Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
UFGD Editora

ANÁLISE ESPACIAL DA TEMPERATURA DA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE BELÉM (PA)

Spatial analysis of temperature in the central area of the city of Belém (PA)

Análisis espacial de la temperatura de la zona central de la ciudad de Belém (PA)

José Edilson Cardoso Rodrigues
Universidade Federal do Pará
jecrodrigues@ufpa.br

Resumo: Nos últimos anos, a cidade de Belém (PA) vem registrando aumentos nas temperaturas intraurbanas, principalmente na sua área central, que apresenta grandes concentrações de verticalização, de população e de circulação de veículos, além de reduções de vegetação. O interesse pelo estudo deste fenômeno ocorreu, a partir da observação de aumentos de temperatura na cidade, registrados pelo INMET, nas últimas décadas. O objetivo foi o de realizar um estudo sobre as características da temperatura na área central de Belém, utilizando transectos móveis. A metodologia abarcou revisão de literatura e levantamentos de temperaturas na área central do município, com base nos transectos realizados nos meses de agosto de 2015, no período noturno, e de setembro de 2016, no período diurno. A análise revelou que, no período noturno, o setor sudoeste apresentou as maiores temperaturas, por estar a sotavento da verticalização, enquanto o setor leste apresentou as menores temperaturas; no período diurno, o setor sul da área central, considerado mais populoso e de pouca arborização, apresentou as maiores temperaturas, enquanto o setor sudoeste apresentou os menores registros, por exibir áreas com boa arborização. Portanto, bairros com pouca vegetação apresentaram temperaturas mais elevadas, em relação aos bairros com arborização, isto é, a carência de vegetação refletiu diretamente no aumento da temperatura.

Palavras-chave: Clima urbano. Transecto. Cobertura vegetal. Ilha de calor.

Abstract: In recent years, the city of Belém (PA) has been registering increases in intra-urban temperatures, especially in its central area, which has large concentrations of verticalization, population and vehicle traffic, as well as reductions in vegetation. The interest in studying this phenomenon arose from the observation of temperature increases in the city, recorded by INMET in recent decades. The aim was to carry out a study of the temperature characteristics in the central area of Belém, using mobile transects. The methodology included literature review and temperature surveys in the central area of the city, based on transects carried out in August 2015, at night, and September 2016, during the day. The analysis revealed that, at night, the southwestern sector had the

highest temperatures, as it is downwind of verticalization, while the eastern sector had the lowest temperatures; during the day, the southern sector of the central area, considered more populated and with little tree cover, had the highest temperatures, while the southwestern sector had the lowest records, as it has areas with good tree cover. Therefore, neighborhoods with little vegetation had higher temperatures than neighborhoods with trees, i.e. the lack of vegetation was directly reflected in the temperature increment.
Keywords: Urban climate. Transect. Vegetal cover. Heat island.

Resumen: En los últimos años, la ciudad de Belém (PA) ha experimentado un aumento de las temperaturas intraurbanas, especialmente en su área central, que presenta grandes concentraciones de verticalización, población y tráfico de vehículos, así como reducciones en la vegetación. El interés en estudiar este fenómeno surgió a partir de la observación de aumentos de temperatura en la ciudad registrados por el INMET en las últimas décadas. El objetivo fue realizar un estudio de las características de la temperatura en la zona central de Belém, utilizando transectos móviles. La metodología incluyó revisión bibliográfica y encuestas de temperatura en el área central del municipio, basadas en transectos realizados en agosto de 2015, por la noche, y en septiembre de 2016, durante el día. El análisis reveló que, por la noche, el sector suroeste presentaba las temperaturas más altas, ya que se encuentra a sotavento de la verticalización, mientras que el sector este tenía las temperaturas más bajas; durante el día, el sector sur de la zona centro, considerado más poblado y con poca cobertura arbórea, presentaba las temperaturas más altas, mientras que el sector suroeste tenía los registros más bajos, ya que cuenta con zonas con buena cobertura arbórea. Por lo tanto, los barrios con poca vegetación tuvieron temperaturas más altas que los barrios con árboles, es decir, la falta de vegetación se reflejó directamente en el aumento de la temperatura.
Palabras clave: Clima urbano. Transecto. Cubierta vegetal. Isla de calor.

Submetido em: 10/07/2024
Aceito para publicação em: 19/10/2024
Publicado em: 08/11/2024

1. INTRODUÇÃO

A ação antrópica tem influência direta nos índices de temperatura, retirando a vegetação, edificando cidades, pavimentando ruas e estradas. Essas intervenções causam possíveis acréscimos na temperatura do meio urbano. Estima-se que as grandes cidades, que apresentam concentração populacional, redução de áreas verdes e muitas superfícies artificias construídas, tendem a apresentar as temperaturas mais elevadas (FERREIRA, 2019).

Segundo Oke (1979), o calor antropogênico, causado pelo adensamento e pela verticalização das áreas urbanas, é capaz de provocar alterações no clima urbano, gerando camadas atmosféricas, denominadas *urban canopy layer* e *urban boundary layer*, termos usados para distinguir as camadas, que podem apresentar dimensões altamente variáveis de temperatura no tempo e no espaço.

De acordo com Amorim:

> Canopy layer pode ser traduzida como a camada que compreende toda a "copa urbana". Esta camada de ar pode atingir entre 1 e 3 vezes a altura do topo dos elementos existentes à superfície, e pode apresentar uma turbulência forte de pequena escala, dependendo da rugosidade da superfície. Boundary layer seria a camada acima do canopy layer, onde existem boas condições de mistura, sendo sua altura variável e dependente da capacidade da superfície para provocar a movimentação do ar. Durante a noite pode atingir menos de 100 m, porque a superfície esfria mais depressa do que a atmosfera e, durante o dia pode atingir de 1 a 2 km, pois as correntes convectivas são mais intensas (AMORIM, 2000, p. 25-26).

