



Estudo sobre as ilhas de calor na cidade de Santo André: uma análise com base na geometria urbana

Camila Mayumi Nakata-Osaki

Universidade Federal do ABC

camila.nakata@ufabc.edu.br

Lyara Carolina Montone do Amaral

Universidade Federal do ABC

lyara.amaral@aluno.ufabc.edu.br

Isabella Leite Canêo

Universidade Federal do ABC

isabella.caneo@aluno.ufabc.edu.br



ESTUDO SOBRE AS ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE SANTO ANDRÉ: UMA ANÁLISE COM BASE NA GEOMETRIA URBANA

C. M. Nakata-Osaki, L. C. M. Amaral, e I. L. Canêo

RESUMO

Uma das maiores consequências das alterações causadas pelo processo de urbanização é a formação de ilhas de calor, sendo a geometria urbana um dos fatores de maior influência nesse processo. Esta pesquisa tem por objetivo a análise do potencial de influência da geometria urbana sobre a intensidade máxima de ilha de calor em um fragmento urbano da cidade de Santo André (SP) com uso de uma ferramenta de simulação integrada a um SIG. Foram utilizados termohigrômetros data-logger e dados climáticos provenientes de uma estação meteorológica da região. Os dados levantados serviram para o ajuste da ferramenta THIS, ferramenta de extensão do ArcGIS 10, a qual foi utilizada para a simulação das magnitudes de ilhas de calor. Os resultados desta pesquisa possibilitaram realizar a verificação da magnitude de ilhas de calor na cidade de Santo André, na microescala, observando-se as diferenças em relação à configuração da geometria urbana local.

1 INTRODUÇÃO

A ilha de calor é o fenômeno que ocorre principalmente em áreas urbanizadas, caracterizado pelo aumento da temperatura do ar de regiões urbanas em relação ao meio rural ou regiões menos urbanizadas, principalmente à noite (UNESP, 2005). Diversas características do modo de vida e da forma urbana colaboram para a formação de ilhas de calor, sendo a geometria urbana determinante na distribuição de temperatura dentro do espaço urbano (UNGER, 2004).

Alguns estudos avaliam a relação da geometria urbana com a intensidade de ilhas de calor, utilizando-se como metodologia o levantamento de dados meteorológicos oficiais e termômetros data-loggers para monitoramento da temperatura, além do uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Simeão e Scopel (2017, 2019), Minaki & Amorim (2012), Gomes et al., (2017) e outros se utilizaram de metodologia como essa para as suas pesquisas. O SIG demonstra-se uma importante ferramenta para identificação, simulação e análise das ilhas de calor urbanas, sendo constituído por um conjunto de instrumentos que possibilitam adquirir, armazenar e editar informações espaciais (INPE).

Neste sentido, a THIS (*Tool for Heat Island Simulation*) é uma extensão do SIG ArcGis 10 que utiliza dados de geometria urbana como entrada para a simulação das magnitudes de ilhas de calor urbanas (NAKATA-OSAKI et al., 2018). Essa ferramenta possibilita a

inserção de equações de ajustes para a cidade para qual pretende-se simular como forma de calibração do modelo.

Utilizando-se de metodologias tradicionais e da ferramenta THIS, o presente estudo buscou compreender e discutir a relação entre ilhas de calor urbanas e a geometria urbana na região de Santo André. A ferramenta THIS é um simulador que foi desenvolvido em outro contexto, mas, devido a sua disponibilização para uso através de um link (NAKATA-OSAKI et al., 2018), foi possível aplicá-lo no estudo apresentado neste artigo.

Santo André foi escolhida por estar inserida na Região Metropolitana de São Paulo e por, devido às suas características e história, estar, atualmente, em expansão e intensa verticalização. O município apresenta, portanto, uma diversidade quanto à geometria urbana, que está em constante modificação. A existência tanto de antigas construções que ocupam quadras inteiras, quanto de modernos edifícios altos, aliado ao aumento da impermeabilização do solo e aumento do uso de combustíveis fósseis e energia altera o microclima local.

