



Análise da formação das ilhas de calor sob a perspectiva de diferentes materiais de pavimentação

Leonardo Machado Pirani

Mestre, Unicesumar, Brasil.
leonardomp.com@gmail.com

Luciana Cristina Soto Herek Rezende

Professora Doutora, Unicesumar, Brasil.
Luciana.rezende@unicesumar.edu.br

Felipe Zavaski

Mestre, Unicesumar, Brasil.
felipe.zavaski@hotmail.com

Maria de los Angeles Perez Lizama

Professora Doutora, Unicesumar, Brasil.
maria.lizama@unicesumar.edu.br

RESUMO

Uma das principais causas do fenômeno das ilhas de calor é a alta absorção térmica dos materiais de superfície e sua capacidade de retenção de calor. Visando contribuir para o estudo dos materiais que auxiliam na minimização do calor gerado, o objetivo foi realizar uma análise de temperatura e sua relação na formação de ilhas de calor entre quatro materiais de pavimentação utilizados na cidade de Maringá/PR: manta asfáltica, pavimento cimentício intertravado, piso drenante e piso emborrachado de resíduos. O adensamento e a morfologia urbana têm influências no estudo do comportamento físico dos materiais, por isso foram escolhidos quatro locais em sol pleno e sombra, em diferentes áreas de uso e ocupação do solo. A avaliação foi efetuada utilizando dados da Estação Meteorológica de Maringá, dados de temperatura coletados em campo, no período de inverno, utilizando equipamentos de transectos móveis. Os dados coletados apontam que a manta asfáltica agrega uma quantidade maior de calor, em contrapartida os materiais permeáveis, dissipam menos calor para a atmosfera principalmente após as chuvas. Nos dias seguintes as precipitações os materiais impermeáveis, aumentam a temperatura de superfície e a temperatura relativa do ar exponencialmente, assim que escoada toda a água, já os materiais permeáveis, devido a presença da água, aumentam a temperatura de superfície e temperatura relativa gradualmente conforme os dias sem chuvas vão se prolongando, mostrando que a permeabilidade do solo e a quantidade de cobertura vegetal são fatores cruciais para a mitigação de calor concentrado nos centros urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise térmica, Conforto térmico, Temperatura de superfície, Temperatura relativa.

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização contínuo, devido ao aumento demográfico e ao desenvolvimento socioeconômico, tem um papel primordial nas mudanças climáticas globais (WANG, 2021). Fatores como crescimento das cidades, excesso de materiais com alta capacidade de absorção da radiação solar, concentração de radiação infravermelha nos grandes centros urbanos e a liberação de calor sensível por meio da combustão nos processos industriais e veículos automotores, aumentam a temperatura, contribuindo para as alterações climáticas globais (WREGG et al., 2017).

A alteração do clima está entre um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, pois o aumento da temperatura pode originar as chamadas ilhas de calor, contribuindo para danos ambientais e à saúde humana (DEILAMI et al., 2018).

As mudanças influenciam e impactam a vida das cidades, uma vez que, a mitigação da cobertura vegetal natural, devido à alta concentração de edificações, materiais de infraestrutura urbana, com elevado potencial energético de absorção de calor da radiação solar, juntamente com as atividades humanas, geram uma cúpula de ar causando um aumento significativo na temperatura (AMORIM, 2019).

A redução da temperatura local, em um grande centro, sem a utilização de cobertura vegetal, afeta diretamente a superfície do solo, pois o excesso de edificações aliado aos materiais utilizados, dão origem às impermeabilizações, fato que pode ser revisto com a arborização (ZHU, 2019).

Os materiais usados nas estruturas urbanas, como fachadas e telhados, desempenham um papel importante para o equilíbrio térmico por meio da absorção da radiação solar e da dissipação de parte do calor acumulado por meio de convecção para a atmosfera aumentando a temperatura ambiente (SANTAMOURIS et al., 2019).

