas com a população residente para compreender a sensação de conforto térmico a nível de pedestre. Nessas pesquisas, também há a utilização de outros índices, a partir desses indicadores, para determinar o conforto das áreas em estudo.

Rossi et al. (2012) comprovaram, a partir de monitoramento em uma área na cidade de Curitiba/SC, a eficácia do índice UTCI para a determinação de graus de conforto e/ou desconforto térmico em áreas abertas em regiões brasileiras. Para o cálculo desse índice, há a necessidade de coleta de dados sobre o vento, portanto, seria um indicador importante de se obter para aplicar no presente estudo e verificar a faixa de estresse térmico que a área analisada teria.

Abreu e Labaki (2010) utilizaram outro índice, conhecido como PET (*Physiological Equivalent Temperature*), desenvolvido por Höppe (1999) e que leva em consideração a temperatura do ar e radiante média, umidade relativa do ar, vento e baseia-se no equilíbrio térmico humano em estabilidade. Este trabalho, aplicou o índice a partir da calibração proposta por Monteiro e Alucci (2008), que verificou possíveis meios de adaptação térmica para propor ajustes na temperatura equivalente de globo a partir de dados empíricos para a aplicação em espaços abertos na cidade de São Paulo.

Rossi et al. (2017) apresentaram o mesmo índice PET, porém, de uma forma calibrada para as cidades de Curitiba e Rio de Janeiro. Em seu trabalho, realizaram a calibração a partir de um levantamento de dados climáticos e questionários de

conforto em ambas as cidades e, como para cada cidade a percepção térmica da população é diferente daquela definida pelo índice PET, ressaltam a necessidade da calibração para o local onde será aplicado, com a realidade climática e percepção da população residente.

Essas informações, mesmo que de outros índices, demonstram a importância da calibração para a realidade local. Com isso, pode-se destacar que os resultados aqui obtidos podem sofrer variações por não terem sido calibrados, limitando-se a ocupação apenas os indicadores e fatores descritos por outros autores. Pelos motivos expostos, tudo indica que essa relação entre densidade construída, arborização e materiais utilizados em áreas urbanizadas é válida, mas ainda precisa ser testada em outros estudos de caso e com mais detalhes na aplicação dos indicadores.

Em relação ao estudo da vegetação e o impacto no microclima urbano, efeito que ocorre por meio de dois mecanismos (evapotranspiração e o sombreamento), notou-se a necessidade de abranger esse indicador de uma forma mais ampla para obter resultados mais completos. Shinzato e Duarte (2018), com o objetivo de quantificar o impacto da vegetação no microclima por meio de medições das condições climáticas, utilizou uma ferramenta (ENVI-met 3.1) para simular o efeito microclimático da vegetação com diferentes características em um mesmo cenário.

Essas características dizem respeito aos valores de Índice de Área Foliar (IAF) e formato da copa, para que, com a simulação, quantificasse o impacto no conforto térmico humano em espaços abertos. Com isso, dentre as variáveis medidas e simuladas, Shinzato e Duarte (2018), constataram que a temperatura radiante média é a mais impactada sob a área da vegetação, o que influencia diretamente no conforto térmico e na umidade relativa do ar.

Morsch (2020) em sua tese, criou uma metodologia para diagnóstico do microclima urbano em cidades de médio porte para identificar a presença do fenômeno da Ilha de Calor Urbano e propor estratégias para mitigar seus efeitos negativos. A metodologia foi aplicada em uma área da cidade de Passo Fundo e também utilizou uma versão do software ENVI-met para simulação de modelos, possibilitando uma análise climática mais detalhada sobre as formas, alturas, cores e materiais que contribuem para o conforto térmico urbano.

Para a análise da formação de Ilhas de Calor Urbano, os métodos para coleta, de acordo com Lucena (2013), podem ser a partir de transectos fixos e móveis, análise de séries temporais, sensoriamento remoto e a modelagem atmosférica, estes dois

últimos coletados a partir de bandas termais. A utilização de sensoriamento remoto e a modelagem permitem um maior detalhamento para subsidiar as melhores estratégias mitigadoras de intervenção.

Entretanto, pode ser utilizado em conjunto com as coletas a partir de sensores móveis, como os aplicados na presente pesquisa. Sendo assim, uma outra alternativa para aprimorar o levantamento de dados e comprovar a existência do fenômeno nas cidades e, a partir disso, realizar a análise das estratégias de mitigação a partir de software como o ENVI-met, já citado anteriormente.