2 ILHA DE CALOR E SUA RELAÇÃO COM A GEOMETRIA URBANA

Referência nos estudos sobre a relação entre ilhas de calor e geometria urbanas, Oke (1981) desenvolveu um modelo empírico para prever a intensidade de ilhas de calor noturnas, relacionando-a à altura dos edifícios e largura das vias. Ao comparar resultados de um experimento (com modelo reduzido) com os observados em campo, relacionou o aumento da razão altura-largura (H/W) com a redução da taxa de resfriamento do ambiente urbano em relação ao ambiente rural. A equação 1 apresenta o modelo matemático empírico desenvolvido por Oke:

$$\Delta T_{u-r(\max)} = 7,45 + 3,97 \ln (H/W) \quad (1)$$

Onde:

$\Delta T_{u-r(\max)}$ é a intensidade máxima da ilha de calor;

H é a altura dos edifícios no cânion urbano;

W é a largura das rua no cânion urbano.

O modelo empírico desenvolvido por Oke é até hoje utilizado para a análise da interferência da geometria urbana na intensidade de ilhas de calor. Romero (2011), a partir dos estudos de Oke em 1982, afirma que a geometria urbana e a relação entre a largura das vias e a altura dos edifícios (H/W) tem influência no processo de absorção da radiação solar, sendo fundamental no controle das ilhas de calor.

Gomes et al. (2017) obtiveram índices de temperatura por meio da colocação de equipamentos em 17 pontos fixos de registro em Ubatuba - SP, e, ao correlacionarem estatisticamente as temperaturas obtidas com as características da superfície (porcentagem de vegetação, densidade de construções, distância do mar e temperatura de superfície), verificaram a formação de ilha de calor nitidamente definida na área central da cidade, com intensidade máxima de 5°C em relação ao entorno rural.

Sharmin et al. (2015) realizaram medições e pesquisa com a população em 5 regiões de Dhaka, capital de Bangladesh, em bairros planejados e não planejados. Com os resultados, concluíram que formas urbanas que são mais irregulares, com terrenos

diferentes e prédios de alturas variadas, mais comuns em áreas tradicionais, tem respostas positivas em relação ao clima, enquanto áreas planejadas com uma geometria mais homogênea mostram tendência na formação do efeito de ilha de calor diurna.

Em outro estudo, Sharmin et al. (2017) compararam os estudos de outra medição na cidade de Dhaka, dessa vez em seis cânions urbanos em quadro áreas residenciais com características de geometria urbana diferentes, com simulações no ENVI-met V4. Apesar de a medição em campo apresentar diferenças entre regiões de geometria urbana diferentes, concluíram que o programa produziu resultados suficientemente bons em relação à temperatura do ar horária, porém não é capaz de distinguir os detalhes precisos da geometria urbana que causam variações significativas nas condições microclimáticas em situações reais.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma geotecnologia com ferramentas para o processamento e análises de espaços e fenômenos que ocorrem no mesmo. Um estudo utilizando o ESRI ArcGIS 10.1 realizado em Shanghai (Zhang et al., 2013) mostrou que a mudança de solo, ocasionada pela urbanização, refletiu no aumento da magnitude das UHI.

Já, em outro estudo, Sultana e Satyanarayana (2018) utilizaram o SIG e técnicas de sensoriamento remoto para observar a intensidade de UHI em várias regiões metropolitanas da Índia entre os anos de 2001 e 2013. Com o estudo foi observado que as ilhas de calor urbano foram aumentando conforme as cidades se expandiram, diminuindo a vegetação e aumentando o número de prédios e casas.

A THIS (*Tool for Heat Island Simulation*) foi desenvolvida de forma a simular ilhas de calor urbanas e calcular a influência da geometria urbana considerando cenários urbanos reais e hipotéticos. A partir de estudos da base teórica do modelo de Oke aplicados em um algoritmo de cálculo disponível na plataforma SIG, a ferramenta identifica dados de entrada como ruas (linhas), edificações (polígonos) e a distância do eixo do edifício, determinado pelo usuário. Então são calculados os parâmetros de geometria urbana, como a relação H/W e a rugosidade (Z_0), assim como a magnitude das ilhas de calor. Para o contexto em que a THIS foi desenvolvida, considerando que cada cidade ou região apresenta características próprias em relação ao clima, é evidenciada a importância do processo de validação da ferramenta para simulações de cenários em diferentes cidades (NAKATA-OSAKI, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão divididos em cinco partes principais: seleção da área de estudo; calibração dos equipamentos; levantamento de dados; ajuste da ferramenta THIS; e simulação.

Para a escolha da área de estudo (Figura 1) foi delimitado um recorte no bairro Jardim, próximo ao centro do município de Santo André – SP (Brasil). A região caracteriza-se por prédios residenciais e comerciais, além de comércio e serviços de construções térreas.

