



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



YUNA KOYANAGI

**IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E ASPECTOS URBANOS NA
CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ, BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2019

YUNA KOYANAGI

**IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E ASPECTOS URBANOS NA
CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cesar Manosso.

FRANCISCO BELTRÃO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**Identificação de ilhas de calor e aspectos urbanos na cidade de
Francisco Beltrão, Paraná, Brasil**

por

Yuna Koyanagi

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 13 horas, do dia 01 de Julho de 2019, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

Fernando Cesar Manosso
(Presidente da Banca)

Naimara Vieira do Prado
(Membro da Banca)

Michelle Milanez Franca
(Membro da Banca)

Denise Andréia Szymczak
(Professora responsável pelo TCC)

Wagner de Aguiar
(Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental)

A Terra pode oferecer o suficiente para satisfazer as necessidades de todos os homens, mas não à ganância de todos os homens (Mahatma Gandhi).

RESUMO

KOYANAGI, Y. **Identificação de ilhas de calor e aspectos urbanos na cidade de Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.** 2019. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

Ao longo do processo histórico da espécie humana na Terra, o ambiente natural tem sido alterado de acordo com as diversas necessidades sociais. A busca pela sobrevivência e a formação da vida em sociedade afetaram as condições pré-existentes e resultaram em um ambiente modificado. O crescimento populacional, aliado a urbanização e o alto consumo combinados desencadearam inúmeros problemas aos ecossistemas, entre eles, a degradação da qualidade do ar. A substituição de áreas permeáveis pela pavimentação e a verticalização das construções em centros urbanos acarretaram modificações de características do microclima em cidades, o chamado clima urbano. O fenômeno representativo do clima urbano instaurado pelo processo de urbanização, é denominado Ilha de Calor Urbano. Esse fenômeno é conhecido pela alteração de balanço termo calorífico entre os centros urbanos e suas áreas de entorno. Trata-se do armazenamento de calor nos materiais durante o dia e a liberação de calor durante a noite. O presente estudo teve como objetivo identificar o processo de formação das ilhas de calor urbano e a caracterização das áreas que apresentaram esse fenômeno na cidade de Francisco Beltrão, localizada no sudoeste do Paraná. Para isso, foi realizado o mapeamento do desvio termo-higrométrica, com dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados ao longo de transectos móveis na cidade, que englobaram diferentes características do espaço urbano. Através do mapeamento foi possível identificar regiões que apresentaram desvio de 2,72°C, 5,6°C, 2,37°C acima da média de temperatura e 12,91%, 9,4%, 8,24% abaixo da média da umidade do ar. Nos mapas gerados foi possível identificar temperaturas amenas nas extremidades do perímetro urbano e temperaturas maiores nas áreas com densa urbanização.

Palavras-chave: Clima urbano. Qualidade do ar. Francisco Beltrão.

ABSTRACT

KOYANAGI, Y. **Identification of heat islands and urban aspects in the city of Francisco Beltrão, Paraná, Brazil.** 2019. 48 p. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering). Federal Technological University of Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

Throughout the historical process of the human species on Earth, the natural environment has been altered according to the various social needs. The quest for survival and the formation of life in society affected pre-existing conditions and resulted in a modified environment. Population growth, coupled with urbanization and high consumption combined, have triggered numerous problems for ecosystems, including the degradation of air quality. The replacement of permeable areas by paving and the verticalization of buildings in urban centers led to changes in microclimate characteristics in cities, the so-called urban climate. The phenomenon representative of the urban climate established by the process of urbanization, is called Island of Urban Heat. This phenomenon is known for the alteration of the thermal heat balance between the urban centers and their surrounding areas. It is the storage of heat in the materials during the day and the release of heat at night. The present study aimed to identify the process of formation of the urban heat islands and the characterization of the areas that presented this phenomenon in the city of Francisco Beltrão, located in the southwest of Paraná. For this, the mapping of the thermo-hygrometric variation was performed, with temperature and relative humidity data collected along mobile transects in the city, which encompassed different characteristics of the urban space. Through the mapping, it was possible to identify regions that presented a variation of 2.72°C, 5.6°C, 2.37°C above the average temperature and -12.91%, -9.4%, - 8.24% below the mean humidity donate. In the maps generated it was possible to identify mild temperatures at the edges of the urban perimeter and higher temperatures in areas with dense urbanization.

Keywords: Urban climate. Air quality. Francisco Beltrão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações do SIMEPAR nas datas das coletas de dados.	21
Tabela 2 - Amplitude da temperatura do ar nas coletas.	23
Tabela 3 - Amplitude do desvio de temperatura do ar nas coletas.	25
Tabela 4 - Amplitude da umidade do ar nas coletas.	29
Tabela 5 - Amplitude do desvio de umidade relativa do ar nas coletas.	31
Tabela 6 - Desvio de umidade e temperatura do ar nos núcleos de ilhas de calor.	34
Tabela 7 - Características urbanas dos setores censitários que apresentaram núcleos de ilhas de calor.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de ilhas de calor urbano segundo Oke (1976).....	13
Figura 2 - Mapa de localização da cidade de Francisco Beltrão.	16
Figura 3 - Climograma anual da temperatura e precipitação média de Francisco Beltrão.....	17
Figura 4 - Mapa de distribuição dos bairros e dos setores censitários de Francisco Beltrão.	17
Figura 5 - Distribuição dos setores censitários e transectos móveis utilizados para coleta dos dados em Francisco Beltrão.	20
Figura 6 - Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.....	24
Figura 7 – Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.....	24
Figura 8 - Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.....	25
Figura 9 - Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.....	26
Figura 10 – Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.....	26
Figura 11 – Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.....	27
Figura 12 - Desvio de temperatura maior que 1°C nas coletas de dados em Francisco Beltrão.	28
Figura 13 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.....	29
Figura 14 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.....	30
Figura 15 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.....	30
Figura 16 - Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.....	31
Figura 17 – Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.....	32

Figura 18 – Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.....	32
Figura 19 – Quantidade de casas por setores censitários em Francisco Beltrão.	35
Figura 20 – Lotes com pavimentação por setores censitários em Francisco Beltrão.....	36
Figura 21 – Lotes com arborização nos setores censitários em Francisco Beltrão.....	37

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	OBJETIVOS	8
2.1	Objetivo geral	8
2.2	Objetivos específicos	8
3.	REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1	Temperatura e umidade do ar	9
3.2	Albedo	9
3.3	Qualidade do ar e a urbanização	10
3.4	Clima urbano e ilhas de calor	11
3.5	Diversidade das ilhas de calor.....	13
3.6	Aspectos legais	14
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1	Caracterização da área de estudo	16
4.2	Método e procedimentos.....	18
4.3	Temperatura e umidade relativa do ar <i>in situ</i>	19
4.4	Características urbanas de Francisco Beltrão.....	21
4.5	Método de interpolação.....	22
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1	Coleta de dados	23
5.2	Características urbanas.....	34
6.	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

A sociedade, a longo da sua trajetória de adaptação e evolução sempre produziu relações diretas com o ambiente natural, muitas vezes o transformando para a sua própria sobrevivência. Durante esse processo, alguns fatos históricos acentuaram os impactos ao meio ambiente, como a Revolução Industrial, que ocorreu a partir do século XVIII na Inglaterra. Esse período foi marcado pelo êxodo rural e conseqüente aglomeração urbana, processo que se repetiu em outros momentos posteriores em vários países europeus. O crescimento populacional associado a industrialização desordenada resultou em uma ameaça ao equilíbrio ambiental. A proporção do impacto ambiental gerado pela apropriação do meio natural nessa época, não tinham sido antes observados na história (SILVA, 2017).

Entre os impactos ambientais mais significativos resultantes da Revolução Industrial está o lançamento de poluentes na atmosfera. Porém, somente após dois séculos, a preocupação com a qualidade ambiental alcançou escalas globais. Hogan (2017) cita alguns momentos na história que marcaram a poluição atmosférica, como o que ocorreu em 1930 no Vale do Meuse, na Bélgica, onde uma intensa névoa em uma zona industrial provocou sessenta mortes. Esse mesmo autor descreve o acontecido em 1952, em Londres, conhecido como “A Névoa Matadora” ou *smog* fotoquímico, que resultou em mais de quatro mil mortes, devido a inversão térmica.

Como resposta à preocupação quanto aos problemas ambientais que atingiram nível global, alguns tratados internacionais foram acordados entre países potencialmente poluidores. O primeiro ocorreu na Suécia, em 1972 e ficou conhecido como Conferência de Estocolmo, onde foram abordados temas relacionados principalmente à poluição atmosférica e aos recursos naturais. Embora não tenha sido afirmado um acordo com metas concretas de redução da poluição, obteve-se como resultado o primeiro documento internacional que reconheceu o direito humano a um ambiente de qualidade.

Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, que ocorreu no Rio de Janeiro, metas ambientais foram firmadas, visando estabilizar as concentrações dos gases dióxido de

carbono e metano. Outro tratado foi o Protocolo de Kyoto, que ocorreu em 1997 no Japão, onde foi instituído que os países envolvidos se comprometeriam em reduzir a emissão de gases poluentes em aproximadamente 5%.

Em 2015 na 21ª Conferência das Partes que aconteceu em Paris, 189 países firmaram um acordo em definir metas individuais para a redução de CO₂. O acordo foi adotado após pesquisadores alertarem a possibilidade de aumento da temperatura da Terra entre 2°C a 5°C, o que poderia causar vários impactos negativos a biodiversidade (VITAL, 2018). O Brasil adotou o acordo e assumiu o compromisso de reduzir até 2025 o total de 37% da emissão de gases do efeito estufa, em relação ao emitido no ano de 2005.

Apesar dessas iniciativas visando minimizar os impactos ambientais, a interferência humana no ambiente natural foi inevitável. Associado a urbanização acelerada, as alterações no clima local dos centros urbanos se estabeleceram. Essa alteração caracteriza o clima urbano e afeta diretamente a temperatura e umidade nas cidades (AMORIM, VIANA, 2008). Ao fenômeno representativo do clima urbano das cidades é atribuído o termo Ilha de Calor, que se comporta conforme a absorção de calor durante o dia e irradiação da energia absorvida durante a noite (SANTOS, 2014). Esse comportamento está relacionado a alguns fatores urbanos, como o tipo de construção, principalmente edifícios que interferem na circulação do ar, a pavimentação das ruas que possui propriedades físicas que absorvem a radiação solar, a ausência de vegetação e áreas permeáveis, e a poluição atmosférica.

Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo identificar o fenômeno de formação das ilhas de calor na cidade de Francisco Beltrão, localizada na região Sudoeste do estado do Paraná. Em conjunto, buscou-se caracterizar os locais que apresentam núcleos de ilhas de calor, no que diz respeito aos seus aspectos urbanos, cujos dados foram provenientes do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que ocorreu em 2010. A identificação das ilhas de calor ocorreu com base no desvio termo-higrométrico ao longo do perímetro urbano da cidade, representado por meio de quatro transectos que abrangeram diferentes características urbanas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Localizar a formação de ilhas de calor e identificar os aspectos urbanos presentes nessas regiões, ao longo do perímetro urbano de Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

2.2 Objetivos específicos

- Mapear o desvio termo-higrométrica ao longo da área urbana da cidade de Francisco Beltrão, visando a identificação de ilhas de calor;
- Mapear os aspectos urbanos escolhidos através dos dados provenientes do IBGE;
- Identificar as características urbanas das regiões que apresentaram as ilhas de calor.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Temperatura e umidade do ar

As características do clima em um ambiente são compostas por elementos que entre eles podemos destacar dois, a temperatura e a umidade. A temperatura é uma grandeza física diretamente proporcional a soma de energia interna de um corpo proveniente da movimentação ou agitação das suas moléculas. Quanto maior a agitação das moléculas, maior é a temperatura (CRETON, STHEL, 2011). Para a medição da temperatura do ar são utilizados aparelhos que contém elemento sensor, o qual possui propriedade variante conforme a temperatura, os chamados termômetros.

A principal fonte de energia térmica da Terra é o Sol. Durante o dia, a incidência dos raios solares ocorre de forma mais intensa ao meio-dia e durante a tarde a Terra continua recebendo mais energia do que perdendo, até que se atinja um equilíbrio de ganho e perda. Esse equilíbrio ocorre de forma vagarosa e geralmente a temperatura mais elevada do dia é entre as 14h e 17h. Quando atingido o equilíbrio, a Terra somente perde calor até que o Sol volte a irradiar novamente (FILHO, 2006).

A umidade do ar se refere a quantidade de água existente no ar na forma de vapor. A umidade relativa do ar é expressa pela razão da quantidade de pressão de vapor de água contido numa região e da quantidade de pressão do vapor dessa mesma região se estivesse saturada, na mesma temperatura. Normalmente a umidade relativa é expressa em porcentagem, de 0% a 100% (CRETON, STHEL, 2011). O instrumento comumente utilizado para medir a umidade do ar é denominado higrômetro. Os higrômetros digitais medem a umidade através da condutividade elétrica da água presente no ar.