A camada atmosférica delimitada como *urban canopy layer*, por Oke (1987), é considerada a mais quente de uma aglomeração urbana. A *urban boundary layer* ocupa um volume maior e é mais espessa, formando uma espécie de cúpula de calor, que se desenvolve com o vento.

A causa exata do excesso de calor na atmosfera urbana, segundo Oke *et al.* (2017), é proveniente dos edifícios, dos telhados, da estocagem diurna e da liberação noturna de calor, devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos, à redução da evaporação, pela remoção da vegetação, e à impermeabilização da superfície da cidade, processos mais comumente associados a alterações no balanço de energia, favorecendo a formação de fenômenos conhecidos como ilhas de calor.

Segundo Lombardo (1985), Oke (1987), Huang *et al*. (2008), Nóbrega e Vital (2010) e Oke *et al*. (2017), as ilhas de calor se caracterizam pelo aumento da temperatura do ar nas

cidades, em relação a zonas menos urbanizadas ou circunvizinhas, podendo influenciar na saúde e provocando o desconforto térmico, que ultrapassa o limite tolerável aos habitantes da cidade. Normalmente, os centros das cidades apresentam grandes quantidades de construções de concreto e de asfalto, baixa cobertura vegetal, grande concentração de poluentes no ar e calor excessivo, desprendido dos processos de combustão dos veículos e dos equipamentos elétricos, os quais são considerados os principais fatores envolvidos na alteração do balanço energético local.

Para Oke (1987), diversos problemas de saúde têm relação direta com o calor excessivo produzido pelo ambiente urbano. Geralmente, a alta temperatura tende a diminuir os vigores físico e mental, afetando as emoções e o comportamento dos seres humanos.

Por isso, em ambientes urbanos, considera-se muito importante procurar locais frescos e disponíveis de sombra, ou locais mais arborizados, com muito vento e mais úmidos, que agem como reguladores da temperatura no ambiente. A arborização é de extrema importância no ambiente urbano, pois tem funções de amenizar as temperaturas e de umidificar o ar.

Observa-se que os estudos sobre o clima urbano, com destaque para as ilhas de calor, abriram caminhos para discussões mais aprofundadas; tanto pela necessidade de adquirir conhecimentos sobre os efeitos da urbanização no clima da cidade quanto por permitir seu entendimento prático.

Segundo Amorim (2000), o subsistema termodinâmico, proposto por Monteiro (1976), tem sido o mais explorado nos estudos de clima urbano, associado, na maioria das vezes, à umidade relativa do ar. Esse fato foi justificado por Tarifa (1977), quando explicitou que as "[...] alterações nas variações da temperatura e umidade, que nada mais são do que elementos ou variáveis respostas, consequentemente funções do balanço de energia por unidade de tempo, dentro de um espaço tridimensional" (TARIFA, 1977, p. 73).

A cidade é a manifestação mais concreta da atuação da sociedade sobre o meio físico natural, inclusive no sistema climático local. Qualquer alteração no sistema será refletida na sua estrutura.

Assim, a própria organização social, que contribui para a alteração dos sistemas climáticos locais, vem sendo afetada, tanto por estas mudanças quanto pelo aumento de

temperatura, provocando o desconforto térmico e a geração de ilhas de calor. São muitos os problemas vistos como causadores ou intensificadores de diferenciações de temperatura, especificamente nos casos de elevadas temperaturas da superfície.

Nesse cenário de ambiente urbano, em que a temperatura é o elemento do clima de maior percepção de mudança, e que atinge diretamente os bem-estares físico e psicológico da população, é necessário lançar mão de técnicas ou metodologias que permitam produzir estudos mais detalhados sobre o campo térmico nas cidades.

Diferentes tipos de modelos de medições de efeitos de ilhas de calor vêm sendo utilizados para prever como as medidas de mitigação poderiam reduzir as temperaturas (GARTLAND, 2010). Para o estudo das ilhas de calor atmosférico no nível do dossel urbano (*urban canopy layer*), as técnicas de pontos fixos e de transectos móveis são as mais recomendáveis.

A técnica de transectos móveis, por exemplo, permite maiores dinamicidade e autonomia na aquisição de dados climáticos intraurbanos (COSTA, 2015).

Para Gartland (2010), um transecto móvel implica percorrer um trajeto predeterminado por uma região, parando em locais representativos, para obter medidas de elementos ou variáveis meteorológicas.

No âmbito geral, os transectos móveis correspondem a trajetos pré-estabelecidos, dentro de determinada malha urbana, em que são registrados elementos do clima, principalmente a temperatura do ar, através do emprego de aparelhos automáticos (*datallogers*) acoplados à veículos, com medições realizadas em intervalos máximos de 50 minutos, em velocidade média de 40 km/h (COSTA, 2015).

Os transectos podem ser realizados de dia ou de noite, sob condições meteorológicas favoráveis, como céu limpo e baixa circulação de vento, a fim de se obter a intensidade de calor urbano com maior eficácia.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi o de analisar, por meio de transectos, a temperatura do ar e a sua variação em diversos pontos da área central da cidade de Belém (PA), que apresentam diferentes densidades de cobertura vegetal arbórea. A pesquisa se justifica, por conta de não haver trabalhos similares, com o uso de transectos para a obtenção

de temperaturas da cidade de Belém, fazendo deste um dos trabalhos pioneiros para a localidade.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