6 CONCLUSÕES

Nesse item, são apresentadas as conclusões finais da pesquisa em relação ao cumprimento do objetivo geral e os específicos, apresentando as limitações e a relevância da pesquisa. Além disso, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões da pesquisa

Esta pesquisa apresentou uma análise para verificar se a vegetação existente influencia o conforto térmico na área em estudo da cidade de Passo Fundo/RS. Para isso, foram coletados dados de temperatura e umidade em seis pontos selecionados na área mais adensada da cidade, definindo características específicas para esses pontos, como presença ou não de vegetação e áreas ensolaradas ou sombreadas.

Essa coleta, realizada nos dias 14 a 18 de dezembro de 2020, gerou um banco de dados que foram analisados estatisticamente para verificar se havia diferença significativa entre os pontos e entre a área em estudo como um todo e a estação do INMET localizada na Embrapa Trigo de Passo Fundo.

De acordo com o primeiro objetivo específico, com a coleta dos dados e análise estatística, verificou-se que a área em estudo no centro da cidade é mais quente quando comparada com os dados obtidos através da estação do INMET, localizados fora do perímetro central da cidade. Conforme os parâmetros estabelecidos por Garcia (1986), o fenômeno pode ser considerado de muito forte magnitude, uma vez que a diferença de temperatura entre os locais foi de 8,33 °C.

Como a Ilha de Calor Urbano é um fenômeno que geralmente ocorre durante o período da noite, é importante analisar a evolução da temperatura ao longo do dia e do ano. Dessa forma, para que se tenham dados mais relevantes é necessário a expansão da pesquisa, com comparações entre os picos das estações, agregando mais parâmetros, ficando este como uma sugestão de futuras pesquisas.

Para cumprir o segundo objetivo específico, realizou-se uma análise em cada ponto para estabelecer as principais características, como materiais de pavimentação e vegetação existente, além da coleta de dados meteorológicos de temperatura e

umidade relativa do ar. Essa caracterização foi utilizada como base para compreender as condições climáticas do local e analisá-las em conjunto com a literatura.

Posteriormente, com a análise detalhada de cada ponto em comparação com a literatura e diversas outras pesquisas sobre o tema, notou-se a deficiência em termos de indicadores coletados para que a pesquisa se tornasse mais completa e pudesse detalhar os fenômenos que ocorrem em cada ponto. Com isso, viu-se a necessidade de, em trabalhos futuros, coletar informações de ventilação, temperatura radiante, fator de céu visível e entrevistas com a população para obter-se o cruzamento dos dados e uma análise que traduzisse fielmente a característica daquele local.

Já em relação ao terceiro objetivo específico, foi analisado o conforto térmico da área com a utilização de dois índices: o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Desconforto de Thom (IDT). Os resultados das equações permitiram constatar que em todos os pontos a sensação térmica foi “ligeiramente fresco” com grau de estresse térmico em “vasoconstrição”.

Os indicadores como intensidade máxima de temperatura e umidade relativa do ar são fenômenos essencialmente diurnos e podem ser utilizados para avaliar o índice de conforto térmico humano. Porém, há a necessidade de incorporar mais indicadores para estabelecer relação entre os dados e os elementos que compõem a cidade, principalmente os materiais aplicados e a vegetação existente (ou não).

No estudo em questão, foi possível visualizar a temperatura de contato de diversos materiais em diversos cenários, com e sem vegetação. Essa temperatura elevada dos materiais, juntamente com as questões de poluição ambiental pelo alto fluxo de veículos, faz com que o ambiente todo se aqueça, causando desconforto na em toda a população, mesmo que em ambientes com a presença de vegetação, esta deve ser planejada e adequada ao espaço.

É visto que os projetos de arborização urbana devem levar em consideração os estudos de Ilhas de Calor Urbano e aumento da temperatura no centro das cidades, utilizando espécies adequadas para cada ambiente a fim de amenizar a temperatura elevada e auxiliar no conforto térmico para a população. Amorim (2020) destaca a importância de se investir em materiais construtivos adequados e que não exijam a climatização interna dos ambientes e auxiliie no conforto externo, além de aumentar as áreas permeáveis urbanas.

A pesquisa sofreu com as limitações relacionadas à pandemia do COVID-19, principalmente no que diz respeito à coleta de dados ao longo do ano de 2020, a qual seria realizada em mais períodos e em estações diferentes. Além disso, inicialmente, haveria um questionário para a população que transita pelos pontos em estudo para obter dados sobre conforto térmico e rebater com a coleta de temperatura e umidade a partir dos sensores.