3.2 Albedo

De toda energia solar que a Terra recebe, aproximadamente 51% atinge a superfície e depois a maior parte dessa energia é refletida para a atmosfera (CRETON, STHEL, 2011). A capacidade de uma superfície refletir a radiação

solar ou a relação entre a energia que uma superfície recebe e libera, é denominada albedo (FILHO, 2006). O albedo varia conforme as propriedades físicas de uma superfície. Quanto mais escura a superfície, menor é o albedo, pois a energia que se armazena nessas superfícies é maior que a liberada.

Ao substituir áreas florestadas por superfícies impermeáveis como o asfalto, ocorre um desequilíbrio energético. As árvores absorvem grande parte da energia solar pela fotossíntese e através da evapotranspiração promovem a retirada de calor de um ambiente. Quanto ao asfalto, a energia absorvida por este material é liberada para o ar em contato com a superfície, aumentando a temperatura (CRETON, STHEL, 2011).

3.3 Qualidade do ar e a urbanização

O ar é uma mistura gasosa que constitui a atmosfera. A massa de ar é composta por 78,6% de nitrogênio, 20,9% de oxigênio, 0,5% de argônio e o restante de outros gases (SILVA, 2008). Trata-se da matéria prima vital mais importante, pois na ausência do ar não há vida. A essencialidade do ar se faz presente na respiração, na fotossíntese, na dispersão das sementes, na manutenção do clima, na oxidação e outros processos químicos.

A qualidade do ar resulta da interação de alguns fatores do ambiente, como o arranjo geomorfológico regional, as condições meteorológicas, emissões naturais e a urbanização. Os centros urbanos e todos os processos gerados nele, podem alterar a qualidade do ar desde o seu estabelecimento. A urbanização causa a substituição da vegetação por pavimentações, emissões de poluentes pela industrialização, emissão de gases por fontes móveis, verticalização nas construções, queimadas de vegetação e resíduos, e a produção em larga escala na agropecuária. A combinação desses fatores oriundos da urbanização determina o balanço energético do ambiente, ou seja, o modo pelo qual o calor é absorvido, refletido e transportado no ambiente urbano (MARTINS, 2013).

A urbanização tem aumentado nas últimas décadas. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) em 2014, 54% da população mundial viviam em áreas urbanas, embora haja variabilidade dos níveis de urbanização

entre os países. Espera-se que o crescimento continue acelerado e que até 2050 a população que viverá em áreas urbanas atinja 66%. No Brasil, o quadro não é diferente. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 o percentual de população que residia em ambiente intra-urbano era de 84,4%. Em Francisco Beltrão esse cenário se repete. Segundo dados do Censo Demográfico do IBGE (2010) aproximadamente 85,5% da população que reside em Francisco Beltrão se encontrava na zona urbana.

Logo, a magnitude da interferência urbana no ambiente natural é altamente significativa. O desenvolvimento de centros urbanos usualmente desconsidera os aspectos ambientais. A falta de planejamento urbano resulta em agravos ao meio ambiente, que possuem influência direta na qualidade do ar.

3.4 Clima urbano e ilhas de calor

O clima urbano é definido por Monteiro e Mendonça (2011) como “um sistema que abrange o clima urbano de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Segundo os mesmos autores, seus principais efeitos são ligados ao conforto térmico, à qualidade do ar e as variações pluviométricas. O clima local afeta a população que possui contato direto com os efeitos causados por ele, o meio ambiente pela alteração das características naturais pré-existentes e a economia devido aos gastos com os efeitos causados pela alteração do microclima.

Segundo Mendonça (2000), o ambiente urbanizado causa mudanças no balanço energético da atmosfera e os principais indicadores são a temperatura e a umidade relativa do ar, os ventos, e nas cidades tropicais a precipitação. O desequilíbrio termo-higrométrico causado nesse ambiente, é definido como ilha de calor urbana (ICU). Trata-se do fenômeno que contribui para o armazenamento de calor na cidade durante o dia e liberação durante a noite, correspondente às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais (SANTOS, 2014).

A formação das ICUs ocorre paralelamente ao processo de urbanização. A retirada de vegetação e substituição por áreas construídas resultam na

elevação do índice de albedo. Com isso, o solo retém menor quantidade de energia e aumenta a refletância da radiação solar. Como consequência, verifica-se um desequilíbrio térmico nas cidades (CONTI, 2011).

Diversos estudos já foram realizados visando entender o comportamento e a ocorrência de ilhas de calor urbano. Como o de Amorim (2005) na cidade de Presidente Prudente, São Paulo, com o objetivo de analisar a intensidade e a forma da ICU em dias representativos de inverno. O estudo foi realizado através da metodologia de transectos móveis, com o auxílio de dois veículos. Foram coletados dados de temperatura do ar em 120 pontos, em julho de 2002 entre as 20h até 20:45h. O resultado comprovou a presença de ICU de alta magnitude, alcançando amplitude de temperatura de até 9,6°C.

A mesma autora realizou outro estudo relacionado a ICU, na cidade de Tapejara, Paraná. A metodologia utilizada no estudo foi a proposta por Monteiro (1976) por meio do subsistema termodinâmico, e através de dados da estação meteorológica de Cianorte/PR. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados em seis pontos da área urbana e um ponto na área rural em três períodos representativos do dia, para o mês de julho de 2014. Os resultados apresentaram amplitude de até 6,5°C em dias de atmosfera estável, caracterizando ICU de forte magnitude (CALDERON, AMORIM, 2017).

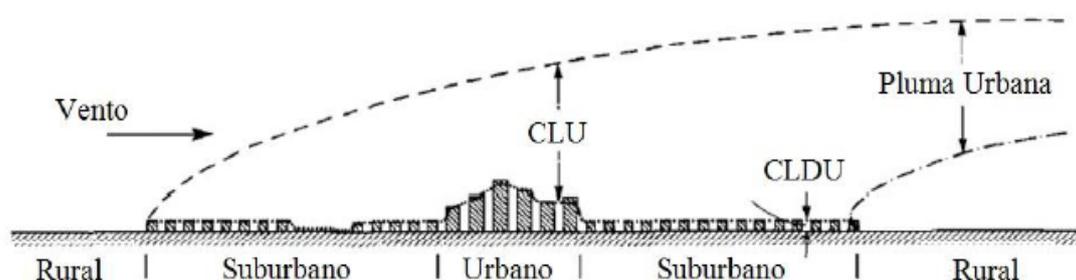
Igualmente, utilizando o método de transectos móveis com medições de temperatura e umidade do ar, Santos (2014) realizou a análise da influência da ocupação do solo no microclima de Cuiabá, Mato Grosso. Esse estudo analisou o comportamento das ICUs nas quatro estações do ano. Os autores obtiveram como resultado que no inverno as temperaturas na ICU alcançaram a maior amplitude, chegando a 2,64°C sendo justificado pela baixa umidade presente no ar nessa estação do ano.

Além da metodologia por transectos móveis, há a opção de analisar as ICUs através do Sensoriamento Remoto. No estudo de Nascimento e Barros (2009) foi utilizada essa metodologia para a identificação e análise de ICU em Goiânia, Goiás, em 2001. O trabalho teve como base a classificação da cobertura do solo e o mapeamento do campo térmico por imagens do satélite Landsat7. Como resultado os autores constataram ICU com amplitude térmica de até 10°C entre área urbana e rural do município.

3.5 Diversidade das ilhas de calor

As ilhas de calor podem ser classificadas em três tipos. O primeiro e o segundo modelo são referentes à Oke (1976), em que afirma dois tipos de ilhas de calor urbana, uma governada por processos que ocorrem em microescala e a outra em mesoescala. A primeira camada, classificou como Camada Limite do Dossel Urbano (CLDU) que abrange o ar entre as construções urbanas, ou seja, o ar entre o solo e os telhados. Nessa camada sucede o fluxo de calor decorrente da ação antrópica. A segunda camada, referente a mesoescala, encontra-se acima da primeira e o autor denominou de Camada Limite Urbana (CLU).

Figura 1 - Tipos de ilhas de calor urbano segundo Oke (1976).



Fonte: adaptado de Oke, 1976.

Martins (2013) relata que o monitoramento das ilhas de calor do tipo CLDU é realizado próximo a superfície através de sensores fixos na cidade e entorno, ou por estações móveis de temperatura. Enquanto o monitoramento das ilhas de calor do tipo CLU são realizadas em maiores alturas com o auxílio de torres, radiossondagem e instrumentos montados em aeronaves.

O terceiro tipo de ilha de calor urbana foi apresentado por Voogt (2003) denominada Ilha Urbana de Calor de Superfície (IUCS), referente a variação de radiação solar incidente nos diversos tipos de materiais da superfície, em conjunto a velocidade do vento. Esse modelo geralmente utiliza medições realizadas *in situ* ou através do Sensoriamento Remoto (MARTINS, 2013).

3.6 Aspectos legais

Ao decorrer do tempo a criação de leis que regessem o meio ambiente se tornou necessária. Em 1981, através da Lei nº 6.938, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), com objetivo de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia a vida, assegurando condições ao desenvolvimento socioeconômico aliado a proteção da dignidade da vida humana. Para alcançar esses objetivos a lei define alguns instrumentos, entre eles, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental e o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente.

Nesse contexto, a Resolução 05/1989 institui o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR) como um dos instrumentos da gestão ambiental para a proteção da saúde, bem-estar e melhoria da qualidade de vida das populações, pela limitação dos níveis de poluentes por fontes de poluição atmosférica.

Na esfera estadual, a resolução que rege o Paraná quanto as questões da qualidade do ar é a SEMA 016/2014. Tem como objetivo definir critérios para o Controle da Qualidade do Ar como instrumento na gestão ambiental. Essa resolução estabelece os padrões de emissão atmosférica, critérios de atendimento para as fontes, os padrões de condicionamento e as metodologias de determinação de emissões. A resolução visa a melhoria na qualidade do ar e a preservação da qualidade do ar em áreas não degradadas.

Como visto até então, a maioria das legislações brasileiras referentes a qualidade do ar são voltadas ao controle de emissões atmosféricas. Algumas exceções são observadas, como leis municipais que visam a mitigação das ilhas de calor através de outros instrumentos. Como exemplo, a Lei Ordinária nº 6551/2009 de Guarulhos que institui o Programa Ilhas Verdes (PIV) com o objetivo de combater as ilhas de calor da cidade. Entre as ações listadas na lei estão a arborização de vias, praças e terrenos particulares; a implantação de telhado verde ou jardim suspenso em empresas e a recuperação de áreas com intensa formação de ilhas de calor através de minibusques.

Em Francisco Beltrão o Plano Diretor prevê como diretriz da Política Ambiental do município a manutenção e ampliação da arborização das ruas e criação de áreas verdes. No Art. 90 do Plano Diretor são listadas ações

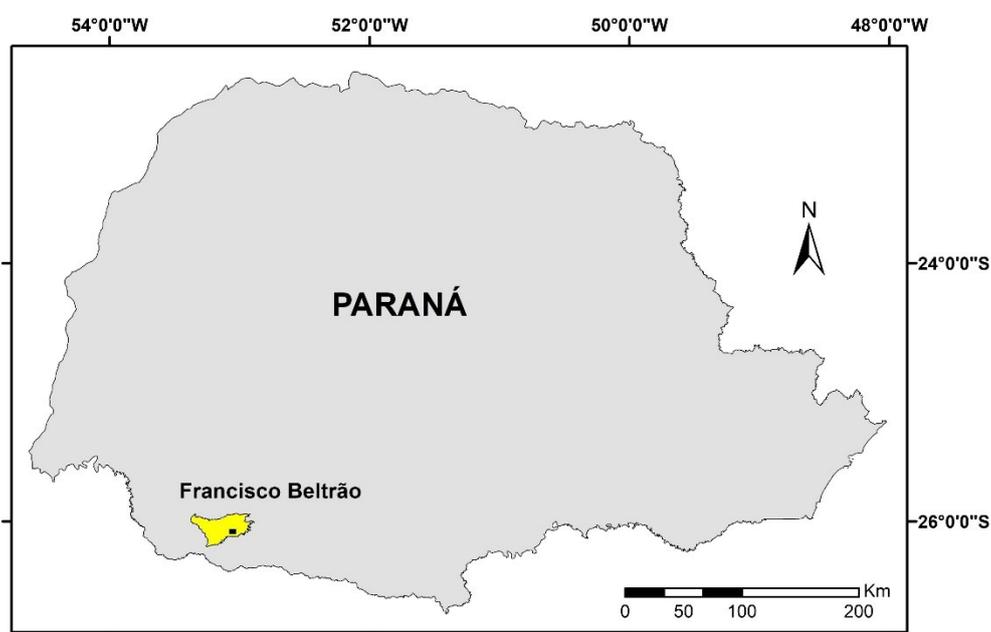
estratégicas para a gestão da Política Municipal de Meio Ambiente e entre elas é citada a parceria entre os setores públicos e privado, por meio de incentivos fiscais e tributários, para a implantação de áreas verdes arborizadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado em Francisco Beltrão, que está localizado na região Sul do Brasil (Figura 2), sudoeste do estado do Paraná. O perímetro urbano da cidade está localizado em um raio médio de 3 km a partir das margens esquerda e direita do médio curso do rio Marrecas, com altitudes entre 550 a 650 metros.