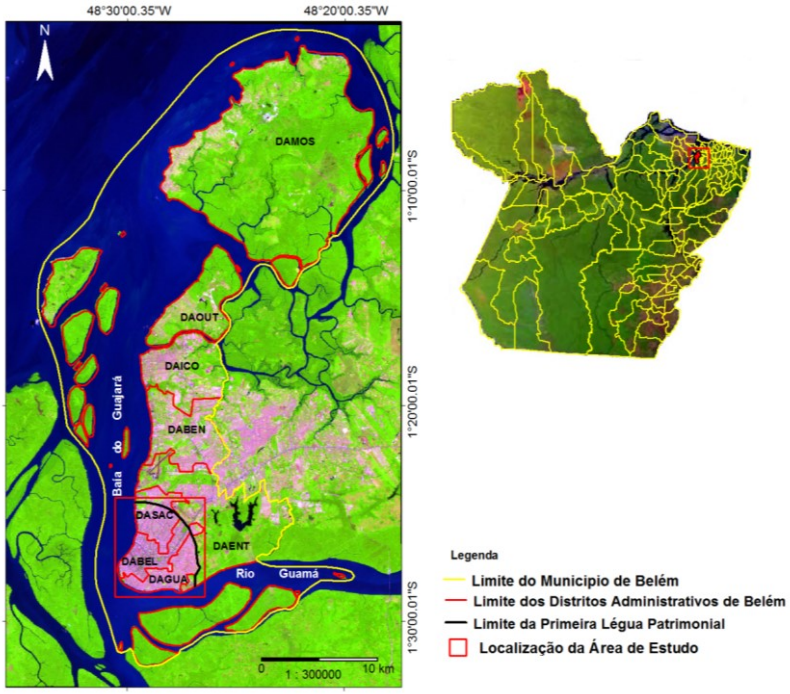
O município de Belém está situado na parte nordeste do estado do Pará e possui uma área total de aproximadamente 1.070 km^2, localizada nas coordenadas 0º58'51" e 1º33'54" de latitude sul, em relação à linha do Equador, e 48º16'19" e 48º38'56" de longitude oeste, em relação ao Meridiano de Greenwich. Belém se limita, a norte, pela Baia de Marajó; a sul, pelo rio Guamá; a leste, pelo município de Ananindeua; e a oeste, pela Baía do Guajará, e seu território pode ser dividido em duas grandes áreas: área continental, com cerca de 35% da área total do município, em que reside a grande maioria da população; e área insular, constituída por um conjunto de ilhas, que corresponde a 65% do município.

De acordo com a Lei Municipal n.º 7.682, de 5 de janeiro de 1994, o município de Belém é dividido administrativamente em oito distritos, atualmente: o Distrito Administrativo de Belém (DABEL), com 2,73% da área do município; o Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC), com 2,98%; o Distrito Administrativo do Bengui (DABEN), com 6,47%; o Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENT), com 13,7%; o Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA), com 2,85%; o Distrito Administrativo de Icoaraci (DAICO), com 6,59% — esses constituem a área continental —; o Distrito Administrativo de Mosqueiro (DAMOS), com 43,22%; e o Distrito Administrativo de Outeiro (DAOUT), com 22,02% da área do município — distrito que, além da ilha de Outeiro, é formado pelo conjunto de ilhas, que constitui a parte insular do município. Além dos distritos, o município de Belém é constituído de 71 bairros (RODRIGUES, 2012).

A área central, que forma a primeira légua patrimonial e onde foram concentrados nossos estudos, é composta pelos distritos administrativos Belém (DABEL), Sacramenta (DASAC) e Guamá (DAGUA) e por parte do bairro Universitário, em que está localizada a Universidade Federal do Pará (UFPA), que faz parte do Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENTE) (Figura 1) e inclui 21 bairros. A área da primeira légua patrimonial

está delimitada pelas coordenadas 1º24’26” e 1º28’46.42” de latitude sul e 48º26’38.35” e 48º30’26.52” de longitude oeste.

Figura 1 – Localização da área de estudo no município de Belém (PA)



Fonte: elaborado pelo autor

2.2. Procedimentos metodológicos na coleta de dados

Com a necessidade de se obter medições da temperatura do ar na área central da cidade de Belém, buscou-se a realização de transectos móveis nos limites de sua região central. Esse procedimento foi desenvolvido, com base em Amorim (2005), utilizando-se os seguintes instrumentos: termômetro digital (marca Funk-Wetterstation, modelo TFA NEXUS), colocado em um abrigo e preso em uma haste de madeira, com 1,5 m de comprimento, acoplada à lateral de um veículo (*pick-up* marca Toyota, modelo Hilux) da UFPA, que saiu da periferia da área central, passando pelo centro e chegando ao extremo oposto da cidade, com velocidade média entre 30 e 40 km/h, e um GPS portátil (marca Garmin, modelo Etrex), que registrou as coordenadas dos pontos coletados (Figura 2).

Cada registro foi feito a uma distância de 230 m, aproximadamente, marcando um ponto de coordenada cartesiana e uma temperatura. As coordenadas cartesianas foram anotadas em caderno de campo e ficaram registradas no próprio aparelho de GPS, enquanto

os dados de temperatura eram registrados em caderno de campo e salvos no console, que recebia os sinais do sensor do termômetro, calibrado para registrar a temperatura a cada 1min30seg. Os instrumentos eram de propriedade do Laboratório de Geografia Física da UFPA (LAGEOF/FGC/UFPA).

Figura 2 – Instrumentos utilizados na coleta de dados: (1) GPS; (2) sensor termo-higrômetro; (3) console; e (4) computador, utilizado para baixar os dados registrados

(1) (2) (3) (4)



Fonte: acervo do autor

A coleta de temperatura do ar na área central foi realizada em duas campanhas de campo.