O acompanhamento das condições climáticas nas cidades, bem como as pesquisas relacionadas ao conforto térmico urbano possibilita o oferecimento de subsídios para os gestores municipais e ao planejamento urbano de forma sustentável e agradável à sociedade. A contribuição dessas pesquisas, seja por meio da validação/calibração de índices e metodologias ou os estudos de caso, dizem respeito à tomada de decisões planejadas considerando a realidade e as características de cada local.

Os estudos sobre microclima urbano e, principalmente, a utilização da vegetação deve ser considerada para a melhoria da qualidade ambiental para a população, sendo possível a construção e melhorias de cidades mais sustentáveis e saudáveis. Todas essas questões auxiliam no desenvolvimento e auxiliam na concretização dos ODS, principalmente os que dizem respeito às cidades resilientes (ODS 9) e às ações contra as mudanças climáticas globais (ODS 13).

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Para a realização de trabalhos futuros na mesma linha de pesquisa, sugere-se:

- a) Realizar novas coletas que contemplem fatores como velocidade do vento, temperatura radiante, fator de céu visível e entrevistas com a população local em diversos períodos do ano, a fim de possuir uma base de dados mais completa.
- b) Realizar a calibração dos índices de conforto térmico urbano para obter resultados de acordo com a característica do local.
- c) Analisar a nível de parque urbano x centro.

REFERÊNCIAS

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland. **Melhores Práticas, Pavimentos Permeáveis, Peças Pré-fabricada de Concreto**. São Paulo, dez, 2010. Disponível em:

<<http://www.oterprem.com.br/site/reportagens/Melhores%20Pr%C3%A1ticas%20para%20Pavimento%20Intertravado%20Perme%C3%A1vel.pdf>>. Acesso em 02 mar. 2020.

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. Porto Alegre: **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, 2010.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. Mercator - Revista de Geografia da UFC. 2010.

AMORIM, M. C. C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical/brasil. Finisterra, [S.L.], v. 52, n. 105, p. 111-133, 4 ago. 2017. Centro de Estudos Geograficos (IGOT) Universidade de Lisboa.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas**. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia, n. 46, 2020.

ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. Monografia de Engenharia Florestal do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **ENCAC – ELACAC**, Maceió, 2005.

AZERÊDO, J. F. F. A. Verde que te quero confortável. A contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre. Tese de doutorado em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e Cidade: a Abordagem Climática como Subsídios**. Maceió: EDUFAL, 2007.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Tese de doutorado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2003.

BENETTI, L. F. **Áreas verdes urbanas: um estudo de caso em Passo Fundo – RS**. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. 2013

BESTETTI, M. L. T. Ambiência: espaço físico e comportamento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 17, n. 3, Rio de Janeiro, 2014. DOI: 10.1590/1809-9823.2014.13083

BRASIL. **Conselho Municipal de Arborização Urbana (COMAU)**. Lei Orgânica nº 3121, de 26 de junho de 1996, Passo Fundo.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 369, de 28 de março de 2006**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: out. 2019

BRASIL. Desempenho térmico de edificações parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro. NBR 15220. 2003.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 17**. Ergonomia. Portaria MTn nº 3.214 de 08 de junho de 1978, atualizada em 24 de outubro de 2018. Disponível em <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf>. Acesso em: nov. 2019.

BRASIL. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI)**. Lei Complementar nº170, de 09 de outubro de 2006, Passo Fundo.

BUSATO, L. **Distribuição e qualidade das áreas verdes de lazer no espaço urbano: o caso de Passo Fundo-RS**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. **Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento**. Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, v. 4, p. 29-38, 1992.

COSTA, R. G. S.; COLESANTI, M. M. **A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes**. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 22. 2011.

CPFL Energia. **Arborização urbana viária: aspectos de planejamento, implantação e manejo**. CPFL Energia – ed. rev. Campinas, SP: CPFL Energia, 2008.

DE PAULA, R. Z. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, São Paulo, 2004.

DIAS, A. A. C. **Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Portugal, 2013.

DUMKE, E. M. S. **Clima Urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade** – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de

Curitiba. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Clima de Passo Fundo**. Disponível em:

<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf>. Acesso em: out. 2019.

