

ARBORIZAÇÃO URBANA E SUA RELAÇÃO COM AS TEMPERATURAS E ZONAS DE DESCONFORTO TÉRMICO NO BAIRRO DE CAMPINAS – GOIÂNIA (GO)

Amiel Araújo Soares **Santos**¹, Patrícia de Araújo **Romão**², Diego Tarley Ferreira **Nascimento**³, Ivanilton José de **Oliveira**⁴

(1 – Universidade Federal de Goiás, <https://orcid.org/0000-0001-7226-8565>, amielaraujo@discente.ufg.br; 2 – Universidade Federal de Goiás, <https://orcid.org/0000-0002-3607-4373>, patricia_romao@ufg.br; 3 – Universidade Federal de Goiás, <https://orcid.org/0000-0002-0420-3636>, diego_nascimento@ufg.br; 4 – Universidade Federal de Goiás, <https://orcid.org/0000-0002-2718-6947>, oliveira@ufg.br)

Resumo: O presente trabalho buscou compreender a relação entre o déficit de arborização com as ilhas de calor e com as zonas de conforto e de desconforto térmico no bairro de Campinas. A partir dos processos metodológicos, a pesquisa abrangeu uma análise por meio da coleta de dados de temperatura; perpassando pelo tratamento de imagens termais obtidas pelo Satélite Landsat 8 OLI/TIRS dos anos de 2016 e de 2020, além da comparação com mapa de Uso e Cobertura do solo. Para o entendimento da percepção das pessoas que trabalham e/ou moram no bairro, sobre a relação do déficit de vegetação com o conforto térmico, foram aplicados questionários anônimos via redes sociais. A participação da população – etapa programada no cronograma do plano de trabalho do Projeto de Extensão (Mapeamento colaborativo: cartografia da arborização urbana e sua relação com as ilhas de calor e zonas de conforto térmico em Goiânia (GO)) - na identificação dessas áreas proporcionou à comunidade a possibilidade de participar efetivamente do processo de caracterização desses locais, além da indicação de formas mitigadoras dos efeitos do fenômeno estudado. Os resultados demonstraram (a) variações entre as temperaturas máximas e mínimas atingindo 4,4°C; (b) os anos de 2016 e 2020 apresentaram três pontos (2, 7 e 9) com temperaturas elevadas, afirmando as observações dos entrevistados e (c) a indicação da Avenida 24 de Outubro como o local de maior sensação térmica.

Palavras-chaves: Conforto térmico; Arborização; Ilha de calor; Sensação térmica.

**URBAN AFFORESTATION AND ITS RELATION TO TEMPERATURES AND
THERMAL DISCOMFORT ZONES IN THE CAMPINAS NEIGHBORHOOD -
GOIÂNIA (GO)**

Abstract: The present work sought to understand the relationship between the deficit of afforestation with heat islands and with the zones of thermal comfort and discomfort in the neighborhood of Campinas. From the methodological processes, the research included an analysis through the collection of temperature data; through the treatment of thermal images obtained by the Landsat 8 OLI/TIRS Satellite of the years 2016 and 2020, and through the comparison with the Land Use and Land Cover map. To understand the perception of people who work and/or live in the neighborhood, about the relationship of vegetation deficit with thermal comfort, anonymous questionnaires were applied via social networks. The participation of the population - a step scheduled in the schedule of the work plan of the Extension Project (Mapping Collaborative: mapping of urban afforestation and its relationship with heat islands and thermal comfort zones in Goiânia (GO)) - in the identification of these areas provided the community the possibility of participating effectively in the process of characterization of these places, in addition to the indication of ways to mitigate the effects of the phenomenon studied. The results showed (a) variations between maximum and minimum temperatures reaching 4.4°C; (b) the years 2016 and 2020 presented three points (2, 7 and 9) with high temperatures, affirming the observations of the interviewees and (c) the indication of October 24th Avenue as the place of greatest thermal sensation.

Keywords: Thermal comfort; Afforestation; Heat islands; Thermal sensation.

**LA FORESTACIÓN URBANA Y SU RELACIÓN CON LAS TEMPERATURAS Y
ZONAS DE INCOMODIDAD TÉRMICA EN EL DISTRITO DE CAMPINAS -
GOIÂNIA (GO)**

Resumen: El presente trabajo buscó comprender la relación entre el déficit de forestación con las islas de calor y con las zonas de confort e incomodidad térmica en el barrio de Campinas. Desde los procesos metodológicos, la investigación abarcó un análisis a través de la recolección de datos de temperatura; pasando por el tratamiento de imágenes térmicas obtenidas por el Satélite Landsat 8 OLI/TIRS de los años 2016 y 2020, además de la comparación con el mapa de Uso y Cobertura del Suelo. Para conocer la percepción de las

personas que trabajan y/o viven en el barrio, sobre la relación del déficit de vegetación con el confort térmico, se aplicaron cuestionarios anónimos a través de las redes sociales. La participación de la población - paso previsto en el cronograma del plan de trabajo del Proyecto de Extensión (Mapeo colaborativo: mapeo de la forestación urbana y su relación con islas de calor y zonas de confort térmico en Goiânia (GO)) - en la identificación de estas áreas proporcionó a la comunidad la posibilidad de participar efectivamente en el proceso de caracterización de estos lugares, además de la indicación de formas mitigadoras de los efectos del fenómeno estudiado. Los resultados mostraron (a) variaciones entre las temperaturas máximas y mínimas que alcanzaron 4,4°C; (b) los años 2016 y 2020 presentaron tres puntos (2, 7 y 9) con altas temperaturas, afirmando las observaciones de los encuestados y (c) la indicación de la Avenida 24 de Octubre como el lugar de mayor sensación térmica.

Palabras clave: Confort térmico; Forestación; Isla de calor; Sensación térmica.

1 - Introdução

Ambientes modificadores e de modificação, as cidades comportam a função de orientação à vida humana. Segundo Nascimento Júnior (2018), a produção do espaço urbano é conflituosa e contraditória na relação sociedade e natureza, não oferecendo aos mesmos ambientes condições igualitárias. A construção de diferentes ambientes nos centros urbanos pode apresentar aos habitantes, diferentes formas de problemas sociais. Questões relacionadas ao clima urbano, como ilhas de calor, desconforto térmico e arborização, passaram da ordem do natural para problemática social. Para o entendimento dos fenômenos de ordem climática, é necessária a compreensão da dinâmica atmosférica e de sua interação com a superfície, ou seja, das características naturais e dos elementos sociais (Ugeda Júnior et al., 2016; Pascoalino & Marandola Júnior, 2021; Barbosa et al., 2022). Desse modo, devido à relação urbano-natural-social, buscou-se em Monteiro (1976), por meio do chamado Sistema Clima Urbano, a base de percepção e interpretação das causas e consequências das cidades, para problemas de ordem climática.

Para Nascimento & Oliveira (2011), ilhas de calor definem-se pela diferença simultânea de temperaturas entre áreas urbanas (mais quentes) e rurais (menos quentes), ou mesmo entre diferentes partes de uma cidade, com algumas apresentando valores mais elevados de temperatura da superfície. Essas áreas mais quentes podem ser consideradas como bolsões térmicos produzidos por conta de alterações no balanço energético no espaço

urbano (Lombardo, 1985). Essa anomalia acaba prejudicando o conforto térmico da comunidade frequentadora desses locais. Para o entendimento dessa condição, existe um índice que avalia o esforço de manutenção metabólica do organismo humano em relação às condições térmicas do local (Gomes & Amorim, 2003), que remete a uma condição de conforto (menor esforço) ou desconforto (maior esforço), sendo este último prejudicial à saúde, por conta de possíveis consequências adversas e agravos de doenças preexistentes, especialmente do sistema cardiovascular e respiratório (De Oliveira et al., 2020).