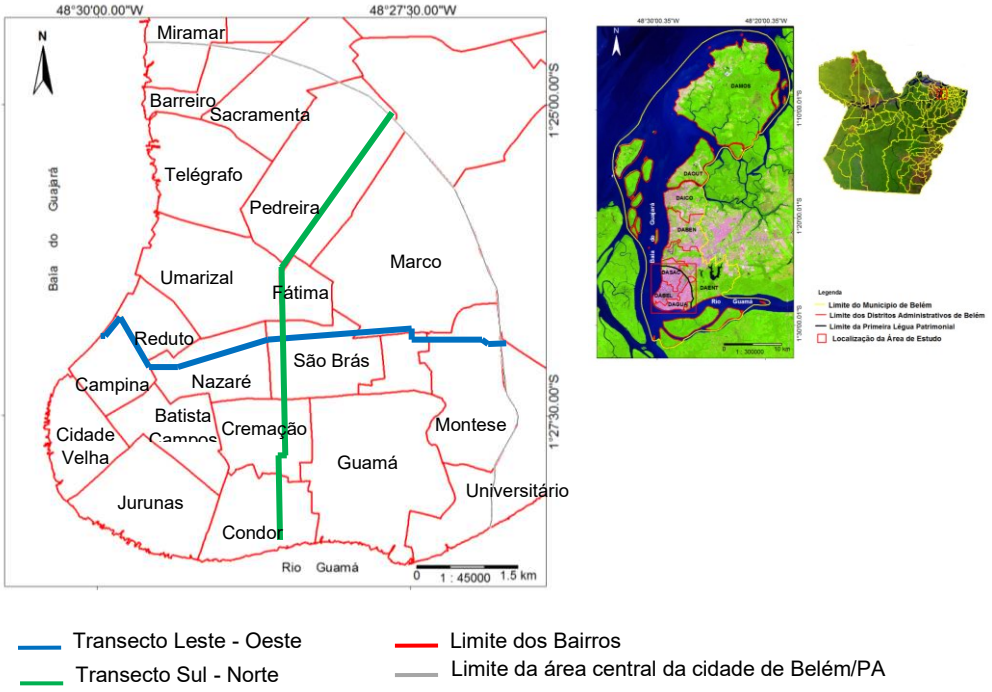
A primeira foi realizada em 20 de agosto de 2015 e consistiu da realização de dois transectos: um, no sentido leste-oeste; outro, no sentido sul-norte. As medições foram efetuadas no período noturno, entre 20h e 20h45min, horário em que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas, justamente pela diferença de tempo entre a primeira (leste-oeste) e a segunda medidas (sul-norte) (AMORIM, 2005). No transecto 1 (leste-oeste), realizou-se 26 registros de temperatura, e no transecto 2 (sul-norte), houve 34 registros. Essa diferença ocorreu, porque a cidade apresenta maior extensão no sentido norte-sul.

A segunda campanha foi realizada no dia 02 setembro de 2016, em que também foram realizados dois transectos, obedecendo ao mesmo percurso do primeiro (leste-oeste e sul-norte), porém no horário das 15h às 16h, no qual as temperaturas apresentam seu pico máximo e começam a cair, gradativamente. No transecto 1 (leste-oeste), foram realizados 36 registros de temperatura e, no transecto 2 (sul-norte), 39 registros.

Os dois percursos foram realizados em episódios de estiagem, considerado o período mais quente e seco do ano, em condições de tempo bom, sem precipitações e com baixa

nebulosidade. O percurso leste-oeste atravessou os bairros Montese (Terra Firme), Canudos, São Brás, Nazaré e Campina, e o sul-norte, Condor, Cremação, São Brás, Fátima e Pedreira (Figura 3).

Figura 3 – Mapa das trajetórias dos transectos realizados na área central de Belém



Fonte: elaborado pelo autor

Com os transectos, foi possível gerar uma tabela Excel, com os valores de temperatura e com as coordenadas cartesianas dos pontos, que posteriormente foram interpolados em ambiente SIG (ArcGIS), objetivando a obtenção de dados vetoriais, cuja geometria fosse do tipo ponto (utilizando os pontos levantados nos transectos). No ArcGIS, utilizamos o método de interpolação do tipo inverso da distância ponderada (IDW), processo no qual, à medida que se toma distância de um ponto no espaço com valor de temperatura conhecido, mais distinto tende a ser o valor a ser estimado, levando em conta a área central de Belém.

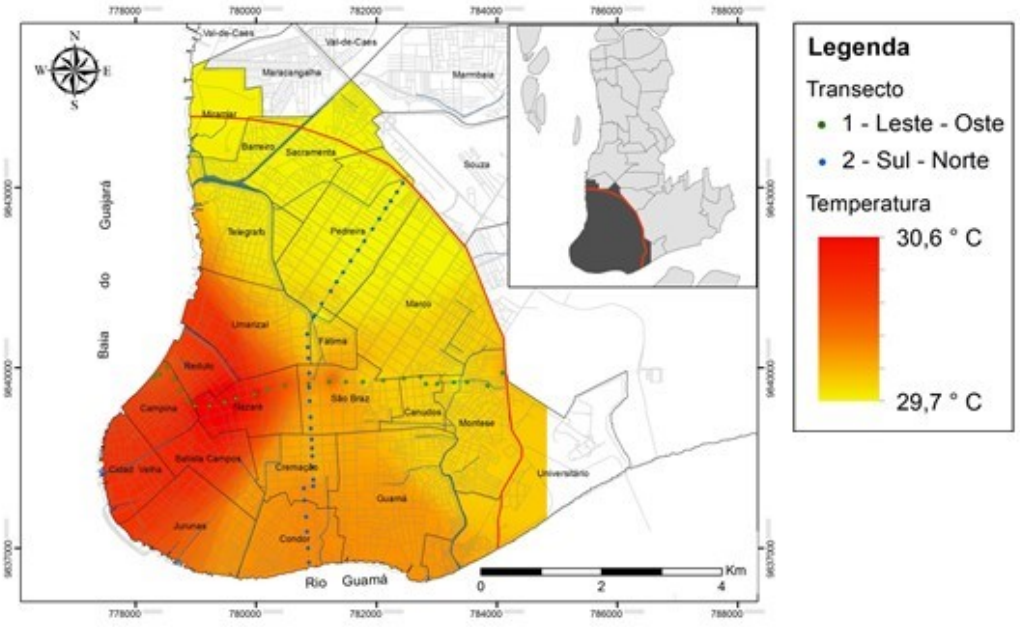
A técnica da interpolação de dados é bastante empregada, quando se deseja estimar a distribuição de um fenômeno em uma extensão de interesse, a partir de amostras pontuais. No dia a dia, ela é muito empregada na previsão do tempo, em que, a partir de dados de estações meteorológicas espalhadas pelo país, tem-se as distribuições de temperatura, de umidade, de chuvas, entre outros elementos climáticos.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Perfil térmico dos transectos noturnos