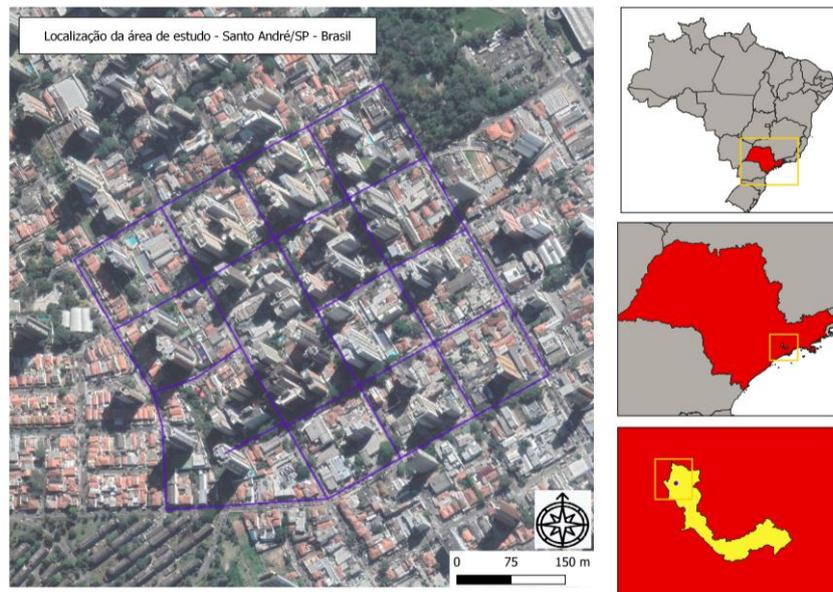


Fig. 1 Mapa da área de estudo
Fonte: adaptado do Google Maps

Para esta pesquisa, a temperatura do ar foi avaliada na camada de cobertura urbana, e foram utilizados quatro equipamentos data-logger do Laboratório de Integração de Sistemas Ambientais Urbanos (ISAU) da Universidade Federal do ABC. Dois deles são do tipo Data Logger de Temperatura Bluetooth MX2305, da marca HOBO, com faixa de medição de -40°C a 70°C , precisão de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ para -40°C a 0°C e $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ para 0°C a 70°C e resolução de $0,04^{\circ}\text{C}$. Outros dois equipamentos são do tipo Data Logger de temperatura e umidade relativa Pro V2 Onset U23-001, da marca HOBO, com faixa de medição de -40°C a 70° , precisão de $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ para 0° a 50°C e resolução de $0,02^{\circ}\text{C}$ a 25°C .

A calibração dos equipamentos foi realizada no período entre 29/02/2020 a 02/03/2020, possibilitando verificar divergências entre os aparelhos. O levantamento de dados na área de estudo ocorreu entre os dias 05/02/2020 e 29/02/2020, com os equipamentos instalados a uma altura média de 2 metros, localizados conforme mostra a Figura 2.

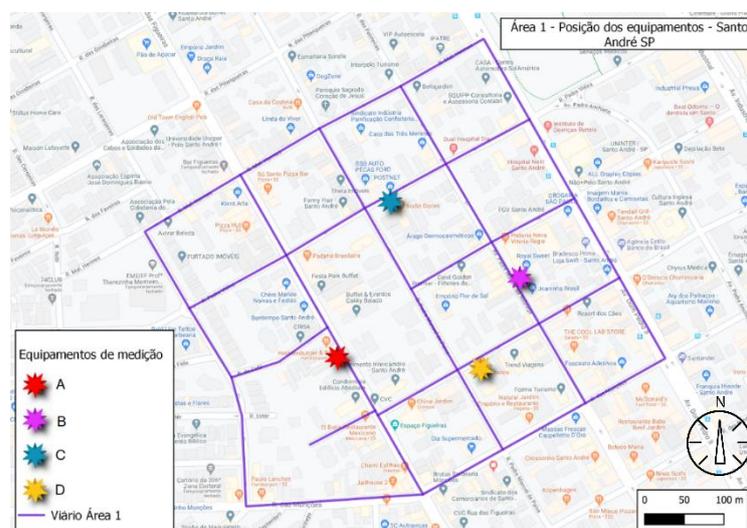


Fig. 2 Mapa da área e posição dos equipamentos
Fonte: adaptado do Google Maps

Uma maior quantidade de pontos de estudo para este tipo de pesquisa favoreceria uma análise mais aprofundada. Entretanto, para se conseguir extrair dados com menor interferência das alterações diárias de tempo, dando maior foco no parâmetro que se deseja analisar (geometria urbana), as medições tiveram que ser realizadas simultaneamente e, além disso, o número de equipamentos disponíveis no laboratório é limitado.