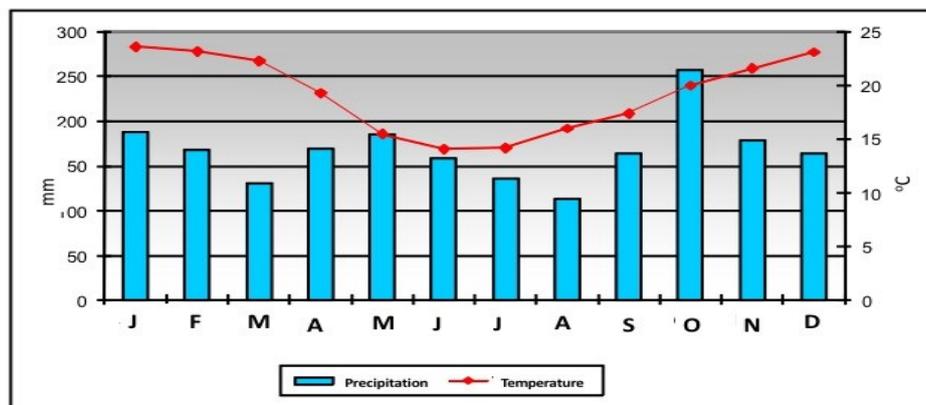
Figura 2 - Mapa de localização da cidade de Francisco Beltrão.



Fonte: autoria própria.

A cidade caracteriza-se pela sua situação subtropical, com clima mesotérmico, elevada amplitude térmica, chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Figura 3) e sem estações secas definidas (NIMER, 1989). Se insere no contexto de transição do clima tipo Cfa (Tropical úmido mesotérmico) e o clima do tipo Cfb (Clima Temperado mesotérmico), (TREWARTHA e HORN, 1980).

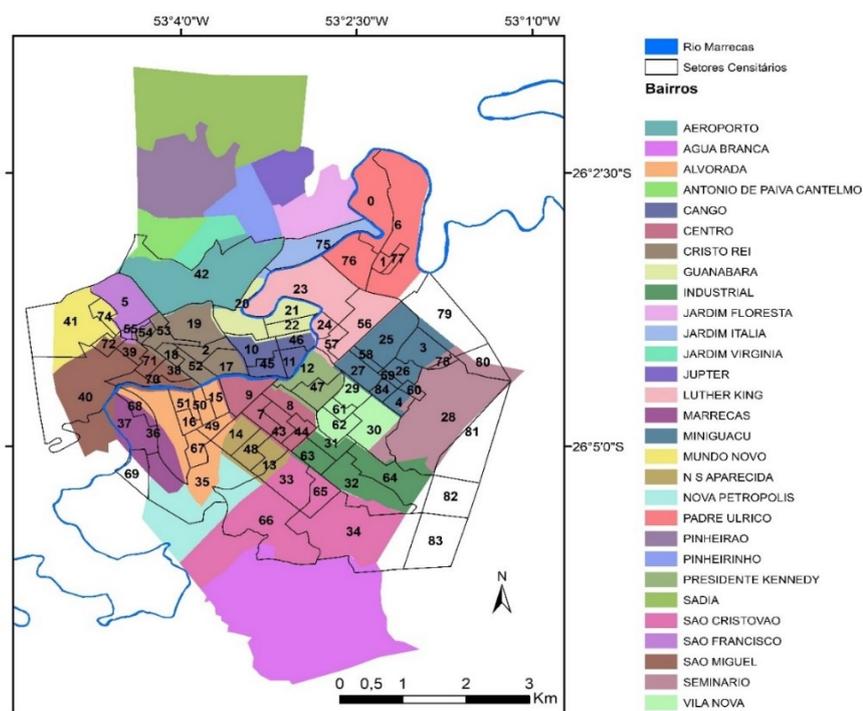
Figura 3 - Climograma anual da temperatura e precipitação média de Francisco Beltrão.



Fonte: Série histórica da Estação Agrometeorológica do IAPAR, Francisco Beltrão (1974-2016)

A área de estudo considerada para esse trabalho é a que abrange os setores censitários utilizados nos censos demográficos do IBGE de 2010 representado na figura 4 abaixo. Os bairros que não estão dentro do limite dos setores censitários não foram considerados, pois apresentam uma descontinuidade urbana espacial que prejudicaria a interpolação dos dados.

Figura 4 - Mapa de distribuição dos bairros e dos setores censitários de Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

4.2 Método e procedimentos

Conforme as tipologias de ilhas de calor urbana existentes, o trabalho considerou a Camada Limite do Dossel Urbano (CLDU), que representa o ar entre o solo e os telhados na cidade. Os dias para as coletas foram escolhidos aleatoriamente, priorizando os que apresentaram condições atmosféricas de céu aberto e em diferentes estações, para abranger diferentes características do clima.

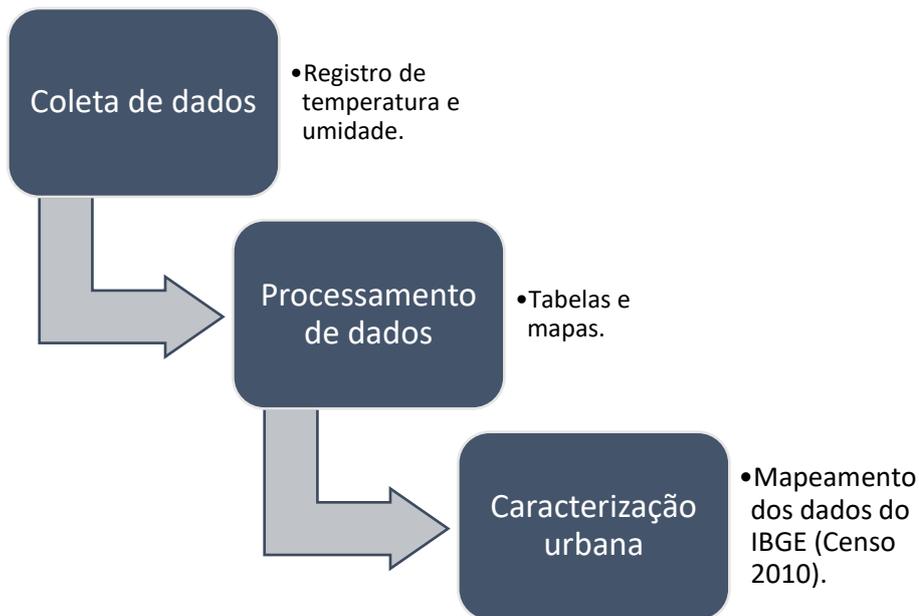
A realização desse trabalho teve como base o método Sistema Clima Urbano, proposto por Monteiro (1976), que compreende o sistema termodinâmico, o hidrometeorológico e o físico-químico. Essa metodologia aborda os elementos meteorológicos e a paisagem urbana. A ênfase dessa pesquisa é o subsistema termodinâmico, que está relacionado aos estudos de conforto térmico.

O estudo foi dividido em duas etapas. Inicialmente foram realizadas as coletas de dados referente a temperatura e umidade relativa do ar ao longo de transectos móveis pré-definidos (Figura 5). Esses dados foram organizados em tabelas e processados conforme seu desvio em relação à média de cada transecto, para posterior interpolação e representação espacial cartográfica, com intuito de observar a ocorrência e tendência do processo de ilhas de calor.

A segunda etapa teve como objetivo a identificação das características urbanas das regiões que apresentaram elevado desvio espacial termo-higrométrica, utilizando os dados socioeconômicos do Censo Populacional do IBGE de 2010, organizados por setores censitários, através de uma planilha do *software* Excel. Para isso, os dados socioeconômicos foram representados cartograficamente sobre a base dos setores censitários para melhor visualização de dados.

Abaixo, segue um fluxograma para melhor compreensão das etapas realizadas no desenvolvimento deste trabalho (Fluxograma 1).

Fluxograma 1 - Etapas do desenvolvimento do trabalho.

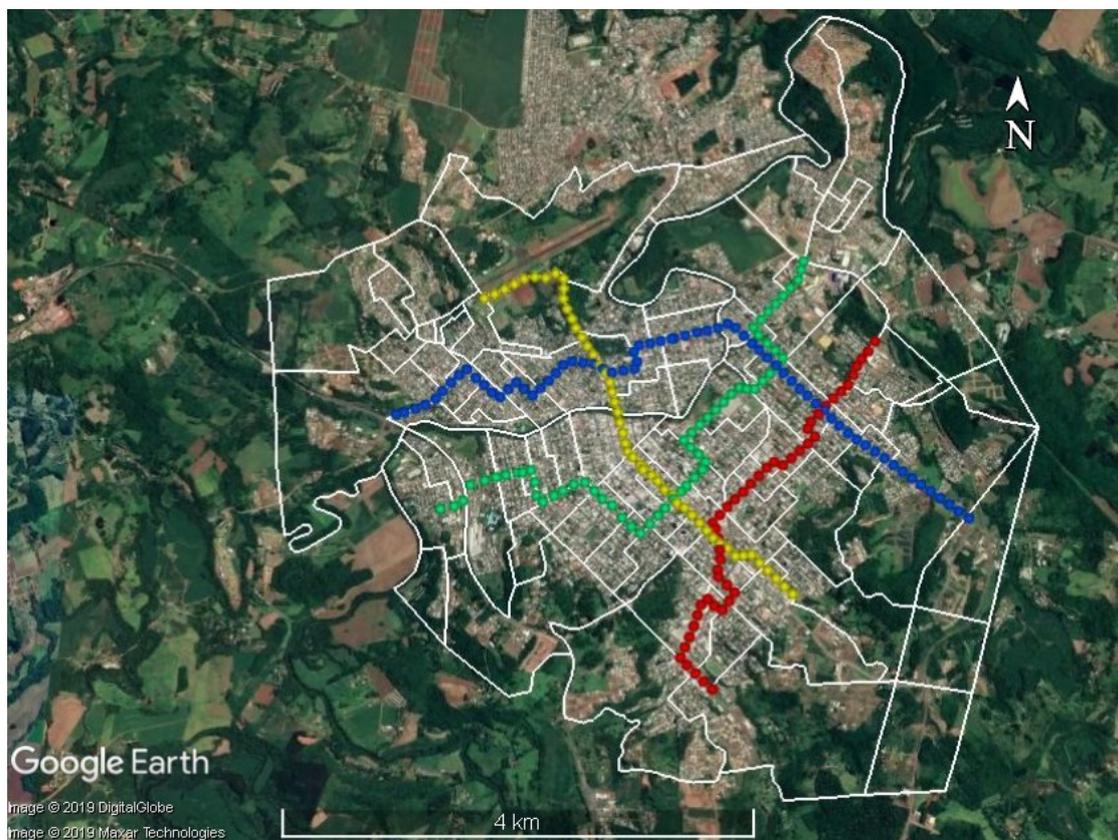


4.3 Temperatura e umidade relativa do ar *in situ*

A coleta de dados referente a temperatura e umidade se sucedeu conforme a metodologia proposta por Monteiro (1990) e Gartlant (2010), através de transectos com medições móveis. Para isso, foram pré-definidos quatro transectos (Figura 5) que foram percorridos na cidade, que englobaram diferentes características do espaço urbano. Os quatro transectos possuem extensão total de 5 a 7 km e sua disposição procurou abranger a maioria dos bairros da cidade, desde as extremidades do perímetro urbano, até a região central, projetado sobre a malha das ruas e avenidas, dispendo ao longo de sua extensão, áreas tipicamente comerciais, mistas, residenciais e peri-urbanas.

Figura 5 - Distribuição dos setores censitários e transectos móveis utilizados para coleta dos dados em Francisco Beltrão.

M



Fonte: Imagens de satélite Google Earth e limite dos setores censitários IBGE 2010.