Analisando o perfil térmico dos transectos leste-oeste e sul-norte, realizados entre 20h e 20h45min do dia 20 de agosto de 2015, notou-se que a parte centro-oeste da área central, que vai do bairro Nazaré ao Campina, apresentou maiores temperaturas do que as partes norte, sul e leste da área central (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de temperatura da área central para o dia 20 de agosto de 2015, às 20h

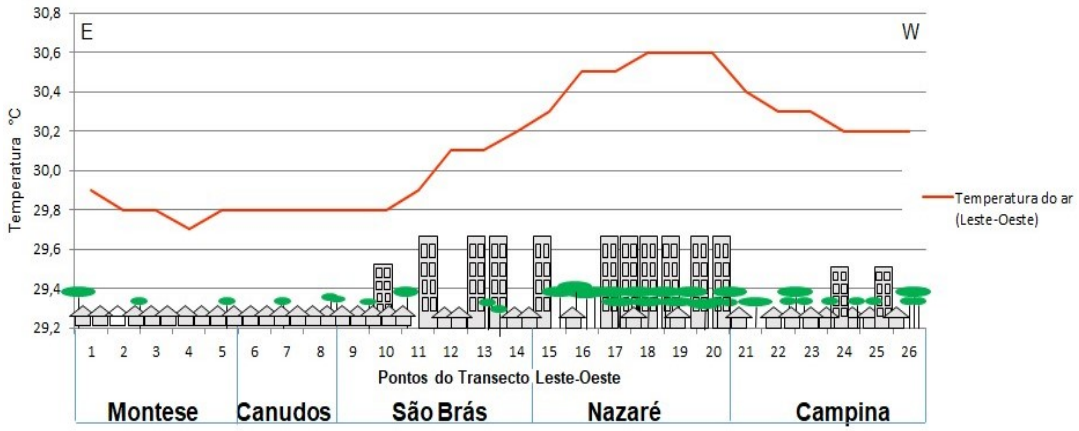


Fonte: elaborado pelo autor

A maior temperatura registrada na área central, ao longo do percurso leste-oeste do transecto, ocorreu no bairro Nazaré (30,6 ºC), com grandes concentrações de verticalização, de arborização e de circulação de veículos. A menor temperatura (29,7 ºC) foi registrada no bairro Montese (Terra Firme), situado no extremo leste da cidade, numa área aberta, com padrão de ocupação totalmente horizontal, com pouca cobertura vegetal e com baixa circulação de veículos.

No perfil térmico do transecto leste-oeste, observou-se que as temperaturas foram aumentando de leste a oeste, configurando uma ilha de calor noturna entre os bairros Nazaré e Campina (Figura 5).

Figura 5 – Perfil da temperatura no transecto leste-oeste, no dia 20 de agosto de 2015, às 20h.



Fonte: elaborado pelo autor

Para Barros e Lombardo (2012), a ilha de calor é o melhor exemplo documentado de uma modificação climática induzida pelo modo de vida moderno, cujas principais causas são a geometria urbana, a poluição do ar, a emissão de calor, a partir dos edifícios, do tráfego e do metabolismo dos organismos vivos, a cobertura do solo e os materiais de construção.

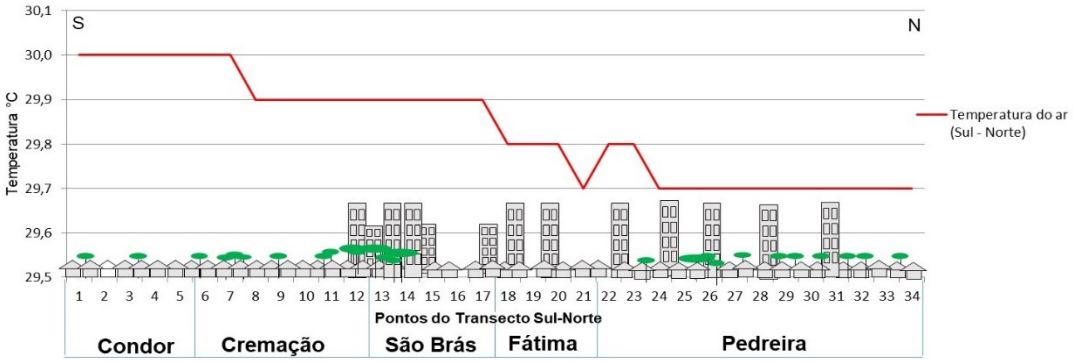
Assim, analisando o perfil leste-oeste, a partir do bairro São Brás, até o Campina, a cidade apresenta grandes concentrações de verticalização e de poluição do ar — em virtude da significativa circulação de veículos. Às 20h, as pessoas estão saindo do trabalho e indo para escolas e para faculdades, o que exige maiores circulações de ônibus e de carros particulares.