EPA, U. S. **Environmental Protection Agency. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics**. 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/heat island>>

FAVRETTO, A. P. O.; CHVATAL, K. M. S. **Contribuições para o conforto térmico urbano: caracterização de espécies arbóreas na cidade de São Carlos, SP**. XI ENCAC–Encontro Nacional de Conforto Térmico no Ambiente Construído. VII ELACAC–Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Búzios–RJ, 2011

FERREIRA, L. F. et al. **Áreas verdes urbanas: uma contribuição aos estudos das ilhas de frescor**. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 6, n. 2, p. 101-120, jul./dez. 2015.

FERREIRA, P. S et al. **As perspectivas e divergências acerca do aquecimento global antropogênico**. Caderno de Geografia, [S.L.], v. 27, n. 51, p. 728-747, 11 out. 2017

FIALHO, E. D. Ilha de Calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual de Conforto Térmico. 7 ed. São Paulo: **Studio Nobel**, 2003.

FURUYA, M. T. G.; DE LOURENCI, R. F. Plano de mobilidade urbana de Martinópolis: ciclovias. **ETIC – Encontro de Iniciação Científica**, 2016. ISSN 21-76-8498.

GAGO, E. J. et al. The city and urban heat islands: a review of strategies to mitigate adverse effects. **Renawable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 25, 2013.

GARCÍA, F. Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996.

GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2010. ISBN 9788586238994

GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.

GILES, B.D. et al. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *Int J Biometeorol* 34, 98–104 (1990).

GONÇALVES, A. et al. Influência da vegetação no conforto térmico urbano: estudo de caso na cidade de Maringá – Paraná. III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, nov. 2012.

GONÇALVES, L. et al. Avaliação do desempenho térmico por análise termográfica de tintas refletantes aplicadas em fachadas com ETICS. **I Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento**, Coimbra, jun. 2014.

GRAU, J. S. *et al.* Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático. Parte I: Estudio teórico y de laboratorio. **Asfalto**, n. 28, v. VIII, 2018.

HAMDAN, D. M. A.; OLIVEIRA, F. L. The impact of urban design elements on microclimate in hot arid climatic conditions: Al Ain City, UAE. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 200, 2019.

HASENACK, H.; FLORES, F. E. V. O ambiente urbanizado e o clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Portal de Periódicos UFRGS, Porto Alegre, 1992.

HERZOG, C.P. Guaratiba verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: **UFRJ / FAU**, 2009.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol* 43, 71–75. 1999. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Cidades, Rio Grande do Sul, Passo Fundo**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/passo-fundo/panorama>>. Acesso em: out. 2019.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Panorama Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>>. Acesso em: out. 2019

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Boletim Agroclimatológico mensal**. 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/boletim-agroclimatol%C3%B3gico-mensal-janeiro-2021>>. Acesso em: jan. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Clima e Tempo**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=clima>>. Acesso em: out. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10551. **Ergonomics of the physical environment – Subjective judgement scales for assessing physical environments**. 2019

JAMEI, E. et al. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 54, 2016.

JÚNIOR, L. N. O clima urbano como risco climático. **Geo UERJ**, n. 34, p. 40956, 2019.

LABAKI, L. C. et al. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, 2011.

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de edificações. 7. ed. Florianópolis: 2016.

LEITE, C.; AWAD, J. C. M. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre, **Bookman**, 2012. ISBN 978-85-7780-965-3.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 10, n. 18, p. 264 - 272, 25 jul. 2014

LUCENA, A. J. Notas metodológicas e conceituais em clima urbano e ilhas de calor. **Revista Continentes**, UFRRJ, ano 2, nº. 2, 2013.

MASCARÓ, J. J.; BONATTO, D. A.M. Infraestrutura verde como estratégia de desenvolvimento sustentável e qualificação urbana: estudo de caso da cidade de Passo Fundo-RS. **Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis**, 2013, Curitiba.

MASCARÓ, L. **Energia na Edificação**. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 2ª ed, 1991.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**. **Masquatro Editora**, 2009, 3ªed.
MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. Porto Alegre: **Masquatro Editora LTDA**, 2015. ISBN 978-85-99897-17-1.

MASTER/IAG/USP – METEOROLOGIA APLICADA A SISTEMAS DE TEMPO REGIONAIS. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo. **Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas**. 2015

MATOS, E. M. V. et al. Estudo comparativo da refletância à radiação solar para duas superfícies distintas: asfalto e grama esmeralda (*zoysia japonica*). **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído- ENTAC**, Canela- RS, 2010.