Portanto, o excesso de cobertura utilizado acarreta em um fenômeno chamado de Ilhas de calor (IC), onde há uma diferença de temperatura entre o centro urbano e os seus arredores e a zona rural da cidade (AMORIM, 2020). As IC podem ser classificadas em Ilhas de Calor Urbana (ICU) e Ilhas de Calor Rural (ICR), sendo que a vegetação influencia termicamente no decréscimo da temperatura local transformando-o em uma Ilha de Frescor (IF) (MELO-THÉRY *et al.*, 2021).

Assim, as características técnicas dos materiais usados determinam em alto grau, a energia e as condições de consumo e conforto, sendo então o estudo atmosférico e de condições geográficas os pontos chaves para identificar o efeito das ilhas de calor nas cidades e, futuramente mitigá-las (QUEIROZ *et al.*, 2022).

Como forma de mitigação para esse fenômeno, a arborização continua sendo a forma mais abordada pelos órgãos públicos, devido ao fato de que outras formas mitigadoras como pinturas termo cromáticas e diminuição do albedo dos materiais tornam-se onerosas para os gestores públicos (LI *et al.*, 2016).

A utilização de parques, praças, bosques, arborização urbana e até mesmo *pocketparks* tem por objetivo a formação de uma massa de ar frio, balanceando o microclima dos municípios (ALVES, 2017). Porém há casos em que, devido à infraestrutura, crescimento urbano e a alta concentração de materiais com um alto grau de albedo (ROSENZWEIG *et al.*, 2006).

Face aos desafios de amenizar os efeitos adversos do clima urbano ao conforto térmico humano, minimização do consumo energético, entre outros aspectos, entende-se que é necessário compreender melhor como o microclima urbano pode ser influenciado por agentes naturais e construídos. Essa compreensão permite ir além na intervenção dos espaços abertos públicos de forma a propiciar a sua função social na dinâmica da cidade (SYNEEFA; SANTAMOURIS, 2016).

Tais observações enfatizam questões importantes a serem incorporadas ao planejamento urbano, para os quais não bastam apenas as consultas de índices urbanísticos e variáveis climáticas durante o processo projetual, mas também a especificação e planejamento das vias públicas e calçadas, restringindo os materiais a serem utilizados como forma mitigadora às ilhas de calor urbana (MOHAJERANI *et al.*, 2017). Isso gera situações microclimáticas específicas nos diferentes zoneamentos urbanos e altera a condição da atmosfera superior (DEILAMI *et al.*, 2018).

2 OBJETIVO

Realizar uma avaliação térmica comparativa entre a manta asfáltica, pavimento cimentício intertravado, piso drenante e piso emborrachado de resíduos, utilizados como materiais de pavimentação em um centro urbano no sul do Brasil, de forma a contribuir para a minimização das ilhas de calor.

3 METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no estado do Paraná, município de Maringá, situada na Linha do Trópico de Capricórnio (MONTANHER; MINAKI, 2020) entre as coordenadas geográficas 23° 15' e 23°34' S e 51° 50' a 52° 06' W (Figura 1), com variação de altitude de 360 a 599 metros, na Mesorregião do Norte Central Paranaense. A população estimada é de 436.472 habitantes, com área total de 487 km², e densidade demográfica de 733 hab/km². O município inclui-se na área geológica de Formação Santo Anastácio do Grupo Bauru, onde há espigões longos, aplainados, com ondulações leves em seus topos, e com divisores de águas entre as bacias hidrográficas dos rios Pirapó e Ivaí (IBGE, 2021). No Planalto de Guarapuava onde Maringá está localizada há a predominância de Latossolos e Nitossolos (NOLLA, *et al.*, 2020). O clima da região se caracteriza por duas estações do ano bem definidas, sendo o verão chuvoso e o inverno seco.

Figura 1- Mapa da localização de Maringá-PR



Fonte: Os autores (2023)

A pesquisa aborda como método de análise, o proposto por Monteiro e Mendonça (1976), com ênfase no conforto térmico a partir do estudo de comportamento de temperatura nas suas variações diurnas e sazonais sob o espaço local.