No lado oposto, os bairros Montese e Canudos apresentaram temperaturas mais baixas, pois suas superfícies perdem calor mais rapidamente, pelo fato destes bairros não apresentarem os mesmos condicionantes de armazenamento, como verticalização e concentração de poluentes.

Em relação ao perfil térmico do transecto sul-norte, a maior temperatura (30,0 ºC) foi registrada no bairro Condor, que tem características semelhantes às do Montese, com padrão de ocupação também horizontal e com baixas arborização e circulação de veículos. A menor temperatura foi registrada no bairro Pedreira (29,7 ºC), um bairro horizontal com crescente

verticalização, com baixa cobertura vegetal — concentrada em algumas áreas — e com moderada circulação de veículos (Figura 6).

Figura 6 – Perfil da temperatura no transecto sul-norte para o dia 20 de agosto de 2015, às 20h.



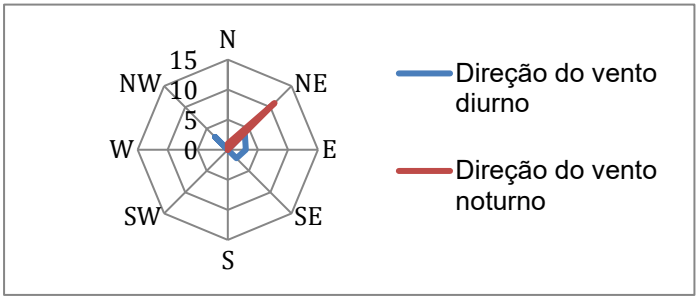
Fonte: elaborado pelo autor

Em relação ao perfil térmico do transecto sul-norte, foram verificadas características diferentes das observadas no transecto leste-oeste: os pontos mais ao sul, situados ao longo dos bairros Condor e Cremação, classificados como horizontais e de pouca arborização, apresentaram-se mais aquecidos do que os dos bairros Fátima e Pedreira, situados mais ao norte. Esses bairros apresentam maiores verticalização, circulação de veículos e arborização, porém suas temperaturas noturnas foram mais amenas.

Apesar de terem quase que a mesma morfologia urbana, os bairros Condor e Cremação apresentaram temperaturas noturnas mais elevadas do que as dos bairros Montese e Canudos. O bairro Pedreira, mais verticalizado e com maior arborização, apresentou temperaturas mais amenas, em relação às dos demais bairros do transecto.

Uma das explicações para esta diferença de temperatura está na circulação de vento, predominantemente de nordeste-sudeste, principalmente no período noturno (Figura 7), logo os bairros que se encontram mais ao norte e a leste são beneficiados com esta circulação, durante a noite. Outro fator é o da presença da maior área florestada da cidade na sua porção leste, o Parque Estadual do Utinga (PEUt), com 1.353 ha, o qual, tanto de dia quanto de noite, libera grande quantidade de ar úmido. A presença de vegetação no entorno dos bairros da parte nordeste da cidade contribui para a geração de condições microclimáticas mais úmidas e frescas na região, durante a noite.

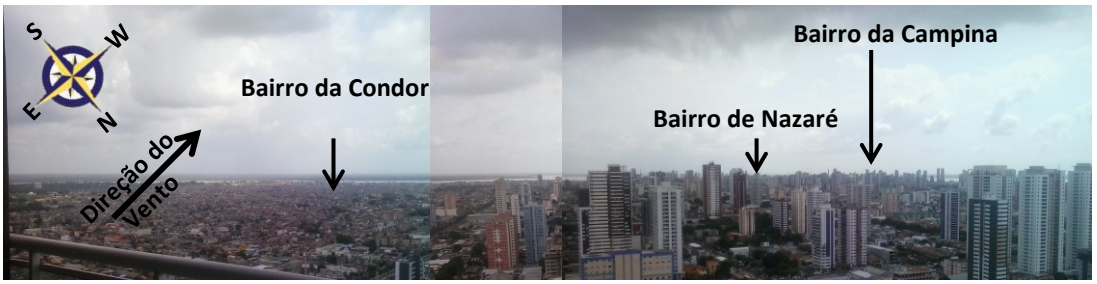
Figura 7 – Direção do vento na cidade de Belém, no dia 20 de agosto de 2015



Fonte: elaborado pelo autor

Já os bairros que se localizam na parte sudoeste da área central têm a circulação de vento comprometida, pois a verticalização se apresenta como uma grande barreira artificial, desviando a ventilação e diminuindo a circulação de ar, principalmente na porção oeste da cidade, fazendo com que alguns bairros, como Campina e Cidade Velha, estejam a sotavento da verticalização (Figura 8).

Figura 8 – Perfil leste-oeste da cidade de Belém, com destaque para os usos horizontal do solo, a leste, e vertical, a oeste, que se coloca como uma barreira artificial à circulação do vento. Na área oeste, localizam-se os bairros Condor, Nazaré e Campina, a sotavento da verticalização.