É possível associar o uso e a ocupação do solo às alterações do clima local (Lombardo, 1985; Ramires & Mello-Théry, 2018), uma vez que os elementos que compõe a superfície apresentam diferentes comportamentos com a radiação solar, em termos de maior ou menor proporção de radiação absorvida, transmitida e refletida, alterando o balanço de energia do ambiente. No espaço urbano, enquanto as superfícies de asfalto, concreto e materiais metálicos tendem a absorver, transmitir e refletir maior proporção de radiação, a vegetação e os corpos hídricos utilizam esta mesma radiação em seus processos de transpiração e evaporação, evitando que a radiação seja destinada para aquecimento da temperatura do ar (Vianna, 2018; Souza et al., 2019; Prado, 2020).

O presente artigo resulta da compilação de informações do relatório final do projeto de extensão “Mapeamento colaborativo: cartografia da arborização urbana e sua relação com as ilhas de calor e zonas de conforto térmico em Goiânia (GO)” visando o envolvimento da comunidade local no processo de construção colaborativa dos mapas de áreas verdes e de árvores isoladas, e de ilhas de calor e de zonas de conforto, tendo como área piloto o bairro de Campinas, Goiânia - GO. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi compreender a influência das áreas verdes na temperatura e no desconforto térmico, por meio de coleta de dados de temperatura do ar em campo, do levantamento do campo térmico por imagens satelitárias, complementados pela avaliação da percepção da população, tendo como estudo de caso o bairro de Campinas, situado na porção central da cidade de Goiânia (GO).

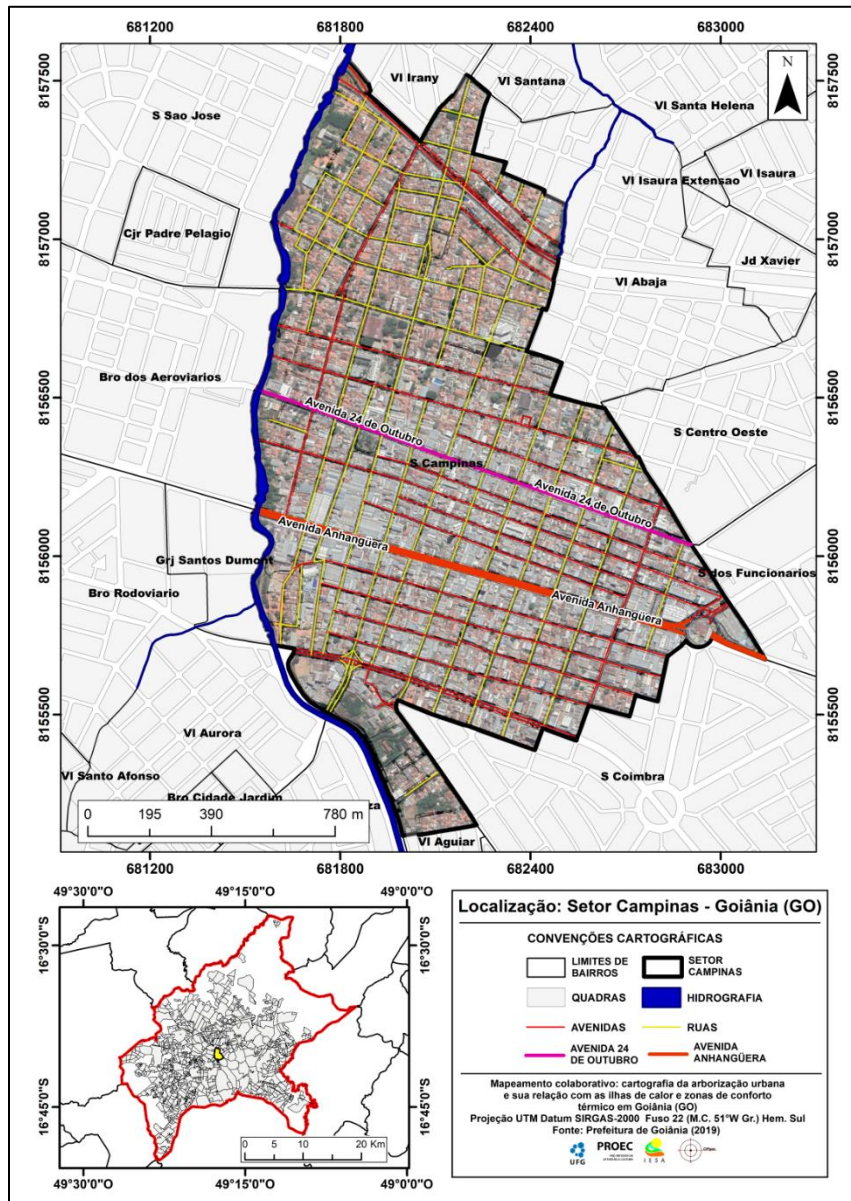
2 - Material e métodos

2.1 - Área do estudo

Localizado na região central da cidade de Goiânia, o setor Campinas (Figura 1) desempenha papel importante dentro da capital do estado de Goiás. Tido como um dos principais centros comerciais, principalmente pelo comércio especializado (venda de um

único produto) e o comércio popular, torna-se local de intenso tráfego tanto de veículos quanto de pessoas.

Figura 1 – Localização do setor Campinas.



Fonte:Elaborado pelos autores

Tendo surgido como um povoado no ano de 1810, e emancipado como município em 1914, Campinas foi posteriormente incorporado ao território e delimitado para abrigar a nova capital do estado de Goiás, na década de 1930. Conhecido popularmente como “Campininha das Flores”, chegou a ser sede provisória do governo estadual. Segundo dados

estatísticos da SEMDUS (2013), o setor Campinas conta com aproximadamente 10.918 habitantes, ocupando o vigésimo quarto (24º) lugar entre os bairros mais populosos de Goiânia.

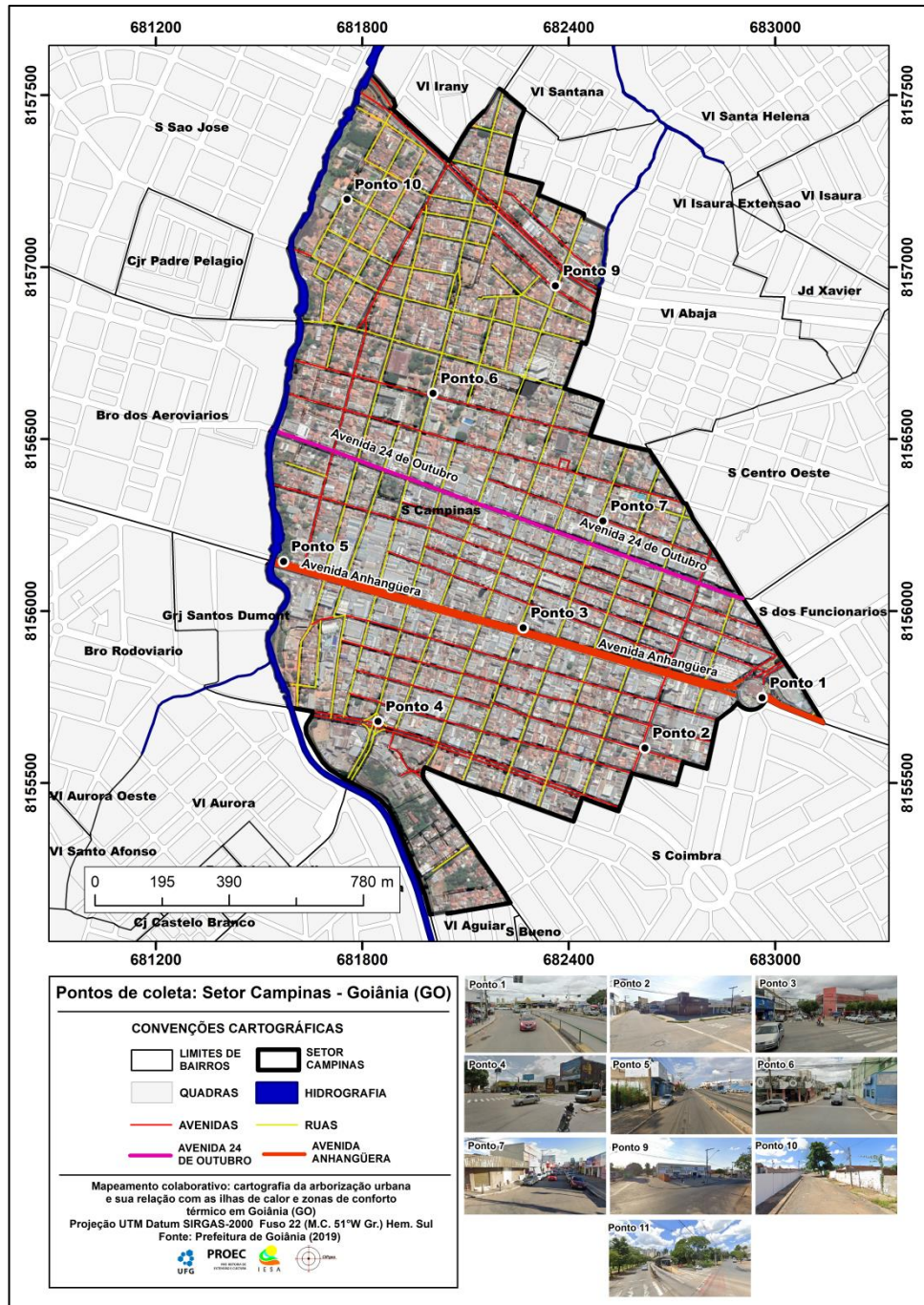
O bairro apresenta uma topografia relativamente plana, numa rampa suave que decai nos sentidos oeste, para o córrego Cascavel, e para o norte, no sentido do ribeirão Anicuns, com amplitude altimétrica em cerca de 65 m – as altitudes variam aproximadamente de 675 a 740 m. Na maior parte da área, a declividade está em torno de 0 a 4%, com as maiores inclinações do relevo situadas na vertente do curso do córrego Cascavel (~40%).