Foram utilizados dois tipos de captação de dados: estação fixa da estação de meteorologia do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM); e os transectos móveis, utilizando-se *in loco* os termômetros atmosféricos, termômetros a laser e termômetro acoplado a câmera infravermelha.

Para compreender o espaço local, considerou-se os condicionantes geológicos e urbanos, ou seja, relevo, estrutura, função e localização dos materiais já introduzidos na pavimentação do município. A análise desses atributos foi associada aos elementos de

construção e arborização de forma a compor o embasamento necessário para a seleção dos pontos de observação e coleta de dados.

O trabalho contemplou o estudo de quatro materiais de pavimentação sendo classificados em duas categorias: permeáveis (piso cimentício intertravado drenante e o piso emborrachado de resíduos) e impermeáveis (asfalto e piso cimentício intertravado) (Figura 2).

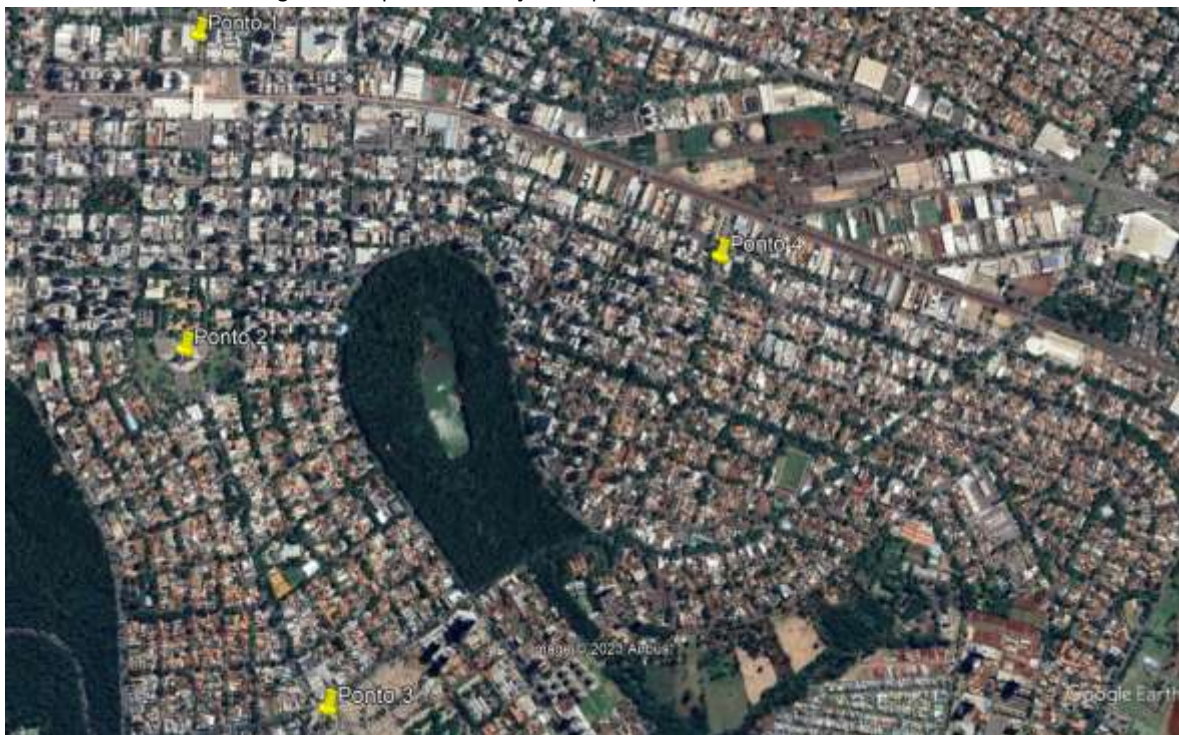
Figura 2 -A) Piso cimentício intertravado B) Manta asfáltica C) Piso emborrachado de resíduos D) Piso intertravado drenante.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Os pontos de coleta de dados utilizados neste estudo (Figura 3), foram selecionados por estarem localizados em diferentes zonas de uso e ocupação do solo, sendo a maioria dos pontos apresentando os quatro tipos de materiais (Quadro 1).