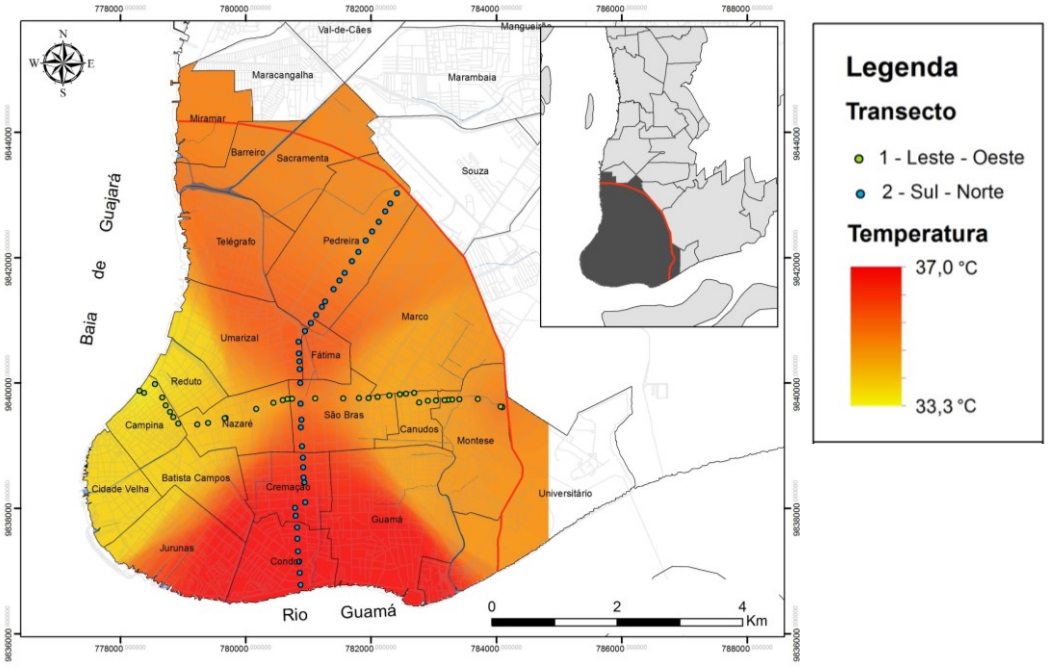


Fonte: elaborado pelo autor

3.2. Perfil térmico dos transectos diurnos

Analisando o perfil térmico dos transectos leste-oeste e sul-norte, realizados das 15h às 15h30min do dia 02 de setembro de 2016, notou-se que a parte sul da área central, que compreende os bairros Condor e Cremação, apresentou maiores valores de temperatura, em relação à parte oeste da mesma área, com as partes norte e leste apresentando valores de temperatura intermediários (Figura 9).

Figura 9 – Mapa de temperatura da área central para o dia 02 de setembro de 2016, às 15h

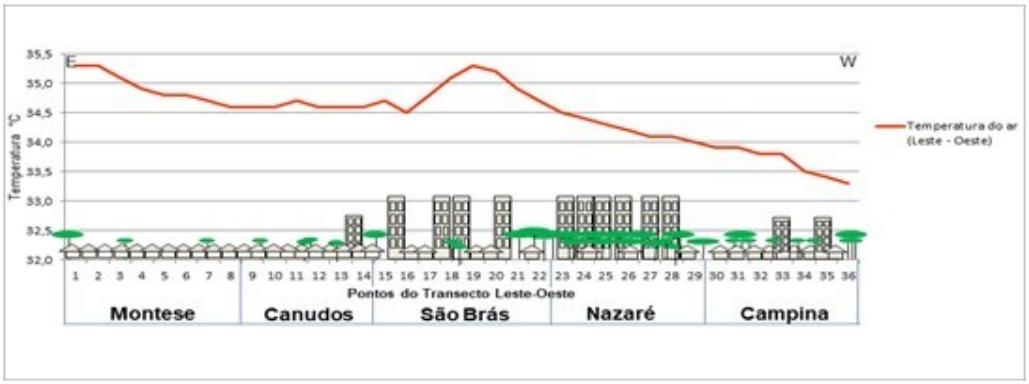


Fonte: elaborado pelo autor

As maiores temperaturas registradas na área central, ao longo do percurso leste-oeste do transecto, ocorreram nos bairros Montese e São Brás (35,3 ºC), e a menor, no bairro Campina (33,3 ºC).

No perfil térmico do transecto leste-oeste, verifica-se que as temperaturas se apresentaram elevadas no bairro Montese, diminuindo gradativamente na direção oeste. No bairro São Brás, a temperatura sofreu elevação e foi diminuindo, gradativamente, em direção aos bairros Nazaré e Campina, novamente (Figura 10).

Figura 10 – Perfil da temperatura no transecto leste-oeste, no dia 02 de setembro de 2016, às 15h.



Fonte: elaborado pelo autor

Ao contrário da temperatura noturna, as maiores temperaturas diurnas foram registradas em bairros com características mais horizontais e com pouca arborização, como Montese e Canudos. Há registros de uma ilha de calor no centro do bairro São Brás, por ser uma área de confluência de diversos elementos, como verticalização, baixa cobertura vegetal e altas concentrações de pessoas e de veículos, favorecendo a movimentação de um grande fluxo de calor antropogênico para a atmosfera e fazendo intensificar a ilha de calor urbana no bairro.

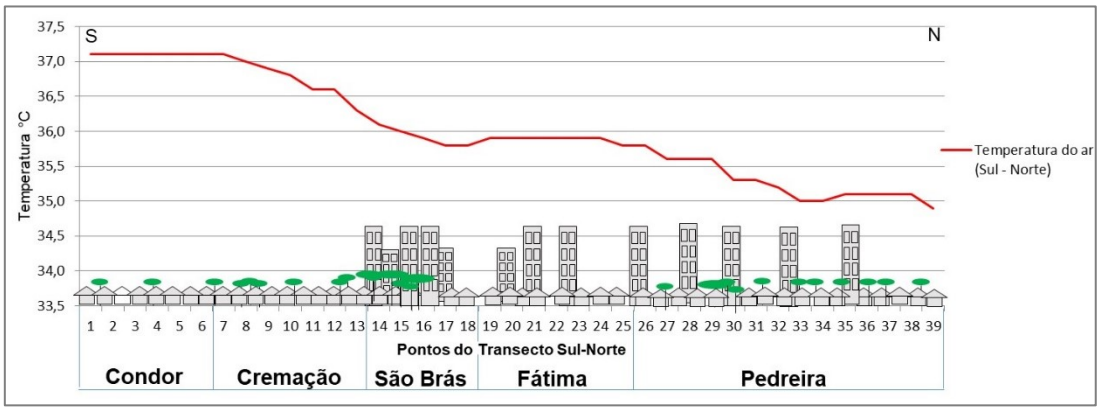
Na passagem do bairro São Brás para o Nazaré, a arborização passa a ser predominante e se estende, até o bairro Campina, proporcionado a redução da temperatura.