Para o ajuste da ferramenta computacional THIS, além dos dados coletados pelos equipamentos data-logger no bairro Jardim, foram utilizados também os dados da estação meteorológica Paraíso (obtidos através do Departamento de Proteção e Defesa Civil de Santo André), a qual serviu como parâmetro de ‘temperatura rural’ (Tr) para o cálculo de valores de ilha de calor. A estação está localizada em região arborizada, e abriga também um dos reservatórios de água da cidade de Santo André, ficando à cerca de 2,8 km da área de estudo no sentido sul.

Para o cálculo da intensidade de ilha de calor (Equação 1), os dados obtidos pelos equipamentos (A, B, C e D, ver Figura 2), devidamente calibrados, referem-se à temperatura urbana “Tu”. Para representar a temperatura do meio rural, “Tr”, foram considerados os dados obtidos na estação Paraíso para o mesmo período. Ao realizar a subtração Tu-Tr, obtém-se então a diferença de temperatura medida nos dias selecionados, que corresponde ao valor de intensidade da ilha de calor (ou de frescor) para cada hora.

Estes dados foram utilizados para o ajuste da ferramenta THIS às condições climáticas da cidade de Santo André, para a realização das simulações. Para a correção da ferramenta foi necessário o desenvolvimento de uma base de dados de geometria urbana da área de estudo, realizado com auxílio dos softwares ArcGis (versão 10.5) e QGis (versão 3.4.14).

Esse mapeamento foi realizado a partir de dados disponibilizados pelo Departamento de Desenvolvimento e Projetos Urbanos da Prefeitura de Santo André e informações de lote e edificação do Google Maps. Foram inseridos objetos do tipo polígono para cada edificação e do tipo linha para as vias. Na tabela de atributos, foi adicionada uma coluna contendo o número de pavimentos de cada edificação e outra coluna referente à altura das edificações (tendo sido adotada uma medida de 3 metros para cada andar).

Uma primeira simulação foi realizada pela THIS para identificação do valor da ilha de calor de acordo com a fórmula de Oke (Equação 1). Por meio de um gráfico de dispersão de pontos relacionando esses dados com os resultantes das medições em campo, foi possível obter uma equação de ajuste para Santo André. Essa equação de ajuste foi, então, inserida na programação da ferramenta, e uma nova simulação foi realizada, desta vez, com obtendo-se resultados já ajustados a realidade encontrada na medição obtida em campo.

Por fim, os valores resultantes da simulação da ferramenta já ajustada para Santo André são analisados e discutidos, sendo apresentados no tópico deste trabalho ‘4.2 Resultados da simulação’.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados obtidos

Dentre os três dias estáveis selecionados do período de medição na área de estudo, a curva do mais estável foi a do dia 16/02. Nota-se, nesse dia, a partir das 15h, uma considerável diferença de temperatura entre os equipamentos A, B, C e D (Tu) e os dados da Estação Paraíso (Tr), que pode ser analisada como consequência da inércia térmica dos materiais das edificações (Figura 3).

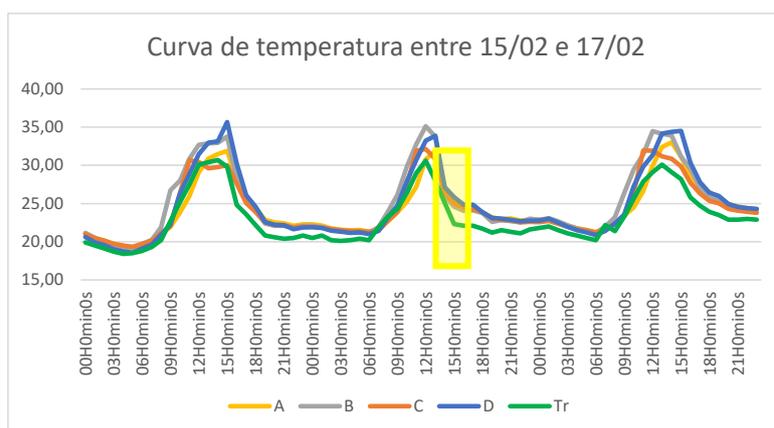


Fig. 3 Curva de temperatura do período de medição

Com data e hora selecionados, foram analisadas as intensidades de ilha de calor para cada equipamento (Tabela 1).