Figura 3- Mapa de localização dos pontos de coleta selecionados



Fonte: Google Earth-Pro (2020).

Quadro 1 – Características dos pontos de coleta

Luminosidade	Local	Uso e Ocupação do Solo	Material	Coordenada Geográfica
Sol pleno	Ponto 1	Comercial e residencial altamente adensado	Manta asfáltica Piso cimentício intertravado Piso drenante Piso emborrachado de resíduos	-23.417829, -51.938438
Sol pleno	Ponto 2	Comercial e residencial moderadamente adensado	Manta asfáltica Piso cimentício intertravado Piso drenante Piso emborrachado de resíduos	-23.426211, -51.938198
Sombra	Ponto 3	Comercial e residencial pouco adensado	Manta asfáltica Piso cimentício intertravado Piso drenante Piso emborrachado de resíduos	-23.437002 -51.933367
Sombra	Ponto 4	Industrial e comercial	Manta asfáltica Piso cimentício intertravado Piso emborrachado de resíduos	-23.423732 -51.920435

Fonte: O autor (2022).

Para obtenção dos dados de cada ponto de coleta, foram utilizados simultaneamente três equipamentos. O índice de emissividade foi medido com auxílio da Câmera de infravermelho modelo AMPROBE 20:1 - IRC-110 (Quadro 2). Os índices de temperatura e umidade do ar foram obtidos por meio do uso do Datalogger UX100-023^a. Já a temperatura de superfície e relativa dos materiais foram obtidas com auxílio de um termômetro laser digital

infravermelho industrial de resolução 0,1 c/f. emissividade de 0,95 (Σ), I.R Thermometer AMERO2.

Quadro 2- Índice de Emissividade térmica dos materiais

Tipologia	Material	Emissividade (Σ)
Impermeáveis	Manta asfáltica	90
Impermeáveis	Pisco cimentício intertravado	95
Permeáveis	Piso drenante	95
Permeáveis	Piso emborrachado de resíduos	90

Fonte: O autor (2022).

Os dados de temperatura do ar no período contemplado neste estudo, foram cedidos pela estação meteorológica do município situada na Universidade Estadual de Maringá. Para os dados coletados, foi realizada uma análise da normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para determinar possíveis correlações entre a Umidade Relativa do Ar (UR) e a radiação, nos diferentes horários de amostragem foi utilizado o coeficiente de correlação “r” de Pearson.

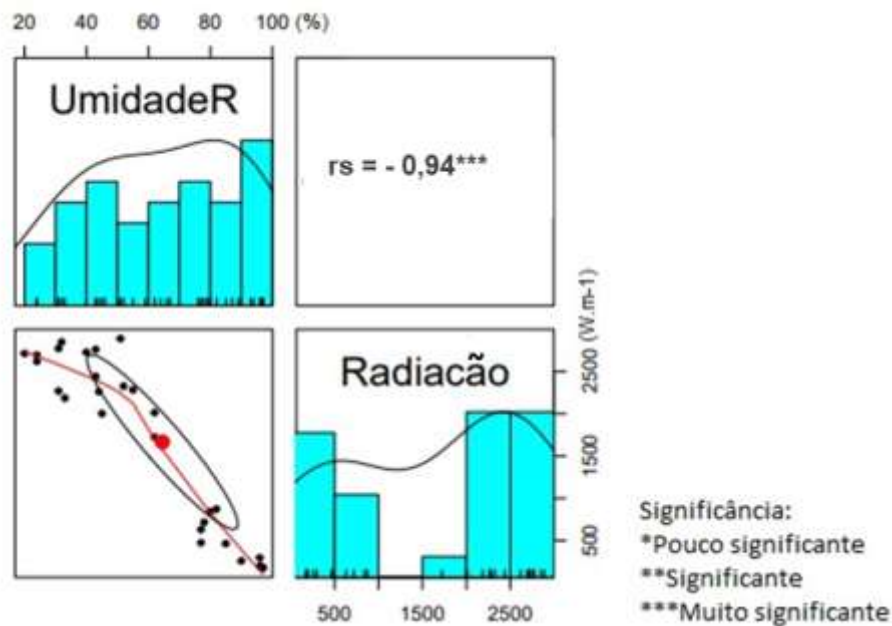
Para verificar a existência de correlação entre a temperatura do ar, a temperatura de superfície e a temperatura relativa, entre os pontos de amostragem e os materiais foi utilizada a correlação “r” de Pearson, com transformação angular prévia dos valores por meio do Software RStudeo.