As coletas de dados de temperatura e umidade foram realizadas em três dias, abrangendo diferentes estações do ano. A escolha das datas para as coletas ocorreu aleatoriamente, priorizando dias com condições atmosféricas de poucas nuvens para que se tivesse menos interferência do tempo nos resultados. Os transectos foram percorridos por oito voluntários, cada um seguindo em direção das extremidades ao centro da cidade, simultaneamente, e a cada 100 metros ao longo de sua extensão foi aferido e registrado a temperatura e umidade relativa do ar através de um termômetro digital e independeram do efeito da sombra ou lado nas vias, sendo aferido entre o passeio público (quando existia) e a rua. Para auxílio na rota e padronização da frequência de coleta e registro dos dados ao longo do trajeto, foi utilizado o GPS Garmin Map76 disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão.

O trajeto foi percorrido a pé, não ultrapassando 30 minutos, de modo que as alterações nos dados observados não tivessem influência da variação normal diária. O termômetro digital foi acoplado em hastes de madeira com 1,2 metros de altura e com abrigo meteorológico para a uniformização dos dados. Foram realizadas três coletas, a primeira em agosto de 2018, a segunda em novembro de 2018 e a terceira em maio de 2019. As coletas ocorrem no mesmo horário, as 15 horas, exceto na coleta de novembro, que devido ao horário de verão foi realizada as 16 horas. Nesses horários a malha urbana geralmente apresenta umidade relativa do ar mais baixa do que nos pontos rurais, com exceção em dias chuvosos (CALDERON, 2017).

Nos dias em que ocorreram as coletas de dados, foram registradas as informações do tempo constantes no site do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), as quais seguem a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Informações do SIMEPAR nas datas das coletas de dados.

Data	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade do vento (km/h)	Condição atmosférica
28/08/2018	25,0	38,4	7,7	Poucas nuvens
20/11/2018	27,7	48,7	5,4	Poucas nuvens
16/05/2019	23,1	56,1	15,1	Poucas nuvens

Fonte: autoria própria.

4.4 Características urbanas de Francisco Beltrão

Os dados referentes a caracterização urbana de Francisco Beltrão foram disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O censo que foi utilizado para esse fim é o mais recente, realizado em 2010. A análise foi realizada em escala de setor censitário para a maior precisão espacial dos resultados. O setor censitário é a unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formada por área contínua em um único quadro urbano ou rural, com dimensão de número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador (IBGE, 2018).

Os fatores escolhidos para esse estudo com fonte do IBGE foram a quantidade de casas por setor censitário, a quantidade de lotes com arborização

por setor censitário e a quantidade de lotes com pavimentação por setor censitário, pois acredita-se que são características que possam alterar o balanço termo calorífico entre os centros urbanos e suas áreas de entorno. Após a organização desses dados em tabela, foi realizado o mapeamento das variáveis, por setores censitários e representados por gradientes de cores.

4.5 Método de interpolação

Para espacialização dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, optou-se pelo modelo estimador de predição geoestatística IDW com auxílio da ferramenta 'interpolação e estatística zonal' do *software* QGIS 3.6. A interpolação é definida como uma ferramenta que utiliza valores conhecidos para estimar valores desconhecidos de uma mesma função.

O método de interpolação pelo Inverso da Distância Ponderada foi o escolhido para este trabalho. Este método atribui pesos para os dados amostrados e através destes estima valores para os pontos próximos. A interpolação IDW considera os pesos através da distância, atribuindo pesos maiores aos pontos mais próximos e diminuindo esse peso conforme a distância aumenta (RIGHI, BASSO, 2016) segundo a equação 1 abaixo.

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\alpha}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: Z = valores estimados;

x = número de amostras totais;

n = número de amostras utilizadas na estimativa;

x_i = valores conhecidos;

d_i = distâncias entre os valores conhecidos e estimados;

α = coeficiente de potência.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de dados

Nas coletas de dados, o principal indicador de ilhas de calor, a temperatura, apresentou amplitude térmica nas três coletas conforme a tabela 2 abaixo. Neste é possível observar que as temperaturas registradas durante as coletas na cidade foram maiores que as registradas na estação do SIMEPAR (Tabela 1), que fica localizada em um bairro retirado do centro urbano.

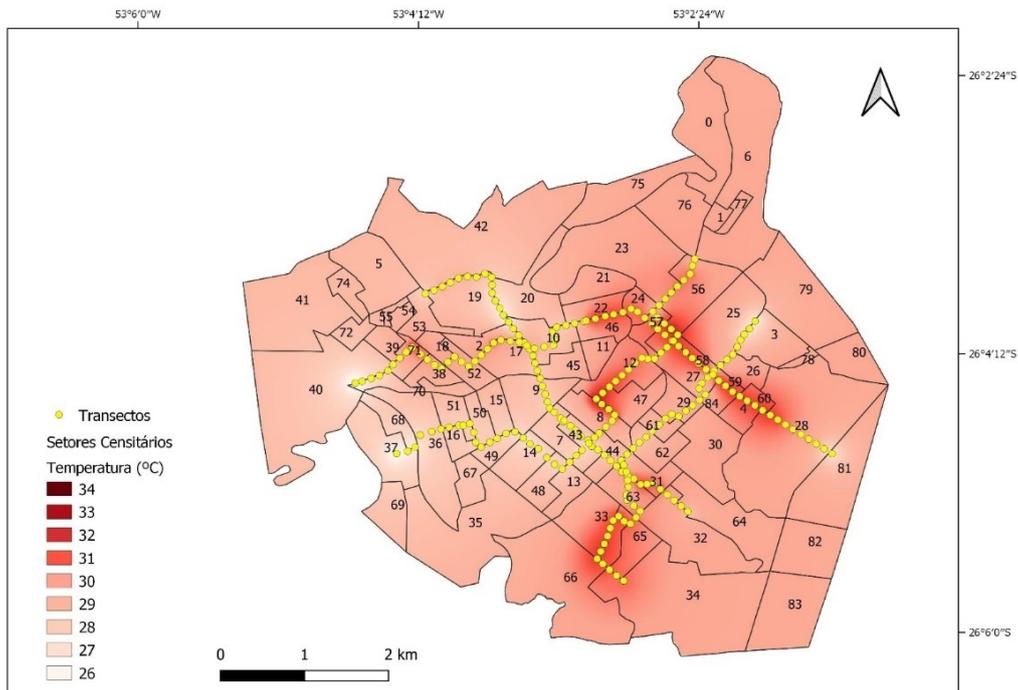
Tabela 2 - Amplitude da temperatura do ar nas coletas.

Data	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Amplitude térmica (°C)
28/08/2018	33,6	26,0	7,6
20/11/2018	39,8	31,0	8,8
16/05/2019	29,9	23,0	6,9

Fonte: autoria própria.

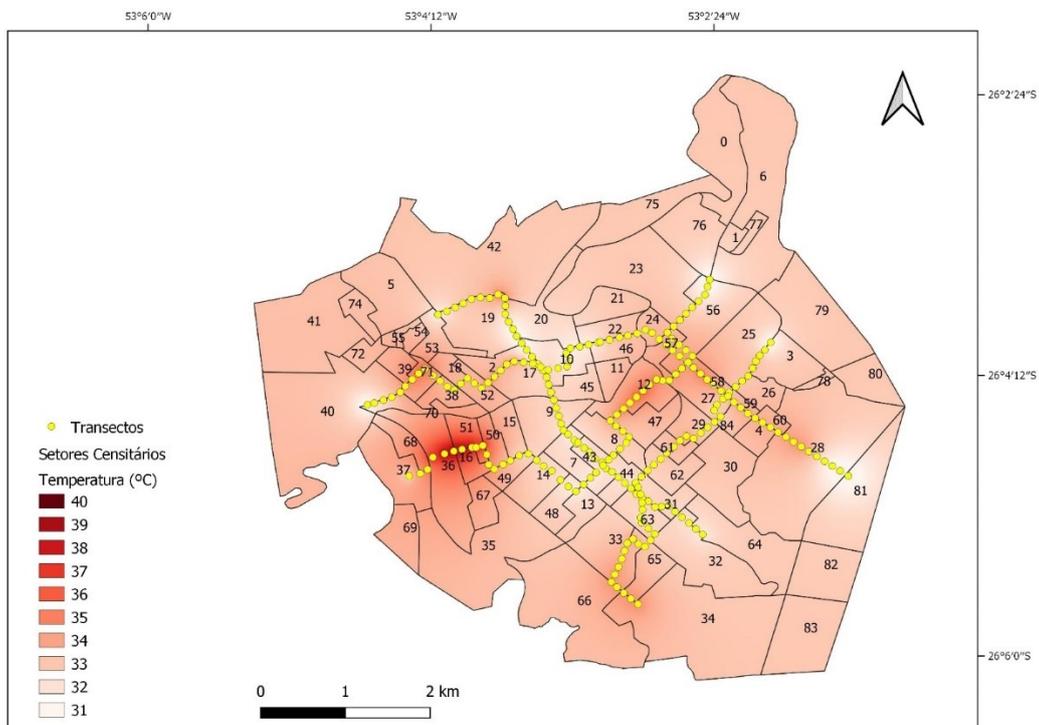
Através dos dados coletados, foram gerados os mapas de temperatura e umidade, sendo estes sobrepostos às delimitações dos setores censitários. Pelo método de interpolação IDW gerado pelo *software* QGIS, se observa valores estimados a partir da distância ponderada de um ponto amostral nos transectos pré-estabelecidos ao longo da cidade. As figuras 6, 7 e 8 representam os mapas de temperatura bruta na cidade, durante as três coletas de dados. As regiões mais claras representam locais com menor temperatura e as regiões mais avermelhadas representam locais mais quentes.

Figura 6 - Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.



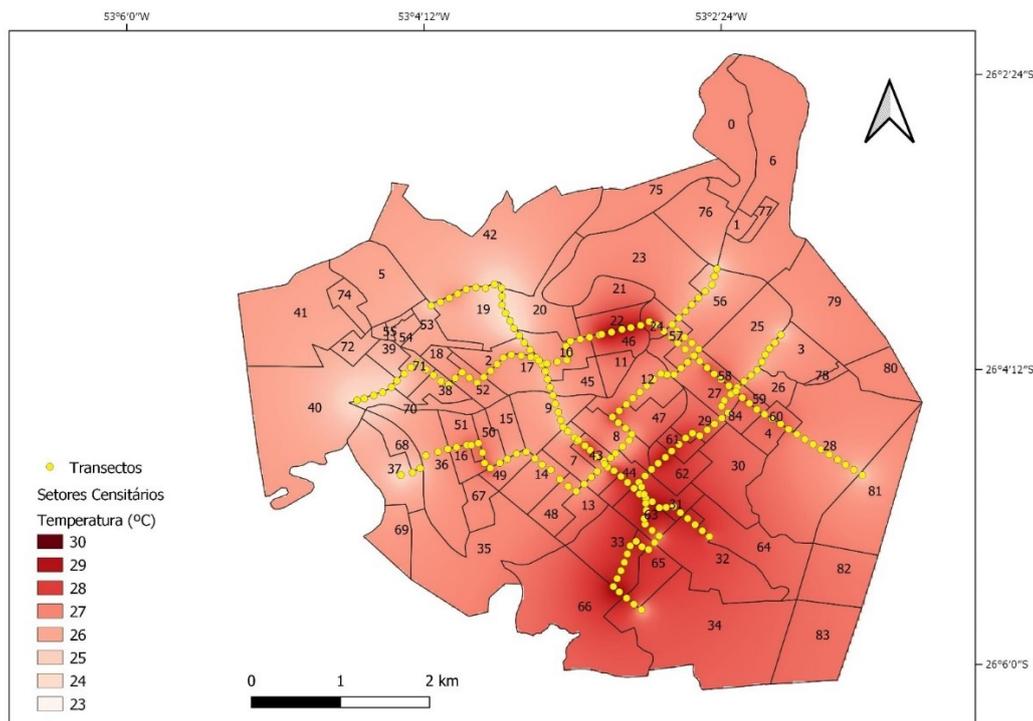
Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 7 – Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 8 - Mapa de distribuição da temperatura na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Com o intuito de identificar os núcleos de ilhas de calor na cidade, foram gerados os mapas de desvio da temperatura. Para isso, foram consideradas as médias de cada trajeto (referentes ao mesmo termômetro) e o desvio das temperaturas absolutas do mesmo trajeto em relação à média. Segue abaixo a tabela 3 com as variações máxima e mínima de cada coleta.