Tabela 1 Ilhas de calor máxima para cada ponto de estudo

Equipamento	Data e hora	TU (°C)	TR (°C)	Ilha de Calor (TU-TR) (UHI em °C)	H/W
A	16/02/20 – 15h00	25,36	22,30	3,06	1,36
B	16/02/20 – 15h00	24,58	22,30	2,28	0,25
C	16/02/20 – 15h00	25,00	22,30	2,70	0,93
D	16/02/20 – 15h00	25,85	22,30	3,55	0,78

Notou-se em uma primeira análise que o ponto D não contribuía para a verificação de alguma tendência e, por esse motivo, ele foi descartado para a etapa de ajuste da THIS para Santo André. Apesar de se tratar de um estudo preliminar na região de estudo e a quantidade da amostra ser pequena, a ferramenta THIS recomenda que para o seu uso seja realizado esse ajuste para que os dados fornecidos pela simulação representem maior proximidade com a realidade da região que se está avaliando.

Dessa forma, através da comparação dos resultados selecionados dos três pontos com os resultados obtidos pela aplicação da equação de Oke, obteve-se assim a equação de ajuste da THIS para Santo André (Equação 2).

$$y = 0,109x + 2,0291 \quad (2)$$

Onde

y é a intensidade máxima de ilha de calor (UHI_{max});

x é o valor de ilha de calor obtida pela equação de Oke (Equação 1).

4.2 Resultados da simulação

As simulações realizadas com a THIS geraram o valor de ilha de calor para cada trecho de via da área, segundo equação de ajuste (Equação 2) para a cidade de Santo André obtida e a equação de Oke (Equação 1), além de informações de geometria urbana sobre rugosidade (Z_0) e a relação H/W.

A Figura 4 apresenta o mapa resultante da simulação com a representação dos trechos das vias, as alturas das edificações e as intensidades máximas de ilha de calor (UHI_{max}) fornecidas pela ferramenta.

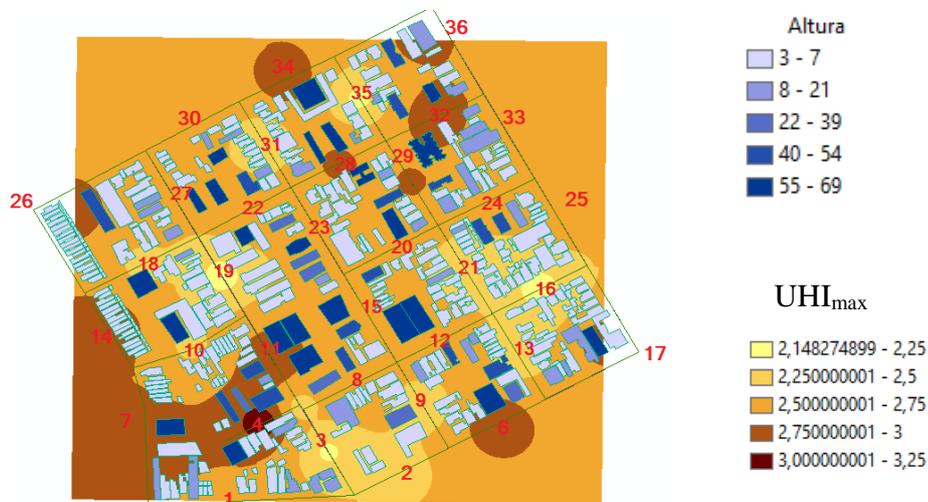


Fig. 4 Mapa resultante da simulação (altura das edificações x UHI_{max})

Pode-se observar que o trecho de via com maior valor de ilha de calor máxima (UHI_{max}) é a 4 (sudoeste do mapa), com $UHI_{max} = 3,16$, $H/W = 2,09$ e $Z = 11,98$. O menor valor de ilha de calor máxima está no trecho 16, a sudeste do mapa, com $UHI_{max} = 2,14$, $H/W = 0,20$ e $Z_0 = 0,63$.

No geral, pode-se observar que, quanto maior o valor da relação H/W, maior o valor identificado de intensidade máxima de ilha de calor urbana. Vê-se que a presença de prédios mais altos, identificados como os polígonos de azul mais escuro no mapa, pode influenciar na ilha de calor, uma vez que a maior parte destes está associado a trechos de ilha de calor máxima acima de $2,5^{\circ}C$.