2.2 - *Procedimentos metodológicos*

Para o cumprimento dos resultados, a pesquisa se baseou em três etapas, uma de gabinete e de campo, outra laboratorial e por fim a de cotejamento de informações. A primeira etapa (etapa de gabinete e de campo) apresentou as atividades de: revisão bibliográfica sobre o tema central da pesquisa; concepção do questionário para avaliação da percepção da população sobre a relação do déficit de vegetação com o conforto térmico; e coleta de dados de temperatura em campo, com a utilização do Termo-Higrômetro de bulbo seco e úmido disponibilizado pelo LAP (Laboratório de Análise da Atmosfera e da Paisagem). As informações climáticas são provenientes da coleta simultânea em nove pontos distribuídos no bairro de Campinas (Figura 2), nos respectivos horários das 09h00, 12h00 e 15h00 do dia 19 de setembro de 2019, representativo da estação do Inverno no Centro-Oeste.

Os nove pontos de coleta dos dados climáticos estão distribuídos dentro do limite do Setor Campinas (Figura 3) sendo eles: Ponto 1 - terminal Praça A (a); Ponto 2 - Rua Senador Jaime com Avenida Ceará (b); Ponto 3 - Rua Benjamin Constant com a Avenida Anhanguera (c); Ponto 4 - Rua Jaraguá com a Avenida Castelo Branco (d); Ponto 5 - Avenida Perimetral e Avenida Anhanguera (e); Ponto 6 – Avenida Sergipe com a Rua José Hermano (f); Ponto 7 - Rua Santa Luzia (g); Ponto 9 - Rua Quintino Bocaiúva (h); Ponto 10 - Rua C (i); Ponto 11 - Parque Lago das Rosas (j).

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta no Setor Campinas (GO).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Fotografias dos pontos de coleta: terminal Praça A (a); Rua Senador Jaime com Avenida Ceará (b); Rua Benjamin Constant com a Avenida Anhanguera (c); Rua Jaraguá com a Avenida Castelo Branco (d); Avenida Perimetral e Avenida Anhanguera (e); Avenida Sergipe com a Rua José Hermano (f); Rua Santa Luzia (g); Rua Quintino Bocaiúva (h); Rua C (i); Parque Lago das Rosas (j).



Fonte: *Google Maps* (2022).

Com base numa planilha de dados (Figura 4), realizou-se a coleta das informações de temperatura e, após, fez-se o cálculo de Temperatura Efetiva de Thom (1959 *apud* LIMA; JARDIM, 2017, p. 2668), que é um indicador adequado a ambientes externos, em condições de calor, adotado para inferência da sensação térmica da população, conforme indicado pela Eq. (1).

$$TE = 0,4 (Td + Tw) + 4,8 \quad (1)$$

Onde:

Temperatura Efetiva;

Td: Temperatura do Bulbo seco (°C);

Tw: Temperatura do Bulbo úmido (°C).

Figura 4 – Planilha de coleta dos dados de temperatura e de umidade.

TRABALHO DE CAMPO – BAIRRO CAMPINAS/GOIÂNIA				
CLIMA URBANO				
NOMES:				
1 _____				
2 _____				
DATA: __/__/____.				
LOCAL (ENDEREÇO): _____				
COORDENADAS PLANAS:				
X: _____				
Y: _____				
Leitura e observações:				
HORA	TEMPERATURA (°C)		UMIDADE %	OBSERVAÇÕES
	TEMP.BUL_S	TEMP.BUL_H		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Concomitantemente ao final da etapa de gabinete e de campo, e ao início da fase dois (etapa laboratorial) a partir de dados disponibilizados pela Prefeitura de Goiânia, um mosaico de fotografias aéreas (formato matricial) ortorretificadas de alta resolução (1:1.000), do município de Goiânia de 2016, e a base cartográfica digital (formato vetorial), contemplando os limites dos bairros, quadras e lotes, além das ruas e avenidas. Os arquivos foram dispostos em um projeto no *software* ArcGIS/ESRI versão 10.3, sob o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), georreferenciado por coordenadas planas, para o fuso 22, no hemisfério Sul, conforme a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

Continuando na etapa laboratorial, fez-se a classificação do uso e cobertura do solo do setor Campinas. Para tanto, utilizou-se o método de classificação por segmentação, partindo da metodologia de Coutinho (1997), com uso da segmentação por região (Método de Crescimento por Regiões). Foram empregados os limiares, com valor igual a 15, quanto à similaridade e igual a 5, quanto à área de *pixels*, considerando as seguintes características: conhecimento dos padrões de representação espacial dos objetos; a definição de generalização e da acurácia, segundo o método de Dalla Corte et al. (2008).

A etapa seguinte consistiu na classificação das áreas segmentadas, por meio da metodologia proposta por Câmara *et al.* (1996), definindo quatro classes principais (árvores,

vegetação arbustiva, vegetação rasteira e solo parcialmente exposto). As áreas pavimentadas e de construções, devido à apresentação de diferentes texturas e de cores, e aos tipos de telhados (cerâmica, metálico, policarbonato, fibrocimento, concreto, galvanizado, amianto) se assemelhavam em alguns casos, gerando certo nível de confusão, fazendo com que essas classes não fossem apresentadas no produto final.

Junto à classificação do uso e da cobertura do solo do setor Campinas, foi realizado um processamento de imagens termais de satélite para obtenção de dados de Temperatura Superficial Terrestre (TST), conforme descrito em Coelho e Correa (2013). Para esta finalidade, foram empregadas duas imagens termais do satélite Landsat 8 – sensor TIRS, uma da data de 28 de julho de 2016 e a outra do dia 9 de setembro de 2020, obtidas a partir da plataforma *EarthExplorer* (*United States Geological Survey – USGS*), da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*). A escolha das imagens se pautou na análise das condições sinóticas das duas datas com registro de imagens do Landsat 8, considerando condições favoráveis, tais como baixa velocidade do vento, pouca nebulosidade e sem evento de precipitação. A escolha da data do ano de 2016 foi realizada por influência da disponibilidade da fotografia área de alta resolução disponibilizada pela Prefeitura e empregada na classificação de uso e cobertura do solo.