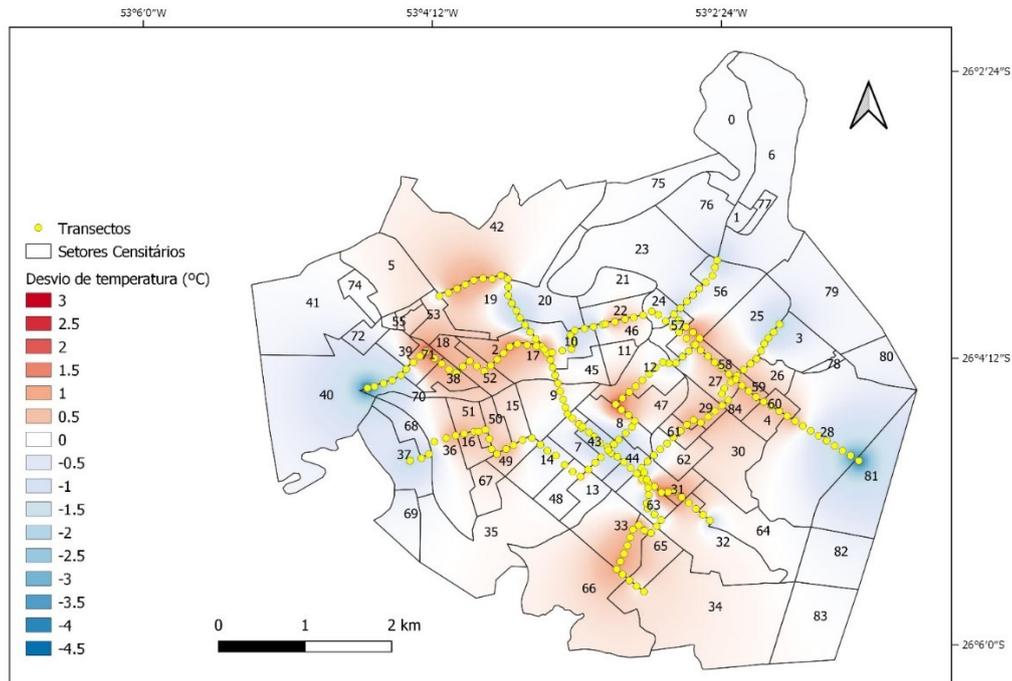
Tabela 3 - Amplitude do desvio de temperatura do ar nas coletas.

Data	Desvio máxima (°C)	Desvio mínima (°C)	Amplitude térmica (°C)
28/08/2018	2,72	-4,44	7,16
20/11/2018	5,60	-3,83	9,43
16/05/2019	2,37	-2,63	5,00

Fonte: autoria própria.

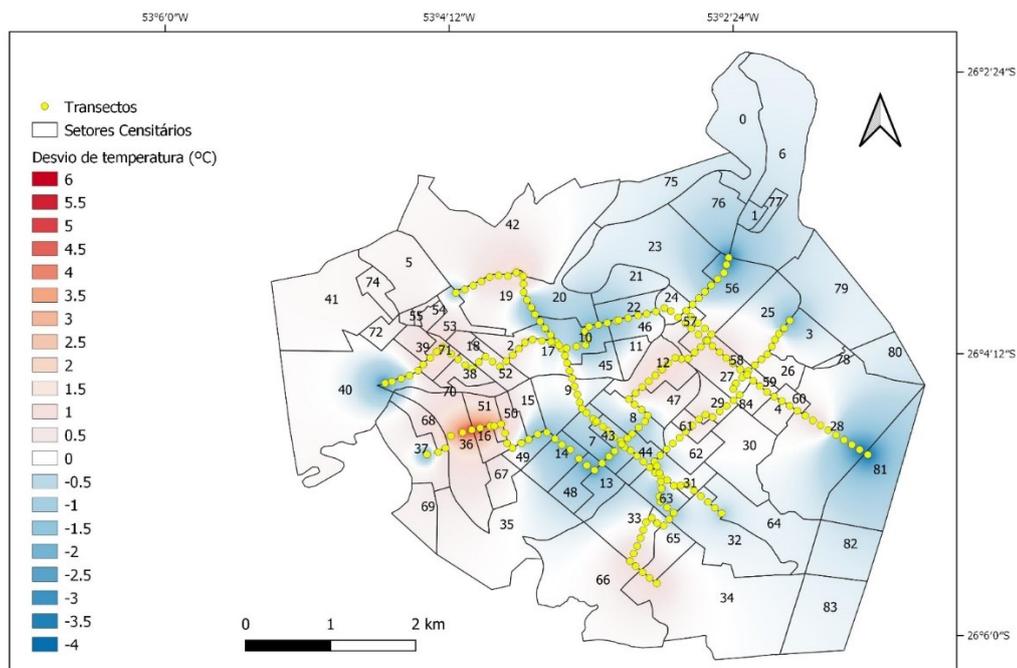
Como resultado, foram gerados os mapas das figuras 9, 10 e 11. Nestes, as regiões avermelhadas representam núcleos onde o desvio da temperatura se apresentou maior que a média, enquanto os locais azulados representam regiões com o desvio de temperatura abaixo da média.

Figura 9 - Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.



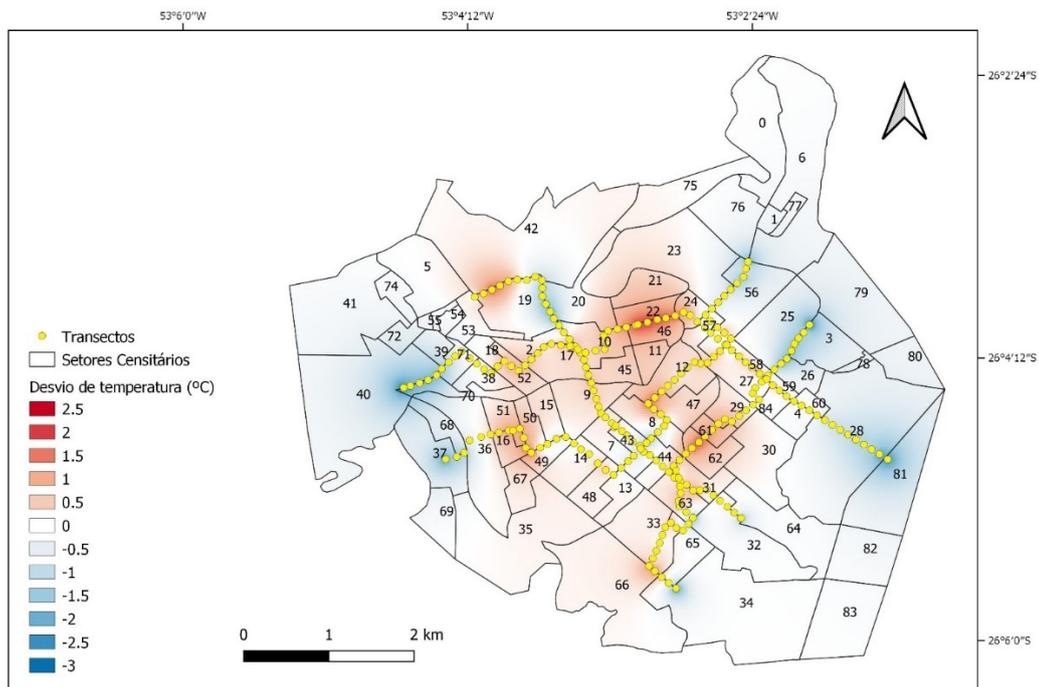
Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 10 – Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

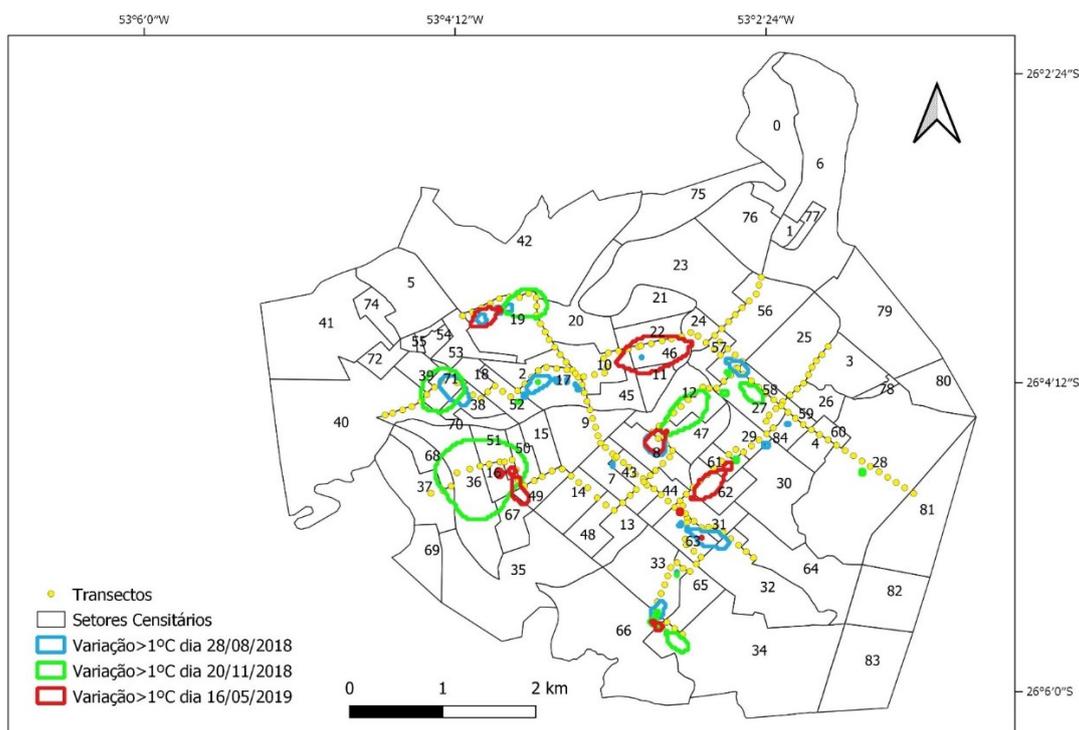
Figura 11 – Mapa do desvio de temperatura na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Com o intuito de identificar as regiões que apresentaram núcleos de desvio de temperaturas acima de 1°C da média em mais de uma coleta, foi gerado o mapa da figura 12. Neste os núcleos de ilhas de calor foram representados nas cores azul para a coleta do dia 28/08/2018, verde para o dia 20/11/2018 e vermelho para o dia 16/05/2019. Através deste mapa é possível identificar algumas regiões que apresentaram os núcleos de ilhas de calor em três coletas e outras em duas coletas, com tamanhos relevantes.

Figura 12 - Desvio de temperatura maior que 1°C nas coletas de dados em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

As regiões que apresentaram núcleos de ilhas de calor nas três coletas estão localizadas entre os setores censitários 8 e 12, 19 e 42, 33 e 66. Nessas regiões os valores encontrados de desvio da temperatura foram de 2,72°C acima da média (Figura 9), 2,5°C (Figura 10) e 1,5°C (Figura 11), respectivamente.

As regiões que apresentaram os maiores núcleos de desvio da temperatura acima de 1°C em duas coletas, estão localizadas entre os setores censitários 38 e 71, 16 e 51. Essas regiões apresentaram valores de até 2,5°C acima da média do desvio de temperatura (Figura 9) e até 5,6°C (Figura 10), respectivamente.

Em relação a umidade do ar, que é um importante elemento controlador térmico, sob diversas condições de transferência de calor (GARTLAND, 2010), os dados das coletas foram analisados e apresentaram a amplitude conforme a tabela 4 abaixo.

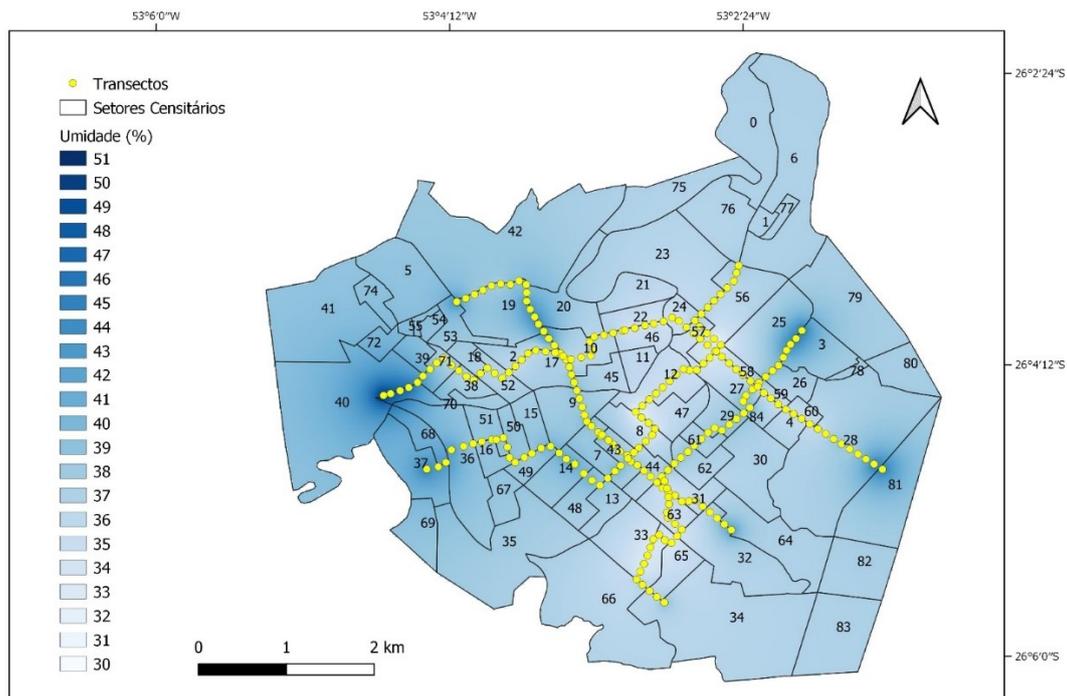
Tabela 4 - Amplitude da umidade do ar nas coletas.