MENDES, J. F. G. O futuro das cidades. 1 ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2014. 128 p. ISBN 978-85-7193-367-3

MIAYAMOTO, M. T. A influência das configurações urbanas na formação de microclimas: estudo de casos no município de Vitória-ES. 2011. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelo adaptativo de conforto para avaliação *in loco* de espaços urbanos abertos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, 2008.

MORAES, M. **Monumentos marcam a história gaúcha em Passo Fundo**. Diário da Manhã, 2018. Disponível em: <<https://diariodamanha.com/noticias/monumentos-marcam-a-historia-gaucha-em-passo-fundo/>>. Acesso em: nov. 2019.

MORSCH, M. R. S. **Estratégias de mitigação de ilhas de calor: uma metodologia para cidades médias consolidadas**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, 2020.

NAÇÕES UNIDAS. **Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Plataforma Agenda 2030. 2015. Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/ods/13/>>. Acesso em: out. 2019.

NAÇÕES UNIDAS. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). **World Population Prospects 2019: Highlights** (ST/ESA/SER.A/423).

NASCIMENTO, F. P. Classificação da pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática. Brasília: **Thesaurus**, 2016.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. Revista de Geografia (Ufpe), Recife, v. 28, n. 1, p. 93-109, jan. 2011.

NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). Curitiba, Edição do Autor, 2o edição, 2008, 150 p.

OLIVEIRA, C. H. Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1996.

PADILHA, J. C. et al. Estratégias de mitigação do efeito de ilhas de calor nos centros urbanos. **ENEPEA**, Santa Maria, 2018.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Dados gerais**: características físicas. Disponível em: <<http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=325>>. Acesso em: out. 2019.

PERIOTTO, F. et al. **Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo**. In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil, 2019.

PIPPI, L. G. A.; TRINDADE, L. C. O Papel da Vegetação Arbórea e das Florestas nas Áreas Urbanas. Paisagem e Ambiente, [S.L.], n. 31, p. 81-96, 1 jul. 2013. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA).

PORANGABA, Gislene Figueiredo Ortiz. Análise da temperatura do ar em cidade de pequeno porte. Geo Fronter, Campo Grande, v. 13, p. 131-142, jan. 2018.

PRADO, A. Ao fim da cidade. Belo Horizonte: **Editora UFMG**, 2016. ISBN 978-85-423-0204-2

RIBEIRO, C. R. et al. **Ilhas de Calor Urbanas e conforto térmico humano em cidades de porte médio: estudo aplicado em Juiz de Fora (MG)**. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 45, n. 1. 2019.

RIBEIRO, C. R.; GONÇALVES, A. P.; BASTOS, F. P. Ilhas de calor urbanas e conforto térmico humano em cidades de porte médio: estudo aplicado em Juiz de Fora (MG). Ra'Ega: O espaço geográfico em análise, Curitiba, p. 7-26, dez. 2018.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília**. Belo Horizonte: Fórum Patrimônio, Mudanças climáticas e o impacto das cidades, v. 4, n.1, p. 9-22, 2011

ROSSI, F. A. et al. **Calibração do índice PET para Curitiba e Rio de Janeiro**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, v. 14. 2017.
ROSSI, F. A. et al. **Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI**. Ambiente Construído: Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

SANCHOTENE, M. C. C. **Índice de Área Verde por Habitante - 12m² / hab?** Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - Informativo Quadrimestral, edição no31, outubro de 2014, 6p.

SANTOS, J. S. et al. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida. Revista Brasileira de Geografia Física. 2012

SANTOS, R. G. Arquitetura da paisagem da cidade: uma leitura da vegetação urbana inserida no sistema viário. 2003. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215. 2018.

SILVA, B. M. C. **Variações temporais e espaciais da temperatura da superfície em Vila Nova de Gaia: análise com base em imagens de satélite Landsat 7 e 8**. Dissertação de Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território na Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal, 2018

SILVA, C. F.; ROMERO, M. A. B. Desempenho ambiental de vias públicas quanto ao conforto térmico urbano. Estudo de caso: Teresina – Piauí – Brasil. **Pluris**, Teresina, 2010.

SILVA, K. B. et al. Identificação de ilhas de calor: proposta de criação de áreas verdes em média cidade do sudeste da bahia. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 83169-83186, 2020. *Brazilian Journal of Development*.

SILVA, L. F. G. **Percepção climática e conforto térmico: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciências do Ambiente, 2018.