Por fim, foi aplicado um questionário anônimo na data de 01/10/2020 para avaliação da percepção da população sobre a relação do déficit de vegetação com o conforto térmico. O objetivo da aplicação do questionário foi somente a obtenção de respostas que pudessem auxiliar – não houve a solicitação de qualquer informação pessoal do entrevistado - para comparação com os resultados dos procedimentos supracitados e o entendimento real de quem frequenta a localidade periodicamente e sofre com o fenômeno diariamente. Devido ao início da pandemia e às recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) de isolamento social, a aplicação do questionário ocorreu de forma virtual, com o uso da plataforma *Google Forms* e demais canais sociais. Com o auxílio de redes sociais, houve a divulgação e a explicação do projeto, com o convite para participação das pessoas que circulassem pelo bairro (moradores e trabalhadores). Foi disponibilizado um *link* de acesso ao questionário e, ao final da consulta, foram contabilizadas oitenta e nove (89) respostas, que foram sistematizadas em planilha.

A terceira e última etapa (cotejamento de informações) consistiu na organização, tratamento e análise dos produtos obtidos nas etapas anteriores, produzindo uma integração

entre os dados, de tal modo que fosse possível entender a situação em que o setor Campinas se encontra em relação às anomalias do clima urbano.

3 - Resultados e discussão

Os resultados encontrados a partir do Cálculo de Temperatura Efetiva de Thom (1959) foram organizados com base na tabela de MASTER – IAG/USP (2009 *apud* Lima & Jardim, 2017, p.2668) (Tabela 1). Os dados de temperatura dos nove pontos foram classificados da seguinte forma: (a) na classe “Confortável”, os pontos 2, 3 e 11, no horário das 09h00, com temperatura efetiva entre 22 °C e 25 °C; (b) na classe “Ligeiramente quente”, com temperatura efetiva entre 25 °C e 28 °C, às 09h00, os pontos 1, 4, 6, 7, 9 e 10; (c) no horário de 12h00, os pontos 2, 3, 4 e 11 e, às 15h00, os pontos 1, 3 e 4; (d) com temperatura efetiva entre 28 °C e 31 °C, denominada classe “Quente moderado”, no horário de 12h00 foram classificados os pontos 1, 6, 7, 9 e 10 e, no horário das 15h00min, os pontos 2, 6, 7, 9, 10 e 11 (Tabela 2).

Tabela 1 - Tabela de classificação de Temperatura Efetiva

TE (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico	TE (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
< 5	Muito Frio	Extremo estresse ao frio	22 - 25	Confortável	Neutralidade térmica
5 – 10	Frio	Extremo estresse ao frio	25 - 28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor; vasodilatação
10 – 13	Moderadamente frio	Tiritar	28 - 31	Quente moderado	Suando
13 – 16	Ligeiramente frio	Resfriamento do corpo	31-34	Quente	Suor em profusão
16 – 19	Pouco frio	Rpd. resfriamento do corpo	>34	Muito quente	Falha na termoregulação
19 – 22	Ligeiramente fresco	Vasoconstrição			

Fonte: Adaptado de MASTER – IAG/USP (2009). Organização: LIMA; JARDIM (2017).

Tabela 2 - Resultados do Cálculo de Temperatura Efetiva de Thom (1959).

Ponto/Horário	09h00	12h00	15h00
Ponto 1	26,4°C	28,8°C	27,2°C
Ponto 2	24°C	28°C	28,4°C
Ponto 3	23,2°C	26,8°C	27,6°C
Ponto 4	25,8°C	25,8°C	26,4°C
Ponto 6	25,2°C	28,4°C	28,5 °C
Ponto 7	27,6°C	29,6°C	30,8°C
Ponto 9	25,2°C	29,2°C	29,6°C
Ponto 10	26,2°C	28,8°C	30°C
Ponto 11	24°C	27,2°C	28,4°C

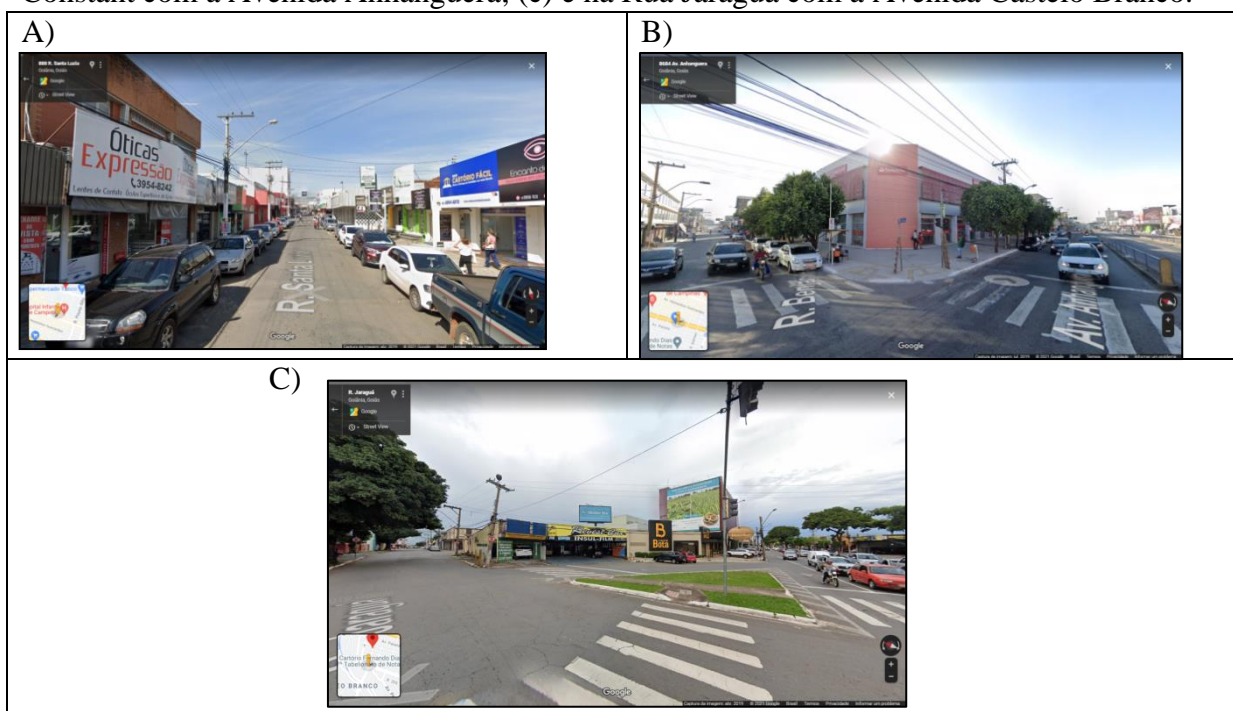
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na análise da variação de temperatura, observou-se que quanto ao horário das 09h00, a

diferença máxima de temperatura entre os pontos foi de 4,4 °C; para o horário de 12h00, essa variação ficou em 3,8 °C e no horário das 15h00, a diferença entre as temperaturas atingiu até 4,4 °C. Os pontos que serviram para essa análise da variação, referentes aos dados de temperatura, são caracterizados a seguir.