Não foi possível afirmar uma tendência com os valores de Z_0 . Neste estudo, o valor de H/W foi mais relevante para identificar uma tendência na formação da ilha de calor urbana. Destaca-se, porém, que a quantidade limitada de aparelhos disponíveis e tempo de medição impedem uma análise mais aprofundada.

Imagens de satélite das vias permitiram avaliar a geometria de cada uma, conforme Figuras 5 e 6. Nota-se que o trecho 04, além de mais estreito, possui prédios altos em praticamente todos os lotes do lado direito da imagem. Já o trecho 16 é apresenta via mais larga e com edificações de no máximo 2 pavimentos.



Fig. 5 Vista do trecho 04 (Rua das Esmeraldas)
Fonte: Google Street View



Fig.6 Vista do trecho 16 (Rua Esmeralda)
Fonte: Google Street View

Ao analisar a imagem aérea dos trechos com maiores índices de ilha de calor, podemos observar alguns pontos. A Figura 7 apresenta a imagem aérea da quadra com algumas das vias de maior UHI_{max} .

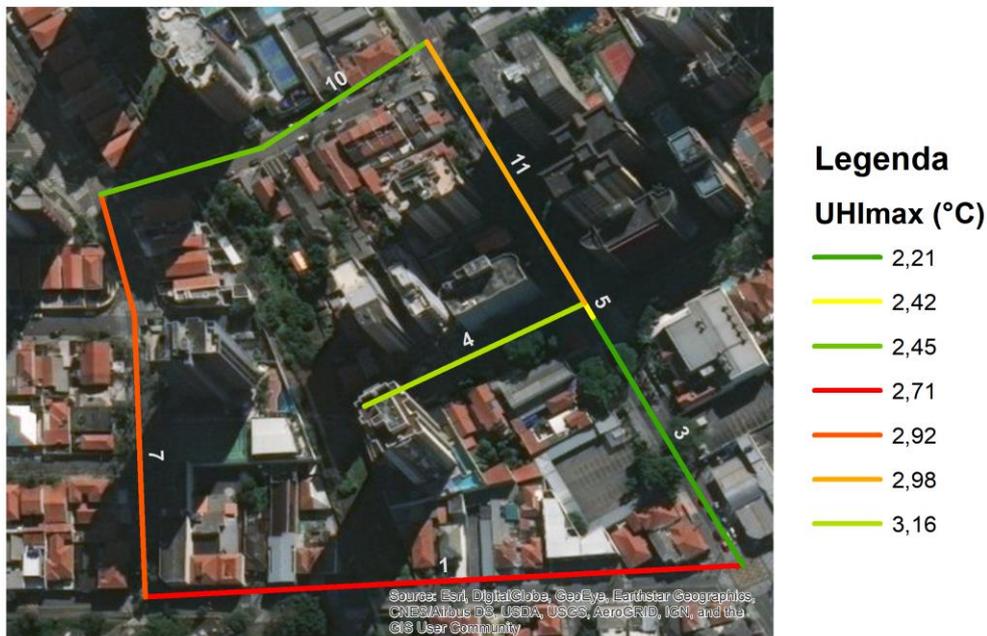


Fig. 7 Imagem aérea da área
Fonte: adaptado do Google Maps

É possível notar que a área que circunda o trecho 11 apresenta, dos dois lados da via, prédios altos, com apenas algumas residências baixas, de até 2 pavimentos. Apesar disso, o trecho 4 é a que apresentou maior UHI_{max} na simulação, e esta apresenta os prédios altos mais concentrados em apenas um lado da via.

O trecho 4, além de estar localizado em uma via mais estreita, apresenta geometria urbana mais homogênea que o trecho 11. No trecho 11, além de um maior espaçamento entre os edifícios e maior largura da via, algumas residências mais baixas estão intercaladas com as edificações mais altas, caracterizando uma geometria mais heterogênea. Isso pode ter contribuído para a diferença no índice de ilha de calor (ver modelo 3D, apresentado nas Figuras 8 e 9)