Data	Umidade máxima (%)	Umidade mínima (%)	Amplitude (%)
28/08/2018	51	30	21
20/11/2018	52	29	23
16/05/2019	62	44	18

Fonte: autoria própria.

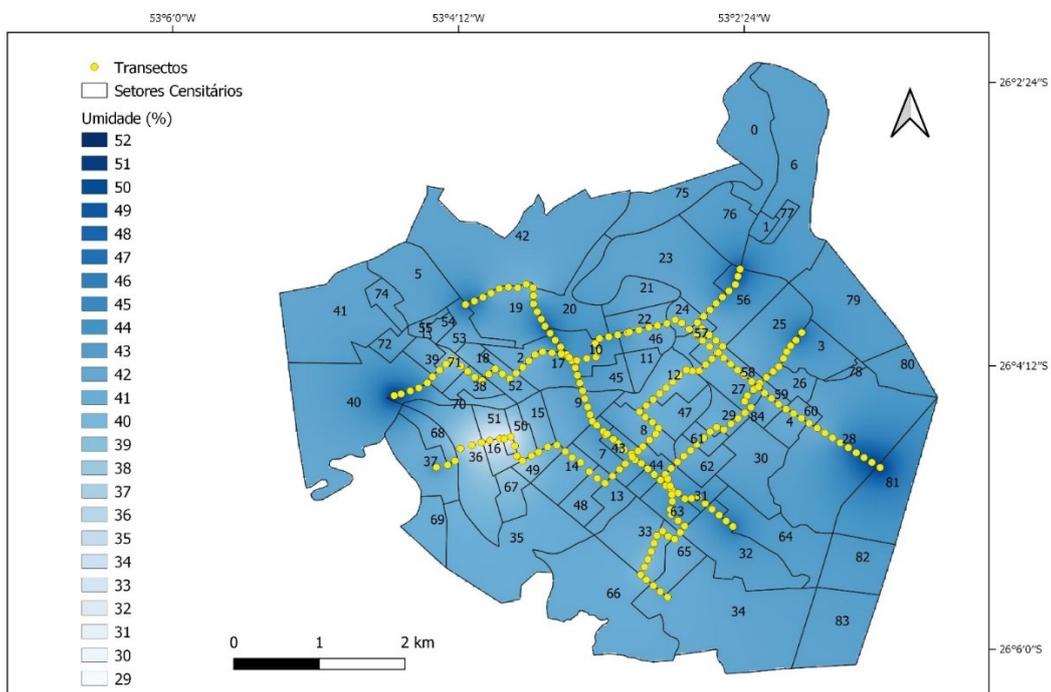
Nas figuras 13, 14 e 15 estão representados os comportamentos da umidade relativa do ar ao longo dos transectos pré-estabelecidos na cidade durante as três coletas. As regiões com núcleos esbranquiçados representam locais com menor umidade e as regiões com tons de azul escuro representam locais mais úmidos.

Figura 13 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.



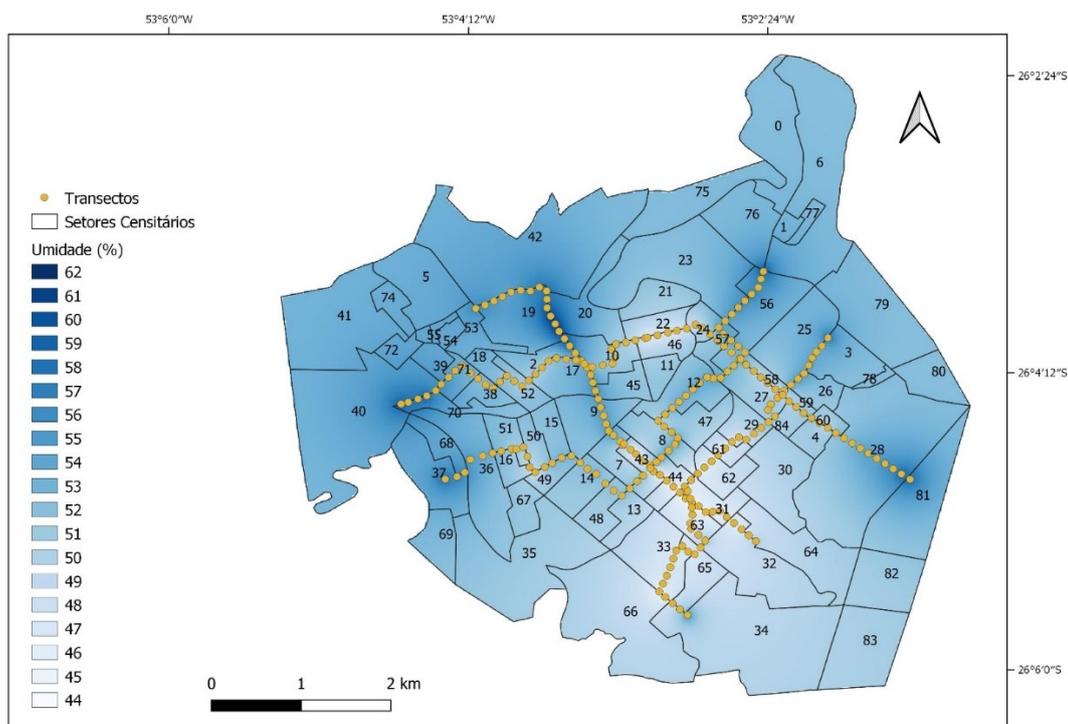
Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 14 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 15 – Mapa de distribuição da umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Do mesmo modo que a temperatura, foram gerados mapas de desvio da umidade, relacionando os valores brutos registrados às médias dos trajetos. Na tabela 5 abaixo se encontram as amplitudes do desvio da umidade relativa do ar nas três coletas.

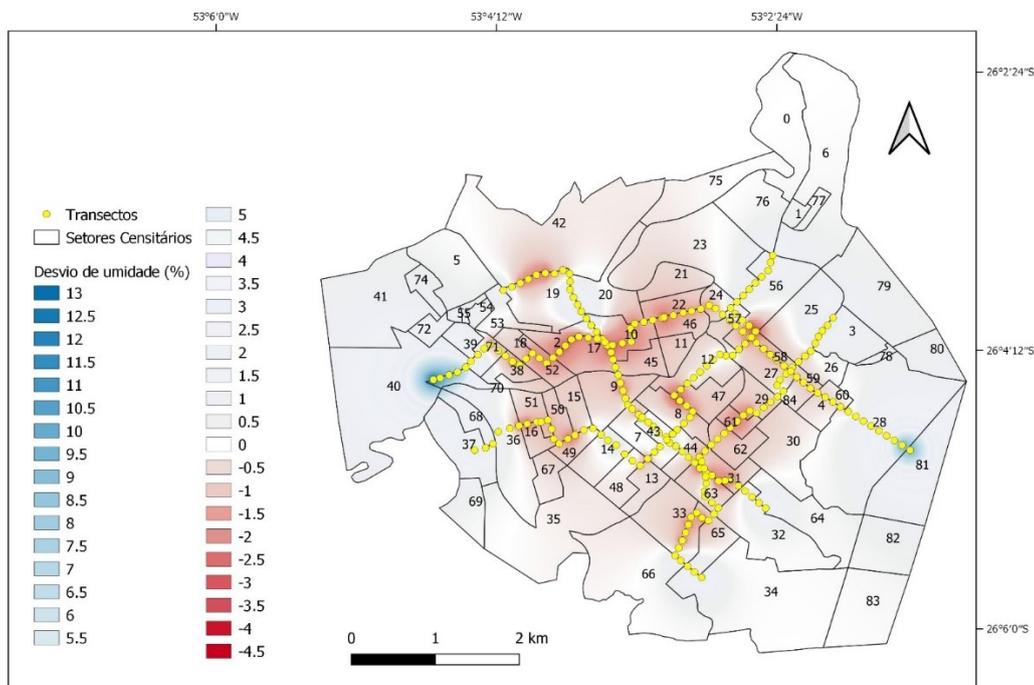
Tabela 5 - Amplitude do desvio de umidade relativa do ar nas coletas.

Data	Desvio máxima (%)	Desvio mínima (%)	Amplitude (%)
28/08/2018	12,91	-4,30	17,21
20/11/2018	9,58	-9,44	19,02
16/05/2019	8,24	-5,76	14,00

Fonte: autoria própria.

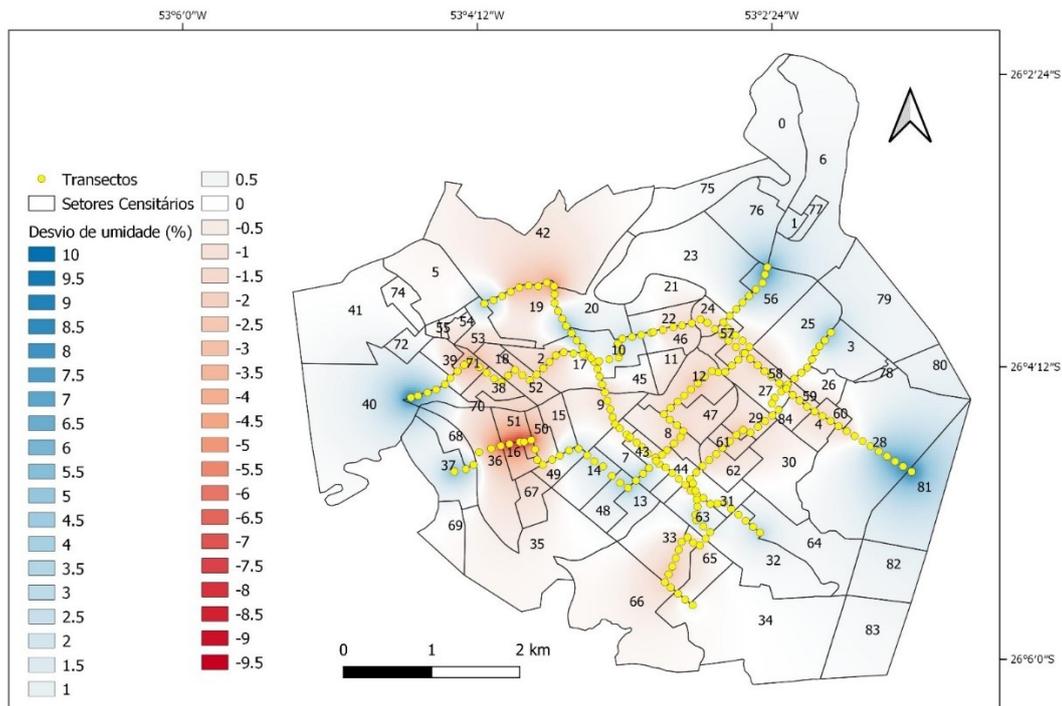
Representado nas figuras 16, 17 e 18 encontram-se os mapas de desvio da umidade relativa do ar. Através desses mapas, foi possível identificar regiões que apresentaram valores abaixo da média da umidade, representados nos locais avermelhados, que caracterizam regiões mais secas.

Figura 16 - Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 28/08/2018 em Francisco Beltrão.