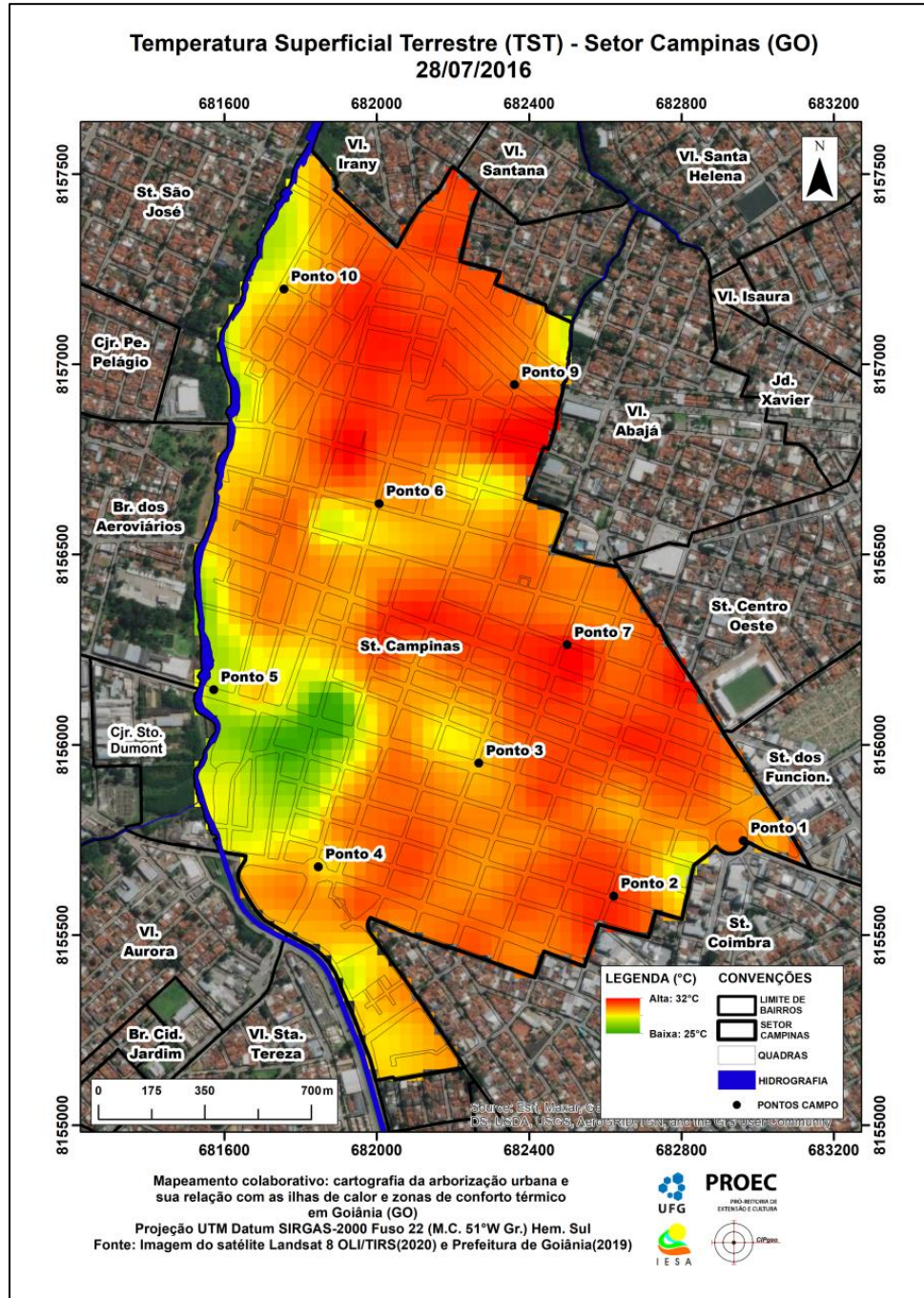
Apresentando as maiores temperaturas nos três horários, o ponto 7 (Figura 5a), pode ser descrito como um local com pouca ou nenhuma influência dos ventos, com um fluxo de médio a intenso, tanto de veículos como pessoas, em uma área fortemente impermeabilizada. Dois pontos tiveram as menores temperaturas, o ponto 3 (Figura 5b), às 09h00, e o ponto 4 (Figura 5c), nos horários de 12h00 e das 15h00, ambos com uma circulação do vento considerada de média a alta em todos os horários; com uma presença quase nula de nuvens, com menor movimento de veículos e de pedestres, apresentando ruas que aparentemente serviram como meio de circulação para o vento, por causa de sua largura e extensão. O mapa de Temperatura Superficial Terrestre (TST) do ano de 2016 (Figura 6) espacializa as temperaturas nos pontos de coleta no setor Campinas.

Figura 5 – Fotografias dos pontos situados: (a) na Rua Santa Luzia; (b) na Rua Benjamin Constant com a Avenida Anhanguera; (c) e na Rua Jaraguá com a Avenida Castelo Branco.



Fonte: Google Maps (2021).

Figura 6 – Mapa de Temperatura Superficial Terrestre do ano de 2016.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No dia 28 de julho de 2016, as condições sinóticas eram favoráveis para uma melhor análise. Nos dados disponibilizados pelo INMET, coletados pela Estação Automática de Goiânia, as temperaturas registradas foram: 34 °C (Máxima) e 16,3 °C (Mínima). Os registros apontam que não houve previsão de precipitação e durante quase todo dia não

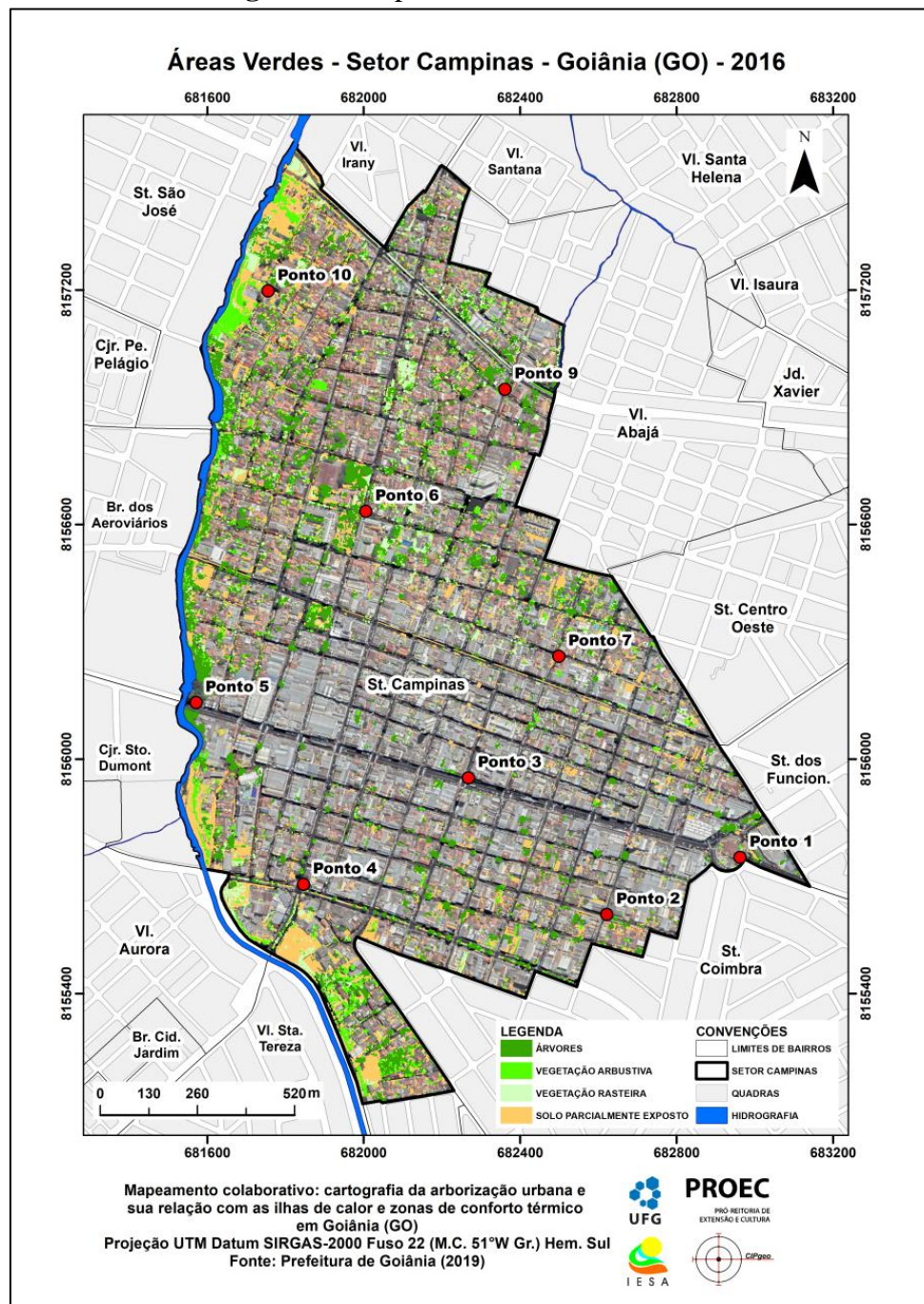
ocorreu influência dos ventos, sendo praticamente 0 m/s.