A influência da vegetação na redução da temperatura já vem sendo apontada como um elemento importante na geração de um microclima mais úmido e fresco. Lombardo (1985) já considerava que "[...] nas regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação as temperaturas sofrem declínios acentuados". Neves (2011) afirma que a vegetação minimiza os efeitos das ilhas de calor, sob diversos aspectos, como na absorção de parte da radiação solar, colaborando para as diminuições da temperatura e da umidade relativa do ar e possibilitando a redução da poluição atmosférica.

Em relação ao trecho do perfil térmico do transecto sul-norte, a maior temperatura foi registrada no bairro Condor (37,1 ºC), e a menor, no Pedreira (34,9 ºC).

No perfil térmico do transecto sul-norte, observou-se que a temperatura apresentou a mesma característica da do transecto leste-oeste, porém com registros de temperaturas mais elevadas. Os bairros Condor e Cremação foram os que apresentaram as temperaturas mais elevadas; somente a partir do bairro São Brás, nas proximidades do Museu Paraense Emilio Goeldi, área com grande concentração de vegetação, a temperatura começou a diminuir gradativamente, em direção ao norte, elevando-se no bairro Fátima, cujas ruas percorridas não apresentavam arborização. Ao adentrar no bairro Pedreira, a temperatura passou a baixar, novamente, atingindo o menor valor, pois a vegetação se fez presente em algumas das ruas percorridas na realização do transecto (Figura 11).

Figura 11 – Perfil da temperatura do ar no transecto sul-norte para o dia 02 de setembro de 2016, às 15h.



Fonte: elaborado pelo autor

Novamente, a temperatura apresentou redução gradativa, à medida que o transecto passou por áreas mais arborizadas, reiterando a influência da vegetação na redução da temperatura, com aumento em áreas de pouca arborização, como os bairros Condor, Cremação e Fátima. Apesar de os bairros São Brás e Pedreira apresentarem verticalização, as temperaturas foram mais amenas, em função da presença da arborização e do próprio sombreamento dos prédios, ao passo que a influência dos ventos de nordeste e a proximidade com o PEUt contribuíram para as temperaturas mais amenas do extremo norte do bairro Pedreira.

As elevações das temperaturas diurnas nos bairros Montese, Canudos, Condor e Cremação e as reduções destas nos bairros São Brás (em seu trecho arborizado), Nazaré, Campina e Pedreira têm relações diretas com o tipo de uso da terra e com a arborização e não arborização das vias, nas quais as medições foram realizadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações de temperatura do ar constatadas em diferentes bairros da área central de Belém, a partir do uso dos transectos, estão relacionadas à presença ou ausência de cobertura vegetal e, também, às diferenciações da urbanização e dos padrões de uso e ocupação da terra que caracterizam cada setor da cidade.

Os transectos revelaram a variação espacial de temperaturas na área central, destacando alguns bairros como áreas-piloto, tanto no período diurno quanto no noturno, que não apresentam as mesmas características.

Os padrões de uso e ocupação do solo e a reduzida cobertura vegetal foram levados em consideração na análise, como algumas das principais causas da elevação da temperatura do ar, logo estes passaram a ser potenciais indicadores de alterações da qualidade ambiental para a área central da cidade de Belém.

Assim, os transectos revelaram um comportamento térmico da cidade, com suas variações em horários distintos (manhã e noite), em que podemos observar ilhas de calor diurna e noturna em diversos pontos da área central da cidade, em grande parte relacionadas a diferentes densidades de cobertura vegetal arbórea, observando sua funcionalidade em períodos de grande insolação, especialmente durante o dia, atingindo o principal objetivo proposto neste trabalho. Entretanto, o comportamento da temperatura noturna está mais relacionado aos processos de concentração de verticalização e de poluentes, tendo, como fonte, a grande circulação de veículos nesta porção da cidade, o que contribuiu para a elevação da temperatura noturna na porção mais ocidental da área central.

Portanto, a cidade de Belém, em especial a sua área central, carece de um melhor planejamento dos espaços públicos. O governo municipal, através da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), precisa promover a arborização de áreas precárias em vegetação, valorizar áreas já arborizadas e fazer valer a lei de uso e ocupação da terra urbana, com a finalidade de ajudar na amenização das altas temperaturas que a cidade vem registrando; caso contrário, a saúde e o bem-estar da sociedade belenense em geral, principalmente das pessoas que residem em ambientes mais precários da área central, podem ficar comprometidos, caso as temperaturas continuem se elevando nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

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, jan./jun. 2005.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A relação entre ilhas de calor urbana, ocupação do solo e morfologia urbana na cidade do recife. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 5 (ed. esp. 2), p. 65-76, 2012.

COSTA, E. R. da. **O campo térmico e a qualidade ambiental urbana em Chapecó/SC.** 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Estadual de Presidente Prudente, São Paulo, 2015.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana**: um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

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

HUANG, L.; LIA, J.; ZHAOA, D.; ZHUB, J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. **Building and Environment**, v. 43, p. 7-17, 2008.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. 224 p.

NÓBREGA, R. S.; VITAL, L. A. B. Influência da Urbanização sobre o microclima de Recife e formação de ilha de calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, p. 151-156, 2010.

OKE, T. R. **Review of Urban Climatology 1973-1976**. Genebra: World Meteorological Organization, 1979.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. [*S. l.*]: Routledge, 1987.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. **Urban Climate**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2017.

TARIFA, J. R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 2, n. 4, p. 59-80, 1977.