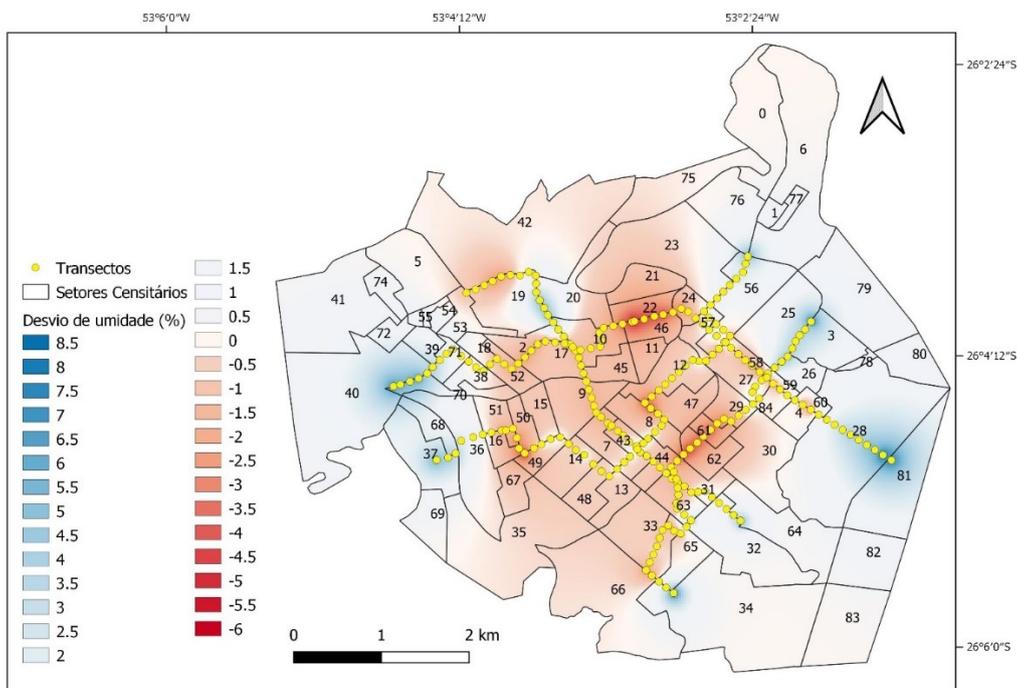
Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 17 – Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 20/11/2018 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 18 – Mapa do desvio de umidade relativa do ar na coleta de dados do dia 16/05/2019 em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

As regiões destacadas por apresentarem núcleos de incidência de umidade relativa do ar abaixo da média em mais de uma coleta (Figuras 16, 17 e 18), coincidem com as apresentadas nos mapas de desvio da temperatura (Figuras 9, 10 e 11). Das regiões que apresentaram núcleos de ilhas de calor nas três coletas, entre os setores censitários 19 e 42 identificou-se valores de até -3% abaixo da média de desvio da umidade (Figura 16), entre os setores censitários 8 e 12 valores de até -4% (Figura 16) e a região entre os setores censitários 33 e 66 valores de até -2% (Figura 18) abaixo da média de desvio da umidade.

Quanto as regiões que apresentaram núcleos de ilhas de calor em duas coletas de dados, entre os setores censitários 16 e 51 foi possível identificar desvio de umidade abaixo da média de até -9,44% (Figura 17) e entre os setores censitários 38 e 71 valores de até -1% (Figura 16).

Em comum, os mapas gerados através das coletas de dados apresentam algumas similaridades. Pode-se observar que a maioria das extremidades dos transectos apresenta valores menores de temperatura e maiores de umidade. Fato pode ser justificado pela característica das localidades que se encontravam a maioria das extremidades dos transectos, em áreas com urbanização menos densa, com características peri-urbanas. Outro fato a ser observado é a oposição que existe entre os dados de temperatura e de umidade relativa do ar. Em todas as coletas, foi notório que locais com maiores temperaturas apresentaram menores valores de umidade, caracterizando locais mais quentes e secos, confirmando o comportamento natural entre essas duas grandezas.

As cinco regiões destacadas no trabalho evidenciaram em mais de uma coleta, no mesmo horário, núcleos de desvio de temperatura maior que a média e desvio de umidade menor que a média. A intensidade dos núcleos evidenciados nas coletas foi diversificada variando conforme a estação do ano, porém, a localidade destes se repetiu em pelo menos mais de uma coleta. Esse comportamento é próximo ao que se entende por ilhas de calor, que ocorre devido as alterações no ambiente natural, através do que chamamos de urbanização.

5.2 Características urbanas

Os setores censitários e os bairros que se destacaram por apresentar núcleos de ilhas de calor e seus respectivos valores de desvio de temperatura e de umidade relativa do ar estão representados na tabela 6 abaixo.

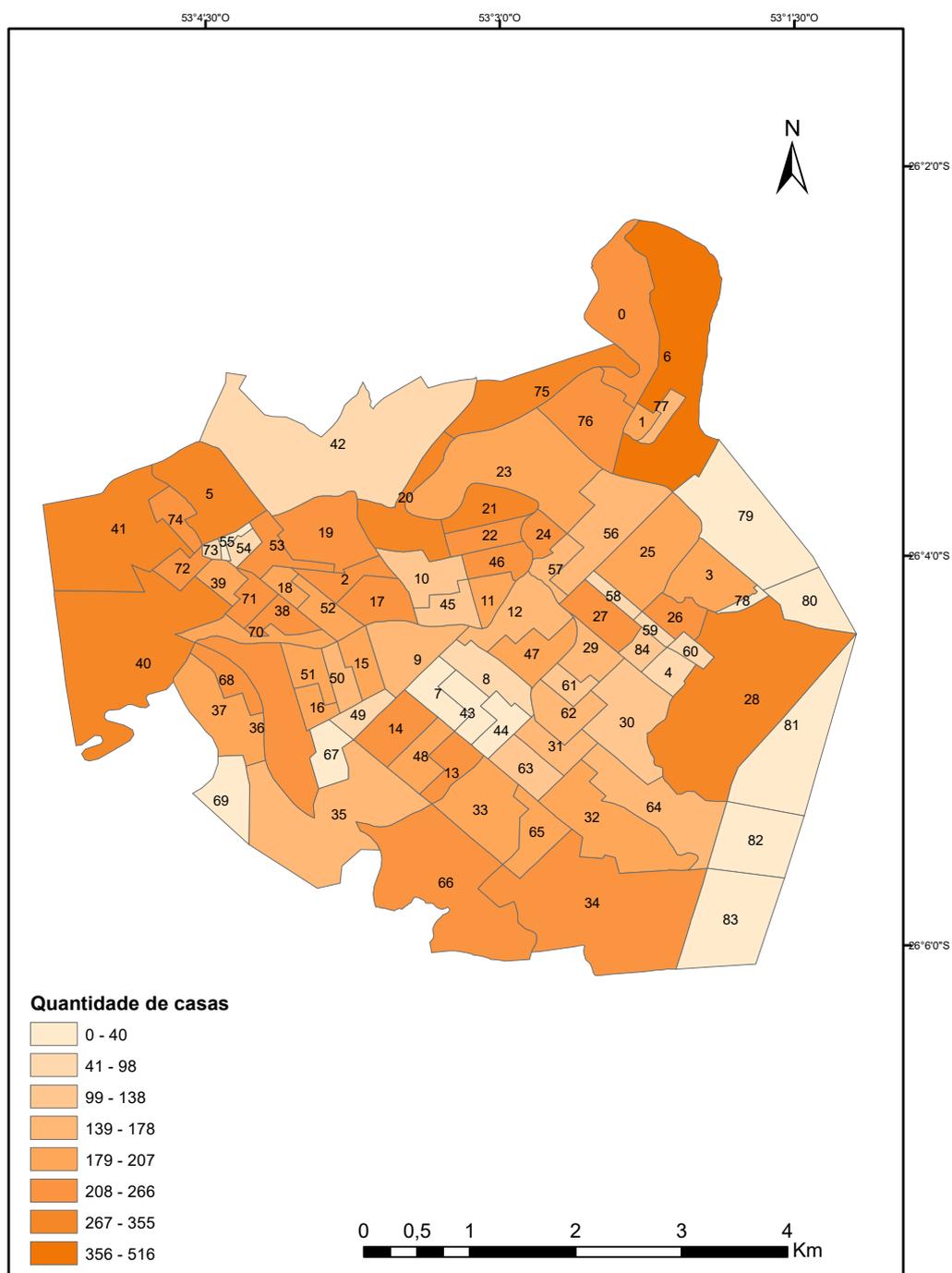
Tabela 6 - Desvio de umidade e temperatura do ar nos núcleos de ilhas de calor.

Incidência	Setores Censitários	Bairros	Desvio temperatura (°C)	Desvio umidade (%)
3x	19 e 42	Cristo Rei/ Aeroporto	2,5	- 3,0
3x	8 e 12	Centro/Pres. Kennedy	2,7	- 4,0
3x	33 e 66	São Cristóvão	1,5	- 2,0
2x	16 e 51	Alvorada	5,6	- 9,4
2x	38 e 71	São Miguel	2,5	- 1,0

Fonte: autoria própria.

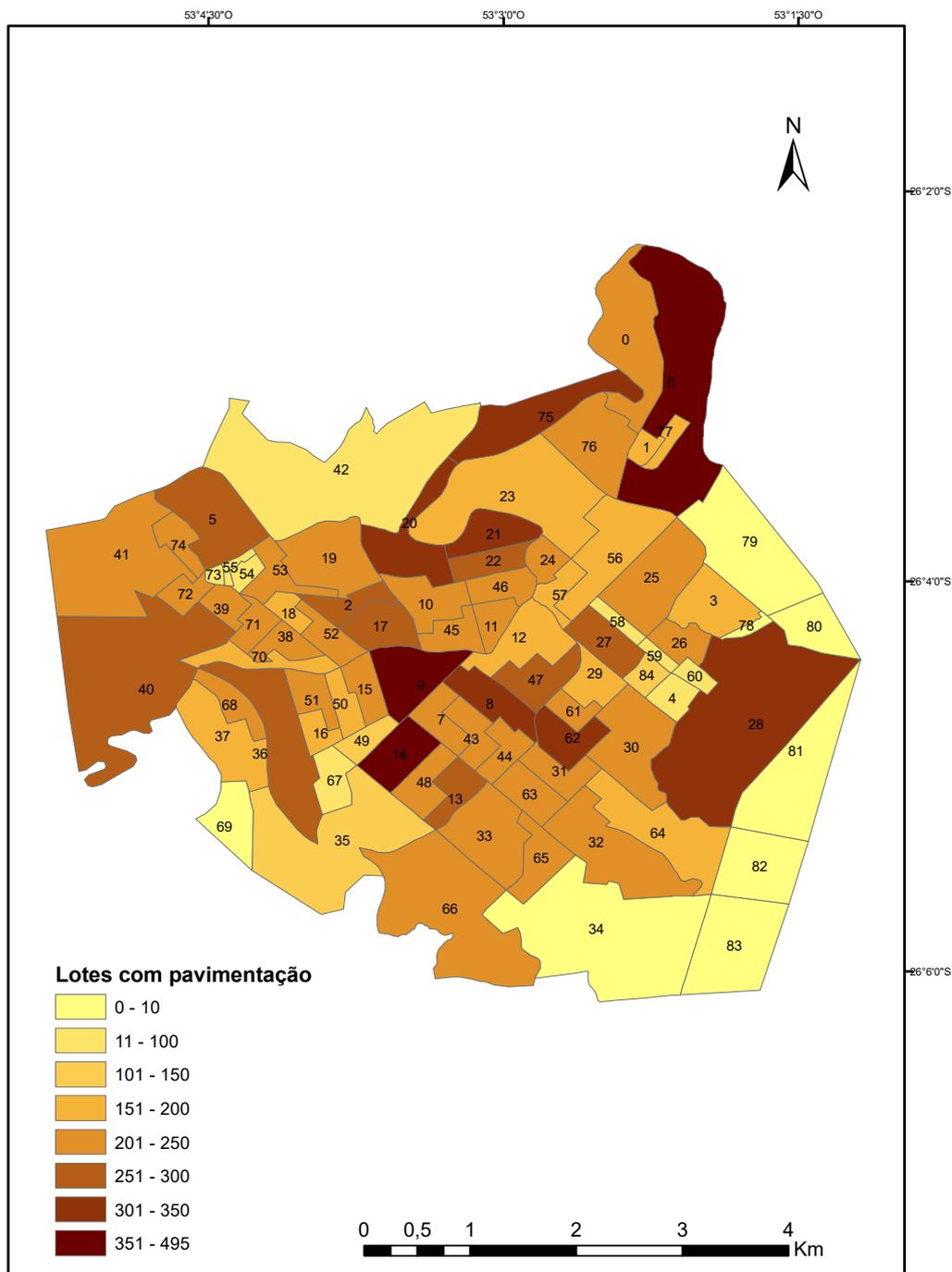
Visando compreender as características das regiões que apresentaram a formação de ilhas de calor em Francisco Beltrão, foram gerados os mapas de número de casas (Figura 19), lotes com pavimentação (Figura 20) e lotes com arborização (Figura 21) através dos dados do último censo do IBGE (2010) na cidade.

Figura 19 – Quantidade de casas por setores censitários em Francisco Beltrão.