Observou-se de igual modo que o ponto 5 – que não aparece listado na tabela, mas que devido a recursos tecnológicos pode ser apresentando nessa análise – seria uma área com temperatura dita como “Confortável”, devido à influência do corpo hídrico natural (córrego Cascavel) e por uma longa faixa de áreas verdes (árvores, vegetação rasteira e arbustiva) na parte oeste do bairro, que segundo Lombardo (1990, como citado em Pinheiro & Souza, 2017, p.69), exercem o papel de fixadores de gases poluentes e tóxicos, juntamente com a função de estabilizadores microclimáticos, por meio da redução da amplitude térmica e da ampliação das taxas de transpiração para atmosfera.

Já os pontos 1, 3, 4, 6 e 10 apresentaram temperaturas intermediárias, ditas “Ligeiramente quentes”, com pontos próximos de áreas verdes ou de árvores isoladas. Os pontos 2, 7 e 9 foram os que mostraram maiores tendências à existência de condições de desconforto, quanto à sensação térmica, sendo possível se atrelar este fato à proximidade com ambientes nos quais existem muitas áreas de solo parcialmente exposto e ocorrência de prédios e construções comerciais, os quais alteram a circulação de ventos e influenciam na refletância e no armazenamento do calor.

O mapa de Áreas Verdes (Figura 7) apresenta o contexto em que se inserem os pontos de averiguação das temperaturas, em relação ao uso e ocupação do solo. Verificamos que o ponto com baixas temperaturas (ponto 5) localiza-se em uma local com certa predominância de áreas verdes e árvores isoladas, resultando em efeitos positivos aos que frequentam essas localidades. Para os pontos de temperatura mediana (pontos 1, 3, 4, 6 e 10), seus ambientes apresentam transição entre áreas naturais e áreas de transformação antrópica. No caso do ponto 10, que tem focos de áreas verdes, mas que dividem ou são sobrepostos aos ambientes de solo parcialmente exposto, intensificando a condição física do albedo (propriedade física dos elementos que indica o nível de refletância sobre a porção que é absorvida; quanto maior o albedo, menor a absorção e maior a refletância da radiação eletromagnética). Os pontos com as maiores temperaturas (pontos 2, 7 e 9) apresentam mínima presença de arborização, com maior quantidade de áreas edificadas ou pavimentadas.

Figura 7 - Mapa de Áreas Verdes.

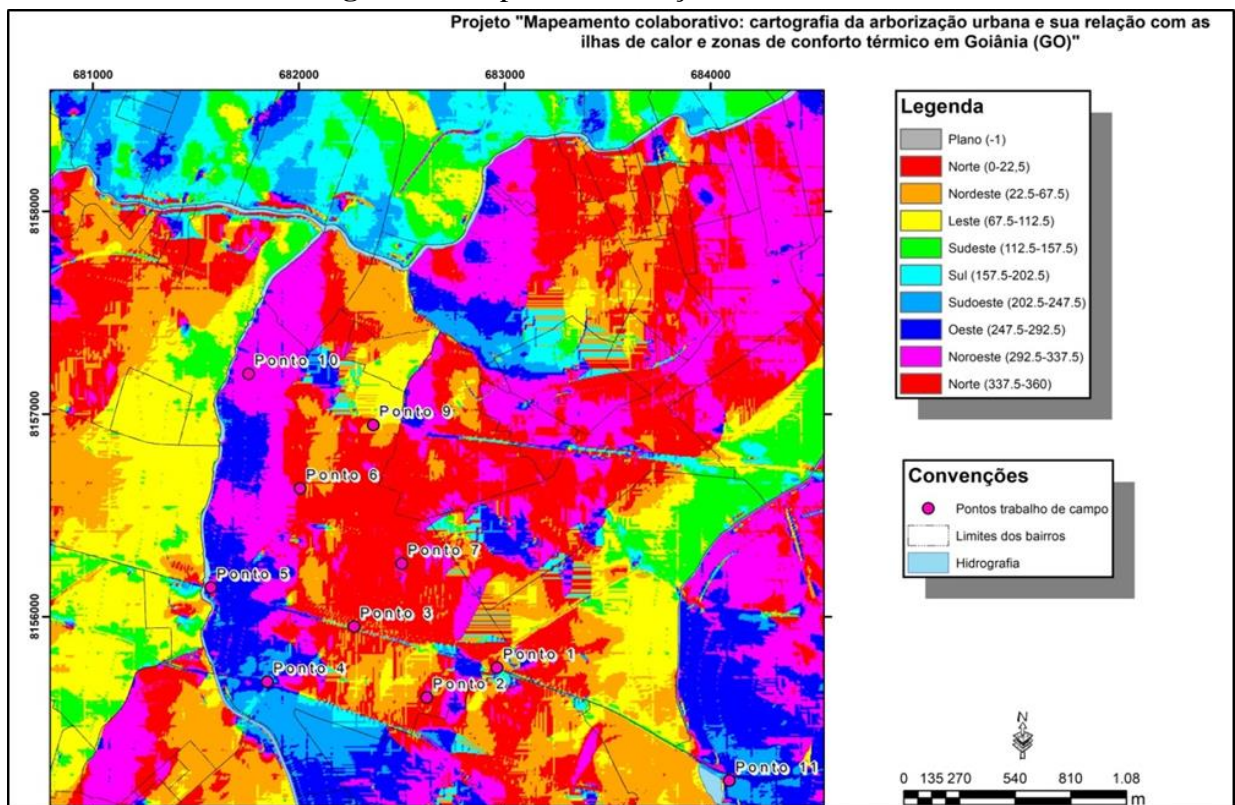


Fonte: Elaborado pelos autores.

A interferência dos fatores topográficos no setor Campinas influencia na mudança de temperaturas. No mapa de Orientação das Vertentes (Figura 8), das oito classes – norte, sul, leste e oeste (cardiais); nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste (colaterais) –, os pontos 1, 2, 3, 6 e 7, têm suas vertentes direcionadas para o norte, o que, tendo em vista a posição

latitudinal de Goiânia (16° Sul), indica que recebem maior índice de radiação ao longo do dia, ocorrendo com maior intensidade nos horários de 12h00 e 15h00. Desse modo, o ponto 7 apresentou as maiores temperaturas, tanto para o cálculo de Temperatura Efetiva quanto para o caso do mapa de Temperatura Superficial Terrestre.