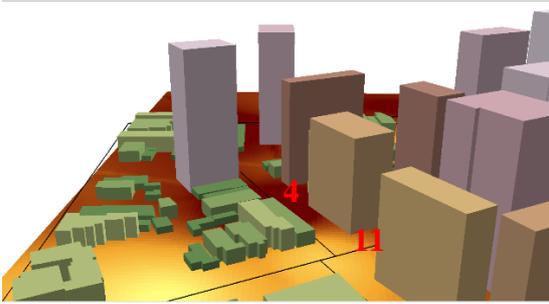


Fig. 8 Imagem 3D do trecho 4

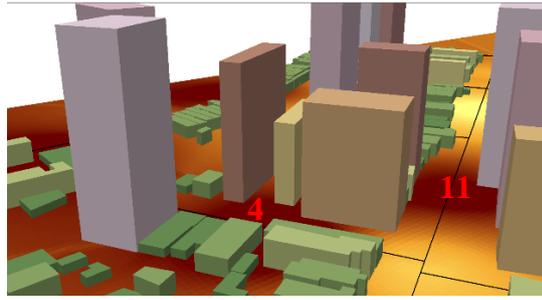


Fig. 9 Imagem 3D do trecho 4

Ao analisarmos o trecho com menor índice de ilha de calor (16), podemos observar, como mostrado na Figura 10, algumas diferenças em relação às características de geometria urbana da área, quando comparado com a figura 7:



Fig. 10 Imagem aérea da área

Fonte: adaptado do Google Maps

É possível notar que o entorno do trecho 16 não possui edificações altas influenciando-o diretamente. Especificamente nesse, temos uma mistura de prédios de 1 e 2 pavimentos (ver Figuras 11 e 12). Pela foto aérea, nota-se também que os edifícios possuem um recuo frontal maior em relação a calçada.

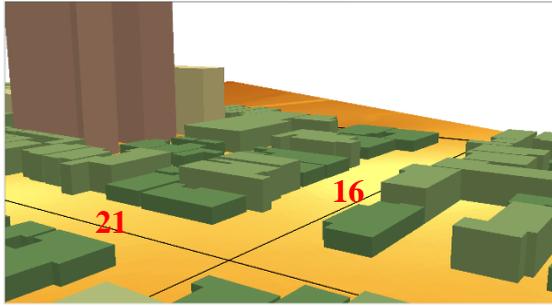


Fig. 11 Imagem 3D do trecho 16

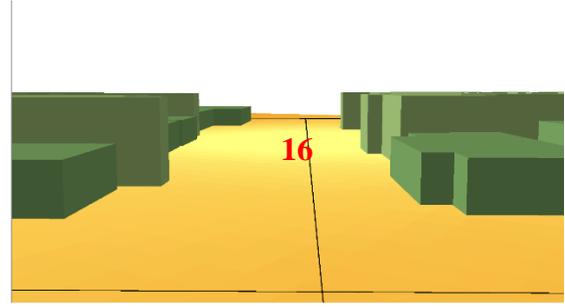


Fig. 12 Imagem 3D do trecho 16

Avaliando o trecho 21, apesar de possuir alguns prédios altos, verifica-se uma heterogeneidade na geometria da via, a qual apresenta inclusive um estacionamento. Os prédios não formam o que pode se chamar de ‘paredão’ (ou um cânion urbano fechado e homogêneo), mas sim, estão intercalados com edificações mais baixas.

As Figuras 13 e 14 apresentam o mapa 3D geral de toda a área, sendo possível avaliar a heterogeneidade da geometria urbana da região e relacioná-la com as ilhas de calor, conforme valores apresentados no mapa da Figura 4.



Fig. 13 Imagem 3D da área

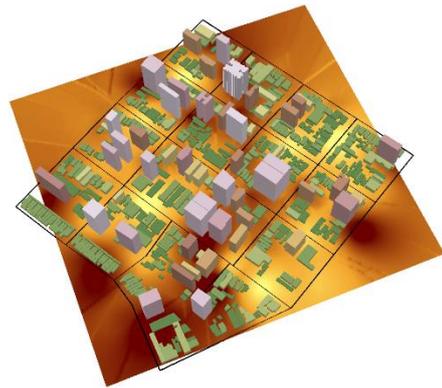


Fig. 14 Imagem 3D da área

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do tratamento de dados e simulação utilizando a ferramenta THIS, foi possível notar uma boa capacidade do modelo de prever as magnitudes de ilha de calor. Entretanto, o número limitado de equipamentos acabou limitando um melhor ajuste do modelo para geometrias urbanas mais diversificadas.

Os dados obtidos pela simulação permitiram relacionar o parâmetro H/W, relativo à altura das edificações e largura da via, com a formação das ilhas de calor. Percebeu-se que, quanto maior o valor de H/W, maior a intensidade da ilha de calor. Esse resultado permite concluir que a verticalização tem um impacto direto nas condições térmicas da região, interferindo no conforto térmico não somente de quem está dentro dos prédios como principalmente do pedestre.