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

SOUZA, J. A. P. *et al.* **Influência do albedo na temperatura de superfície de pavimento asfáltico urbano.** *Tecnologia e Ambiente*, [S.I.], v. 26, p. 60-75, nov. 2020. ISSN 2358-9426.

THOM, E.C. The Discomfort Index. *Weatherwise*, 12: 2, 57-61, (1959).

VIEIRA, S. Bioestatística: tópicos avançados. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
WERNECK, D. R.; ROMERO, M.A. B. Análise de microclimas urbanos orientada à mitigação de Ilhas de Calor em áreas de comércio local do Plano Piloto de Brasília. In: Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (PLURIS 2018), 8., 2018, Coimbra. Anais. Coimbra: 2018.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. WMO. Report of the eleventh session of the advisory working group of the commission for climatology. **World Climate Applications and Services Programme (WCASP)**, n. 47, 1998.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. WMO. Statement on the State of the **Temp Reporting**. 2009. Disponível em:
<<https://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Publications/TD1188/HandbookCLIMA>>

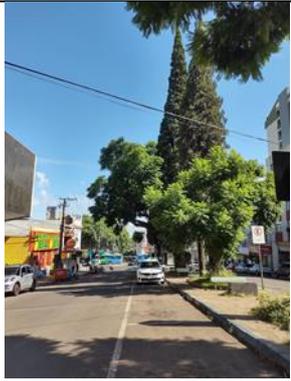
APÊNDICE 01

Espécies de vegetação existentes no local de estudo.

Nº	NOME/CARACTERÍSTICAS		FOTO
01	Nome científico	<i>Bauhinia blakeana</i>	
	Nome popular	Pata-de-vaca	
	Diâmetro da copa	6 m	
	Altura	10 m	
	Persistência das folhas	Semi-permanente	
02	Nome científico	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	
	Nome popular	Jacarandá mimoso	
	Diâmetro da copa	10 m	
	Altura	15 m	
	Persistência das folhas	Caduca	
03	Nome científico	<i>Tipuana tipu</i>	
	Nome popular	Tipuana	
	Diâmetro da copa	10 m	
	Altura	15 m	
	Persistência das folhas	Caduca	

04	Nome científico	<i>Ilex paraguariensis</i>	
	Nome popular	Erva-mate	
	Diâmetro da copa	5 m	
	Altura	20 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
05	Nome científico	<i>Populus alba</i>	
	Nome popular	Álamo	
	Diâmetro da copa	6 m	
	Altura	12 m	
	Persistência das folhas	Caduca	
06	Nome científico	<i>Carya illinoensis</i>	
	Nome popular	Nogueira-pecan	
	Diâmetro da copa	40 m	
	Altura	40 m	
	Persistência das folhas	Caduca	
07	Nome científico	<i>Erythrina crista-galli</i>	
	Nome popular	Corticeira-do-banhado	
	Diâmetro da copa	7 m	
	Altura	10 m	
	Persistência das folhas	Caduca	

08	Nome científico	<i>Washingtonia robusta</i>	
	Nome popular	Palmeira-washingtônia	
	Diâmetro da copa	2,5 m	
	Altura	15 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
09	Nome científico	<i>Ligustrum lucidum</i>	
	Nome popular	Ligustro	
	Diâmetro da copa	6 m	
	Altura	10 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
10	Nome científico	<i>Phoenix canariensis</i>	
	Nome popular	Tamareira-das-canárias	
	Diâmetro da copa	5 m	
	Altura	15 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
11	Nome científico	<i>Inga uraguensis</i>	
	Nome popular	Ingá	
	Diâmetro da copa	6 m	
	Altura	10 m	
	Persistência das folhas	Semi-permanente	

12	Nome científico	<i>Cupressus sempervirens</i>	
	Nome popular	Cipreste	
	Diâmetro da copa	35 m	
	Altura	4 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
13	Nome científico	<i>Tibouchina mutabilis</i>	
	Nome popular	Manacá-da-serra	
	Diâmetro da copa	5 m	
	Altura	12 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
14	Nome científico	<i>Nectandra megapotamica</i>	
	Nome popular	Canela	
	Diâmetro da copa	8 m	
	Altura	25 m	
	Persistência das folhas	Permanente	
15	Nome científico	<i>Bougainvillea glabra</i>	
	Nome popular	Três-Marias	
	Diâmetro da copa	5 m	
	Altura	18 m	
	Persistência das folhas	Permanente	



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br