Figura 8 - Mapa de Orientação de Vertentes



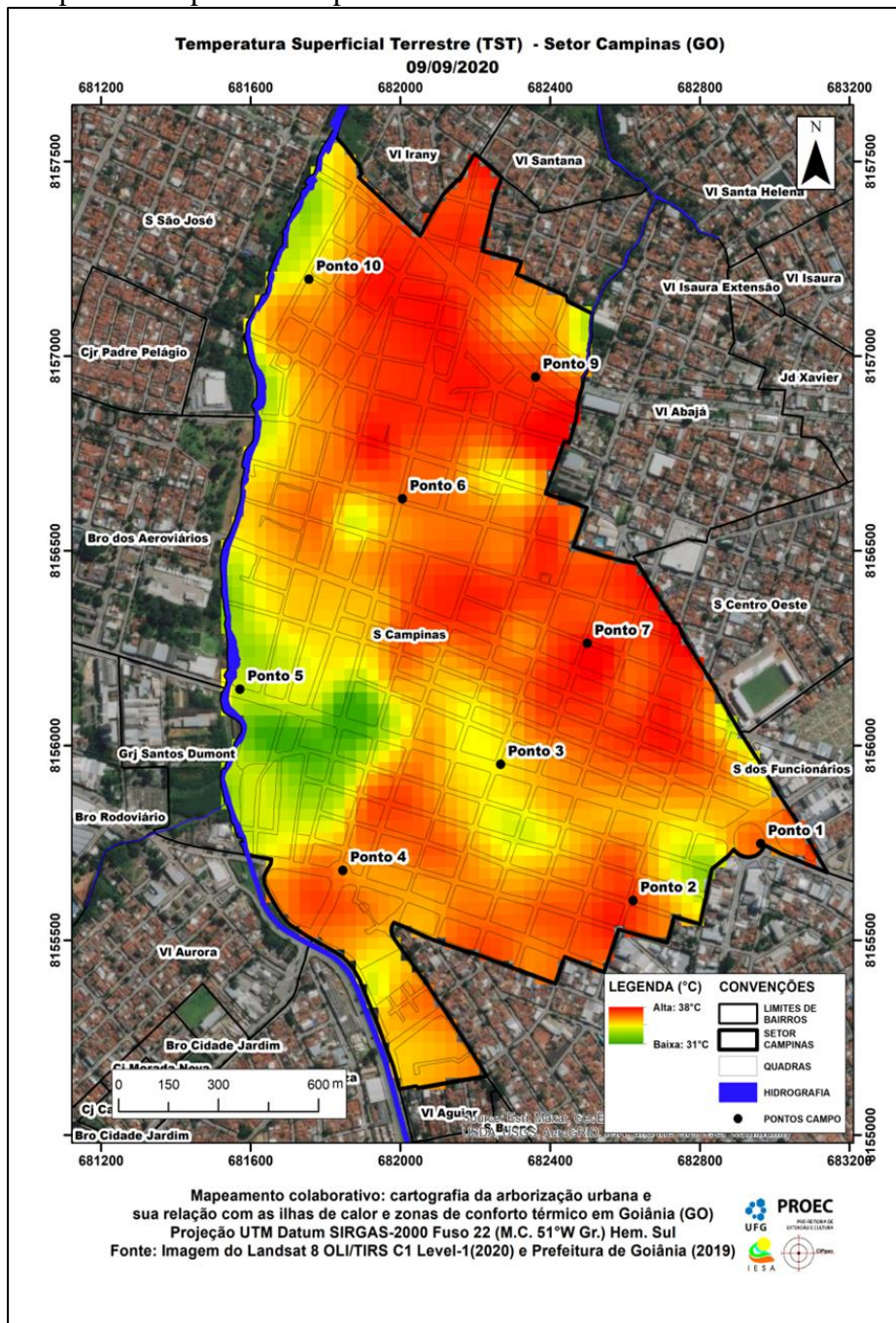
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos pontos 4 e 5, com vertentes voltadas para oeste, a quantidade de radiação recebida foi de moderada a intensa. As temperaturas do ponto 4 se mantiveram as mesmas por quase todo dia, muito por causa dos fatores naturais presentes. O ponto 10, com vertente direcionada para noroeste, apresentou a segunda maior temperatura efetiva. Mesmo estando próximo ao corpo hídrico natural (córrego Cascavel), esse local possui proximidade com uma grande quantidade de terrenos com “solo parcialmente exposto”, desenvolvendo maior concentração de calor e gerando temperaturas de médias a intensas.

Quanto aos dados do questionário e da planilha (coluna “Observações”), esses apresentaram certas conexões, que podem ser mais bem compreendidas pela associação com o segundo mapa de Temperatura Superficial Terrestre (Figura 9) do ano de 2020. Um total de 97,8% dos entrevistados afirmara que nas áreas mais quentes – pontos 2, 7 e 9 – existe

maior fluxo de carros, e segundo a planilha o horário das 15h00, é o momento coincidente com maior circulação de veículos, de acordo com observações do local.

Figura 9 - Mapa de Temperatura Superficial Terrestre de 09/09/2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, 91,1% das respostas apontam que quase todas as áreas mais quentes possuem menor número de árvores, e as únicas formas de sombreamentos desses locais,

como os próprios entrevistados afirmam, são: prédios; marquises e toldos (fixo ou flexível), ou seja, sombras artificiais. Isso é concordante com o que afirma Eriksen (1978, como citado em Gouvêa, 2007, p.15), descrevendo que a formação das ilhas de calor ou alteração da temperatura, pode envolver muitos fatores de ordem humana, dentre eles: a redução do resfriamento devido à falta de arborização e à produção de energia antropogênica, por meio do tráfego de veículos e pessoas.

Em fato, observa-se pelo mapa da termografia de superfície em 2020 um considerável incremento da temperatura, tendo em vista que em 2016 a maior temperatura registrada foi de 32°C e no ano de 2020 houve elevação do maior valor de temperatura para 38°C. O padrão espacial permaneceu entre os dois períodos, destacando a influência da ocupação do solo e do relevo na variação espacial das temperaturas.

Perguntados sobre a presença de prédios e dos geradores de calor nas áreas mais quentes (sensação de calor extremo); 59,1% dos entrevistados afirmaram que os lugares de maior sensação térmica possuem maior quantitativo de edificações. Pensando nessa afirmação, podemos idealizar o que designou Oke (1981), de “geometria de cânion”, ou seja, a rua é margeada pelas paredes das construções, e o espaço produzido entre as paredes e a própria rua é denominado cânion. O autor considera que, nessa geometria, a existência de três superfícies – telhados, paredes e ruas – proporcionam a intensificação das ilhas de calor, devido ao aprisionamento de radiação e ao armazenamento do calor. A tal fato podem ser adicionadas as características citadas pelos entrevistados, afirmando que a alteração na temperatura e a produção de calor extremo correlaciona-se à pavimentação asfáltica das ruas; aos tipos de construções (materiais usados nas paredes, janelas e telhados); à existência de mais estabelecimentos comerciais do que residenciais (até três andares); à falta de árvores e à baixa circulação dos ventos.

Procurando saber quais ruas apresentam maior sensação térmica, foi feita a seguinte pergunta: “Quais as três ruas que você poderia indicar como sendo locais onde se sente mais calor?”. As respostas apresentaram a Avenida 24 de Outubro (Figura 10) como a mais citada, mesmo não estando entre os pontos de coleta do trabalho de campo. Isso ocorre devido à falta de áreas verdes, mesmo que havendo um pequeno número de árvores isoladas que poderiam surtir algum efeito positivo. E existe a presença maciça de calçamento e pavimentação, o que acaba anulando a influência positiva das árvores, podendo também se destacar o intenso tráfego de ônibus e de carros populares quase que por todo o dia, além das coberturas das barracas ao longo das calçadas.

Figura 10 - Avenida 24 de Outubro.



Fonte: *Google Maps* (2021).