Relacionando a simulação com os dados de temperatura medidos pelos equipamentos, pode-se concluir que os valores mais altos de diferença de temperatura, ou seja, de ilha de

calor, dão-se a partir das 15h, e vão reduzindo até gerar uma ilha de frescor ao amanhecer, entre 06 e 09h.

Além disso, notou-se que vias com geometrias mais homogêneas, seja com edificações de mais ou menos pavimentos, tendem a mostrar uma intensidade maior de ilha de calor. Vias mais heterogêneas apresentam esse valor relativamente reduzido. Isso provavelmente se dá pela influência da geometria na circulação dos ventos e na exposição da via ao Sol e a sombra, alterando o padrão de absorção da radiação solar.

Uma possibilidade de estudo futuro é a inserção de uma equação para quantificar a influência da geometria na circulação dos ventos na região, além de mensurar o impacto de outras variáveis, como o relevo, a presença de vegetação e o tipo de material das construções. Essas adições poderiam tornar a ferramenta THIS mais completa, gerando simulações que abrangeriam um conteúdo maior de parâmetros que influenciam as condições térmicas urbanas.

6 REFERÊNCIAS

Gomes, W. P., Amorim, M. C. C. T., Dubreuil, V. Modelagem da ilha de calor urbana aplicada ao ambiente litorâneo – Ubatuba/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo**. ISSN 2236-2878. V.34. 2017.

INPE - **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. Divisão de processamento de imagens (DPI). Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>. Acesso em 22/09/2019.

Minaki, C., Amorim, M. C. C. T. Características das ilhas de calor em Araçatuba/SP: Análise de episódios. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2. V.2, n.5, p. 279-294. 2012.

Nakata-Osaki, C. M. Adaptação de um modelo simplificado para verificação da influência da geometria urbana na formação de ilha de calor noturna. **Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (tese de doutorado)**. São Carlos, 2016.

Nakata-Osaki, C.M., Souza, L.C.L., Rodrigues, D.S. THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. **Computers, Environment and Urban Systems (CEUS)** - vol. 67 pgs 157-168, Janeiro/2018. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516301053?via%3Dihub>. Acesso em 22/09/2019.

Oke, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology - Royal Meteorological Society (RMets)**. (v. 1, pgs 237-254), 1981. Disponível em <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.3370010304>. Acesso em 22/09/2019.

Romero, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial em Brasília. Belo Horizonte - **Fórum patrimônio: Mudanças climáticas e o impacto das cidades**. (v.4, nº1), 2011.

Simeão, A. B., Scopel, S. B., Valverde, M.C. Estudo da ilha de calor urbana atmosférica em São Bernardo do Campo – SP e propostas de mitigação. **Revista Hipótese** – ISSN 2446-7154. V. 5, n.1, p. 671-698. Itapetininga, 2019.

Simeão, A.B., Scopel, S.B. Estudo e identificação de ilhas de calor urbanas e intraurbanas atmosféricas nos municípios de São Bernardo de Campo e Santo André. **Universidade Federal do ABC – UFABC**. Santo André, 2017.

Sharmin, T., Steemers, K., Matzarakis, A. Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal confort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. **Building and Environment** (V. 94, pgs 734-750), 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132315301463>>. Acesso em: 04/09/2020.

Sharmin, T., Steemers, K., Matzarakis, A. (2017). Microclimatic modelling in assessing the impact of urban geometry on urban thermal environment. **Sustainable Cities and Society**, 34, 293-308. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067071730183X>. Acesso em: 04/09/2020.

Sultana, S., & Satyanarayana, A. N. V. (2018). Urban heat island intensity during winter over metropolitan cities of India using remote-sensing techniques: impact of urbanization. **International Journal of Remote Sensing**, 1–39. doi:10.1080/01431161.2018.1466072. Acesso em 05/09/2020

UNESP. A morada do calor. **Jornal Unesp** – Agosto/2005, ano XIX, nº 203. Disponível em: <http://www.unesp.br/aci/jornal/203/ilhas.php>. Acesso em 12/10/2019.

Unger, J. Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. **Climate Research**, vol. 27, pg 253-264, 2004.

Zhang, H., Qi, Z., Ye, X., Cai, Y., Ma, W., & Chen, M. (2013). Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. **Applied Geography**, 44, 121–133. doi:10.1016/j.apgeog.2013.07.021. Acesso em: 05/09/20