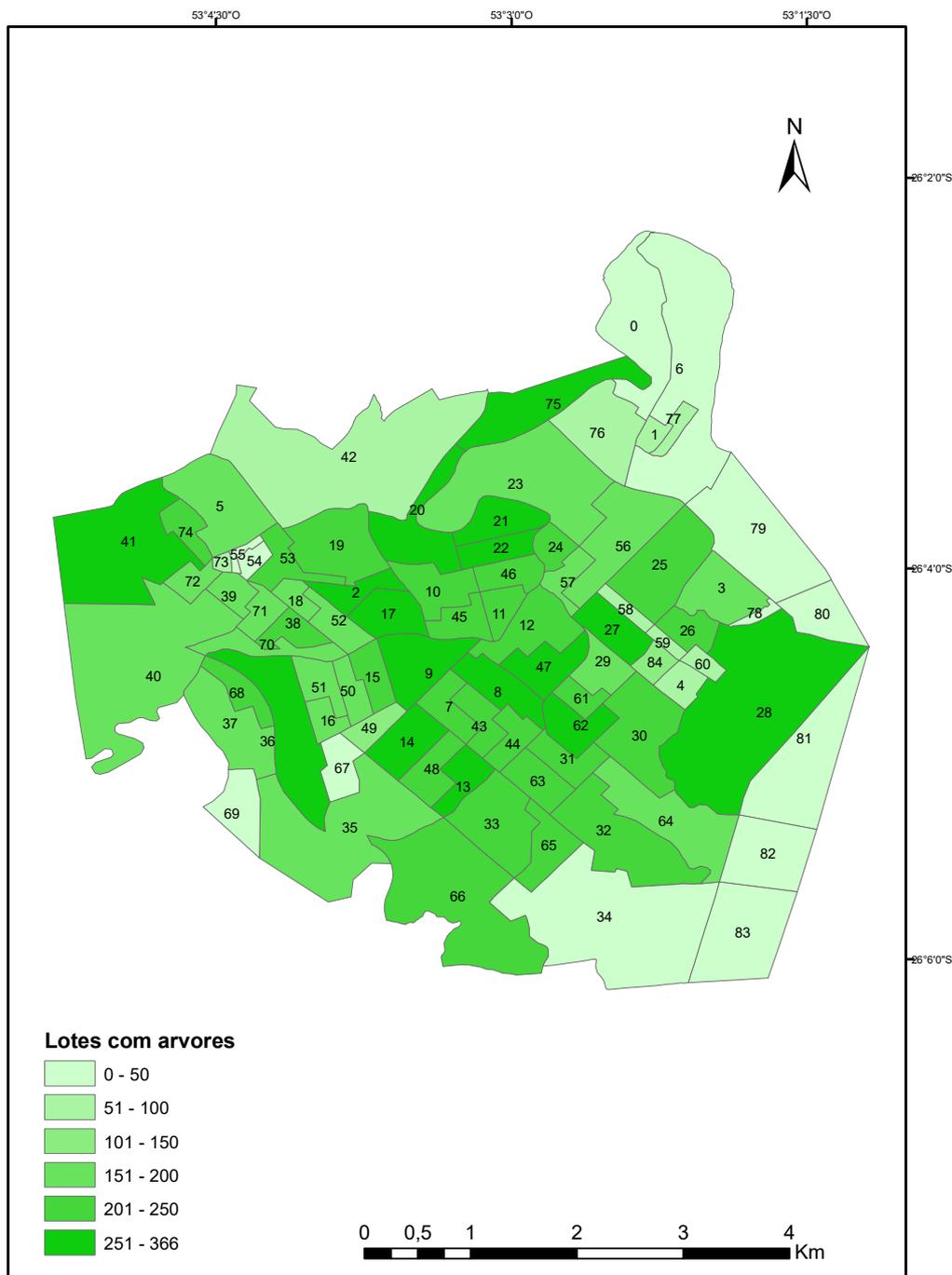
Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 20 – Lotes com pavimentação por setores censitários em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010.

Figura 21 – Lotes com arborização nos setores censitários em Francisco Beltrão.



Fonte: limite dos setores censitários IBGE 2010

Através dos dados do Censo de 2010 do IBGE, foi levantado as características desses setores censitários que se destacaram por apresentar núcleos de ilhas de calor. Abaixo na tabela 7, segue as características urbanas

de quantidade de casas, quantidade de lotes com pavimentação e quantidade de lotes com arborização nesses setores.

Tabela 7 - Características urbanas dos setores censitários que apresentaram núcleos de ilhas de calor.

Incidência	Setores Censitários	Quantidade de casas	Lotes com pavimentação	Lotes com arborização
3x	19 e 42	217 e 93	220 e 88	217 e 80
3x	8 e 12	98 e 172	307 e 199	292 e 201
3x	33 e 66	193 e 248	221 e 232	220 e 236
2x	16 e 51	188 e 186	195 e 202	192 e 190
2x	38 e 71	227 e 217	235 e 218	206 e 193

Fonte: adaptado de censo demográfico IBGE (2010).

Com o intuito de comparar as características urbanas dos setores censitários destacados na tabela 7 com o restante da área de estudo, foram calculadas as médias de cada variável do IBGE. A média da quantidade de casas por setor censitário verificado em toda a região de estudo é 171. Como pode-se observar, a maioria dos setores que apresentaram núcleos de ilhas de calor tem quantidade de casas maior que a média, exceto os setores censitários 8 e 42.

Referente a quantidade de lotes com pavimentação por setor censitário, a média apresentada na área de estudo é 198. A maior parte dos setores da tabela 7 também possuem a quantidade de lotes com pavimentação acima da média verificada em toda a área de estudo. Em relação a quantidade de arborização existente no último censo do IBGE, a média dos setores censitários da área em estudo era de 180 lotes. Com exceção do setor censitário 42, todos os outros setores censitários que apresentaram núcleos de ilhas de calor possuíam quantidade de lotes com arborização acima da média.

Analisando por outra perspectiva, os locais com núcleos de desvio da temperatura do ar abaixo da média e desvio de umidade relativa do ar acima da média, ou seja, locais mais frios e úmidos, os setores censitários 7, 43 e 44, apresentam menor quantidade de casas (Figura 19). Pode-se perceber que, apesar dos setores ao seu redor apresentarem variações positivas de temperatura (Figuras 9, 10 e 11) esses três setores não variaram significativamente. Outra característica desses setores é a alta quantidade de lotes com arborização, conforme a figura 21. A região entre os setores

censitários 19 e 20 também se destacou por ser mais fria e mais úmida. Estes, apesar de apresentarem quantidades maiores de casas e lotes com pavimentação por setor censitário, possuem quantidades de lotes com arborização acima da média.

Afim de realizar uma análise mais profunda das características urbanas que encontram-se presentes nas regiões que apresentam núcleos de ilhas de calor, foi explorado o uso do solo através da imagem de satélite do Google Earth (Figura 5). Entre os setores censitários 19 e 42, é possível observar que o local que apresentou intensa formação de ilha de calor é um loteamento com vegetação suprimida. Seguindo o caminho do transecto, logo após passar pela região em que se encontra a ilha de calor, há uma região arborizada (entre os setores censitários 19 e 20), na qual refletiu em desvios de temperaturas abaixo da média conforme observado nas figuras 9, 10 e 11, e desvio de umidade acima da média, conforme figuras 13, 14 e 15.

As regiões entre os setores censitários 8 e 12, 66 e 33, que apresentaram incidência de núcleos de ilhas de calor nas três coletas de dados, são caracterizadas por densa urbanização e alta supressão vegetal, conforme figura 5. A densidade de urbanização nos setores censitários 8 e 12 é maior, o que refletiu em valores maiores de desvio de temperatura acima da média e desvio de umidade abaixo da média (tabela 6) comparado à região entre os setores censitários 66 e 33.

As extremidades de alguns transectos apresentaram desvios de temperatura abaixo da média, conforme podemos observar nos setores censitários 25, 40 e 81, nas figuras 9, 10 e 11. Nessas três extremidades, há arborização intensa, que é possível identificar através das imagens de satélite na figura 5.

6. CONCLUSÃO

A formação de ilhas de calor urbano é um fenômeno decorrente do crescimento e intensificação da urbanização nas cidades. Tendo em vista que a área em estudo é considerada de médio porte e tem atraído cada vez mais pessoas em busca de novas oportunidades de crescimento profissional, a tendência é que a área urbanizada na cidade aumente. Na situação em que se encontra o desenvolvimento de Francisco Beltrão, já foi possível identificar desvio espacial da temperatura e umidade ao longo do perímetro urbano com comportamento comum ao que se entende por ilhas de calor.

Existem outros aspectos urbanos que controlam as ilhas de calor e não foram mensurados e mapeados neste trabalho, como a poluição, o desenho urbano, o material predominante nas fachadas das construções, tráfego de veículos, entre outros, que interferem diretamente no balanço termo calorífico do ar. Com isso, para posteriores trabalhos sugere-se o estudo desses outros aspectos, para uma melhor caracterização das áreas onde existe o desvio de temperatura significativo.

Ademais, espera-se contribuir com esse trabalho para a implantação de políticas públicas voltadas a minimização do processo de formação das ilhas de calor que já foram evidenciadas em Francisco Beltrão. Conjuntamente, que esses dados sejam utilizados para posteriores estudos na área como fonte de informação e instrumento de comparação dos cenários de desenvolvimento das ilhas de calor urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso em: 21 abril 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 maio 2018.

CALDERON, G.; AMORIM, M. C. C. T. Análise do campo térmico e higrométrico na cidade de Tapejara-PR: Considerações para o período de inverno. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 122-134, 2017.

CONTI, J.B. **Clima e meio ambiente**. 7 ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 96 p.

CRETON, J. C.; SHEL, M. S. **A ciência do aquecimento global**. 1 ed. Rio de Janeiro: Quartet, 2011. 176 p.

FRANCISCO BELTRÃO. **Lei nº 4.594, de 28 de agosto de 2018**. Dispõe sobre o Plano Diretor do município de Francisco Beltrão. Disponível em: <<http://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/plano-diretor/>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

FILHO, L. C. A. M. **Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração**: Belo Horizonte, uma análise exploratória. 2006. 145f. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Tratamento da Informação Espacial.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em zonas urbanas. Oficina de Textos, São Paulo, 2010. 248p.

GUARULHOS. **Lei Ordinária nº 6551, de 24 de agosto de 2009**. Institui o Programa Ilhas Verdes – PIV no município de Guarulhos e dá providências correlatas. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/g/guarulhos/lei->

ordinaria/2009/656/6551/lei-ordinaria-n-6551-2009-institui-o-programa-ilhas-verdes-piv-no-municipio-de-guarulhos-e-da-providencias-correlatas>. Acesso em: 6 abril 2018.

HOGAN, D. J. **Dinâmica populacional e mudança ambiental**: cenários para o desenvolvimento brasileiro. 1 ed. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo, 2007. 240 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>>. Acesso em: 15 abril 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/operacao-censitaria.html>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

LANDIM, P.M.B. Sobre Geoestatística e mapas. **Terra e Didática**, Campinas, v. 2, n.1, p. 19-33, 2006.

MARTINS, C. **Caracterização da Ilha de Calor Urbana na Cidade de Londrina, Brasil**: Cobertura do Solo, Fatores Meteorológicos e Conforto Térmico. 2013. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2011. 192 p.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termohigrométrico. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2011. p. 93-120.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, n. 25).

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.

NASCIMENTO, D. T. F.; BARROS, J. Identificação de ilhas de calor por meio de sensoriamento remoto: estudo de caso no município de Goiânia – GO/2001. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 119-134, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. 2011. **World Urbanization Prospects**. Disponível em:
<<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>>.
Acesso em: 15 abril 2018.

OKE, T.R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands, **Atmosphere**, v. 14, n. 4, p. 268-277, 1976.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. **Resolução nº 016/2014**. Define critérios para o Controle da Qualidade do Ar. Disponível em:
<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=abrirAnexo&nomeArquivoAnexado=anexo117128_32642.pdf>. Acesso em: 10 abril 2018.

RIGHI, E.; BASSO, L. A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n.1, p. 101-117, 2016.

SANTOS, F. M. M.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S.. Análise do clima urbano de Cuiabá-MT- Brasil por meio de transectos móveis. **Paranoá**, Brasília, no 11, p. 45-54, 2014.

SILVA, M. G. **Análise da Qualidade do Ar com base no fluxo de Veículos e variáveis climáticas**: o caso da cidade de Uberlândia – MG. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, R.; MENEZES, E. W.; CATALUÑA, R. Rendimento térmico e emissões de contaminantes atmosféricos de gasolinas formuladas com etanol, MTBE e TAAE. **Química nova**, Porto alegre, v. 31, n. 5, p. 980-984, 2008.

TREWARTHA, G. T.; HORN L. H. **An introduction to climate**. New York: McGraw-Hill, 1980. 416 p.

Department of Economic and Social Affairs Population Division. **World Urbanization Prospects: the 2014 revision**. New York: United Nations.

Disponível em: < <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>>. Acesso em: 6 abril 2018.

VIANA M. S. S., AMORIM T. C. C. M. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma introdução. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 19-42, 2008.

VITAL, M. H. F. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO2 e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. BNDS. Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, 2018.

VOOGT, J.; OKE, T. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 370-384, 2003