4 - Considerações finais

- A relação entre os resultados do Cálculo de Temperatura Efetiva com as análises do mapa de Temperatura Superficial Terrestre do ano de 2016 e do de Uso e cobertura do solo do mesmo ano, demonstraram que os dez pontos de coleta apresentam cenário parecido para o ano de 2020, com destaque para o ponto 2, 7 e 9 com os maiores índices térmicos, principalmente o ponto 7 que registrou as maiores temperaturas ao longo do dia; devido modificações da cobertura natural para uso antrópicos, atrelado ao fator topográfico – orientação das vertentes – de exposição e recebimento da radiação solar durante todo o dia.
- O mapa de Temperatura Superficial Terrestre de 2020 e as repostas do formulário embasaram e afirmaram que o cenário vivenciado pelos frequentadores na localidade é parecido com as mediações satelitárias, apontando que por causas antrópicas – áreas densamente impermeabilizadas, condições de raríssima vegetação arbórea e a substituição por sombras artificiais – esses locais tornam-se propícios para desencadeamento dos efeitos do fenômeno estudado;
- A identificação por parte dos moradores e trabalhadores da existência de outras partes do bairro de Campinas com altos índices de temperatura – Avenida 24 de Outubro – mesmo essas localidades não sendo anexadas como prioridades no decorrer da pesquisa, computando a oportunidade de continuação da pesquisa para o bairro e para Goiânia em geral, na finalidade para compreensão do microclima

urbano de território goiano;

- Outro ponto de extrema importância, que envolve a comunidade, relaciona-se à possível mitigação ou redução do problema urbano, apontado no questionário pelos entrevistados, como formas de diminuir ou solucionar as ilhas de calor. Dentre o que foi apontado, destaca-se a sugestão da plantação ou da reintrodução de áreas verdes em partes do bairro, desde que as espécies a serem plantadas sejam origem nativa (Cerrado), por serem mais toleráveis a variações climáticas e fatores antrópicos, como a poluição do ar (Pinheiro & Souza, 2017; Korn et al., 2007).
- A pesquisa apresentada no decorrer deste texto fundamentou-se nas bases de uma ação de extensão que se tornou ferramenta importante na aproximação entre Comunidade e Universidade, em diversos pontos. A utilização dos aplicativos livres, como no caso do Google Forms e das redes sociais, possibilitou a participação efetiva da sociedade, ainda que de forma remota e anônima, expondo sua percepção sobre os fenômenos em que ela se insere (a exemplo do problema das ilhas de calor).

5 - Agradecimentos

Agradecemos a Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC) na concessão do financiamento para execução da extensão universitária pelo Programa de Bolsas e de Voluntários de Extensão e Cultura (PROBEC/PROVEC) entre os anos de 2019-2020. Expressamos nossos agradecimentos aos alunos da turma de Climatologia I (2019.1), na pessoa da Prof^a Dr^a Gislaine Cristina Luiz, que auxiliaram na coleta dos dados climáticos no bairro de Campinas dentro do período de execução do plano de pesquisa.

6 - Referências

- Barbosa, J. P. M., Campos, A. B. de, & Santos, V. M. N. DOS. (2022). Metodologias e Escala na Climatologia Geográfica – Técnicas Estatísticas e Visão Multi-Escalar para a Compreensão do Comportamento do Clima. *GEOGRAFIA (Londrina)*, 31(1), 277–296. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2022v31n1p277>.
- Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas, U. M., & Garrido, J. (1996). SPRING: Integração de sensoriamento remoto e SIG por modelagem de dados orientada a objetos. *Computers & Graphics*, 20(3), 395-403.
- Coelho, A. L. N., & Correa, W. S. C. (2019). TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

CELSIUS DO SENSOR TIRS/LANDSAT-8: METODOLOGIA E APLICAÇÕES. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 31-45. <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2996/1733>. 05 ago. 2019.

Coutinho, A. C. (1997). *Segmentação e classificação de imagens Landsat-TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/16758/segmentacao-e-classificacao-de-imagens-landsat-tm-para-o-mapeamento-dos-usos-da-terra-na-regiao-de-campinas-sp>. 01 jul. 2022.

Dalla Corte, A. P., Dlugosz, F. L., & Centeno, J. A. S. (2008). Testes de limiares para a segmentação de imagens SPOT-5 visando a detecção de plantios florestais. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 6(2), 249-257. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i2.10508>.

De Oliveira, B. F. A., Jacobson, L. S. V., Perez, L. P., Silveira, I. H., Junger, W. L., & Hacon, S. S. (2020). Impactos das condições de estresse térmico na mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares no Brasil. *Sustainability in Debate*, 11(3), 314-330. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33970>.

Gomes, M. A. S., & Amorim, M. C. de C. T. (2003). ARBORIZAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO URBANO: ESTUDO DE CASO NAS PRAÇAS PÚBLICAS DE PRESIDENTE PRUDENTE (SP). *Caminhos De Geografia*, 4(10), 94-106. <https://doi.org/10.14393/RCG41015319>.

Gouvêa, M. L. (2007). *Cenários de impacto das propriedades da superfície sobre o conforto térmico humano na cidade de São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo. <https://doi.org/10.11606/D.14.2007.tde-21022008-082426>.

Korn, H., Ntayombya, P., Berghäll, O., Cotter, J., Lamb, R., Ruark, G., & Thompson, I. (2007). Opções de mitigação e de adaptação à mudança climática: conexões com a biodiversidade e impactos sobre a biodiversidade. In: Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas: recomendações para a integração das considerações sobre biodiversidade na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seu Protocolo de Kyoto. MMA/SBF, *Série Biodiversidade*, 28, 79-137.

Tradução: Ana Lúcia Lemos de Sá.

Lima, I. M., & Jardim, C. H. (2017). Aplicação da equação de THOM para estimativa do conforto térmico em função das variações de temperatura e umidade relativa do ar no bairro castelo, Belo Horizonte-MG. In: *Anais do 17º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. (pp. 2666-2670), Campinas - SP. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2437>.

Lombardo, M. A. (1985). *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. Hucitec/Lalekla.

Monteiro, C. A. F. (1976). *Teoria e clima urbano*. IGEOG/USP. Série Teses e Monografias (25).

Nascimento, D. T. F., & Oliveira, I. J. de (2012). ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO FENÔMENO DE ILHAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA-GO (1986-2010). *Boletim Goiano De Geografia*, 31(2), 113–127. <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16849>.

Nascimento Júnior, L. (2018). O CLIMA URBANO COMO RISCO CLIMÁTICO: CONTRIBUIÇÃO DA GEOGRAFIA DO CLIMA AOS ESTUDOS SOBRE OS CLIMAS DAS CIDADES. *Geo UERJ*, (38), 1-34. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.36827>.

Oke, T. R. (1981). CANYON GEOMETRY AND THE NOCTURNAL URBAN HEAT ISLAND: COMPARISON OF SCALE MODEL AND FIELD OBSERVATIONS. *JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, 1(3), 237-254.

Pascoalino, A., & Marandola Júnior, E. (2021). A Vulnerabilidade na Cidade e as Escalas do Clima Urbano: o Potencial das Unidades Climáticas para o Planejamento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(5), 2711-2726. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2711-2726>.

Pinheiro, C. R., & Souza, D. D. de. (2017). A IMPORTÂNCIA DA ARBORIZAÇÃO NAS CIDADES E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 6(1), 67–82. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e1201767-82>.

Prado, F. S. (2020). *Microclima urbano: características higrotérmicas em Rio Verde-GO*. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2020. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10878>. 9 maio 2022.

Ramires, J. Z. S., & Mello-Théry, N. A. (2018). Uso e ocupação do solo em São Paulo,

alterações climáticas e os riscos ambientais contemporâneos. *Confins*, (34).

<https://doi.org/10.4000/confins.12779>.

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano Sustentável – SEMDUS. (2013) *Anuário Estatístico de Goiânia*. Goiânia.

Souza, C. M. de, Leite, L. P., Perini, P., & Karzmiereczak, L. (2019). A vegetação urbana a serviço do conforto térmico: uma proposta para um bairro metropolitano de São Paulo, Brasil. *Labor e Engenho*, 13, e019014. <https://doi.org/10.20396/labore.v13i0.8654619>.

Ugeda Júnior, J. C., & Amorim, M. C. de C. T. (2016). REFLEXÕES ACERCA DO SISTEMA CLIMA URBANO E SUA APLICABILIDADE: PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E INOVAÇÕES TÉCNICAS. *Revista Do Departamento De Geografia, (spe)*, 160-174. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.119402>.

Vianna, E. O. (2018). *O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília* – DF. 296 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33012>. 9 maio 2022.