O teste não paramétrico de Krustal-Wallis foi utilizado para observar possíveis diferenças entre as temperaturas de superfície e os diversos materiais pavimentícios e a temperatura de superfície nos diferentes locais de amostragem. As diferenças entre as medianas, foi realizada utilizando o teste de Dunn, com ajuste do valor de p. O nível de significância estatístico adotado foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos dados fornecidos pelo INMET, foi observada correlação entre a radiação global e umidade relativa do ar. É possível observar uma correlação negativa significativa ($p < 0,001$) entre a umidade relativa e a radiação global. Ao início do dia a radiação global é quase nula, conforme as horas do dia passam a radiação global aumenta, fazendo com que a UR contida na atmosfera tende a diminuir causando a evaporação (Figura 4). Porém essa correlação pode ser influenciada por outros fatores como a quantidade de nuvens e céu encoberto. Esta relação direta entre a radiação global e a umidade relativa do ar, também foi observada por Almorox *et al.* (2020).

Figura 4 – Correlação de Spearman (r_s) entre Radiação Global e Umidade Relativa do ar, nos diferentes horários de amostragem.

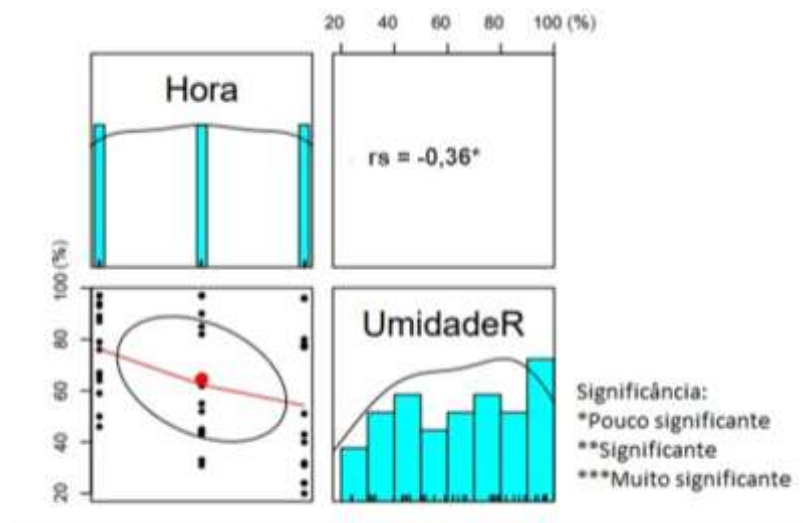


Fonte: os autores (2022).

Ao longo do dia, pode ser observada uma correlação negativa e significativa com a umidade relativa (Figura 5). A UR está relacionada com a temperatura, a radiação. Quanto maior a radiação, maior será a temperatura incidida, e, conseqüentemente, menor será a UR. No início do dia a radiação encontrada é apenas a refletida pela lua, no decorrer das horas observa-se o aumento gradativo da radiação e por conseguinte, o aumento da temperatura. Estes padrões se referem aos dados amostrados durante o dia nas faixas horarias coletadas. É possível que em locais de grande impermeabilização do solo, pode ocorrer o fenômeno de Ilhas de Calor Noturnas, promovendo a concentração de calor mesmo a noite, e por conseguinte, haver grande troca de calor entre materiais e atmosfera.

Em relação à Umidade relativa, não foi observada correlação significativa nos diferentes horários de amostragem ($r_s = 0,13$; $p > 0,05$). Como o período de amostragem foi curto, provavelmente não interfere de forma preponderante na perda ou ganho de radiação.

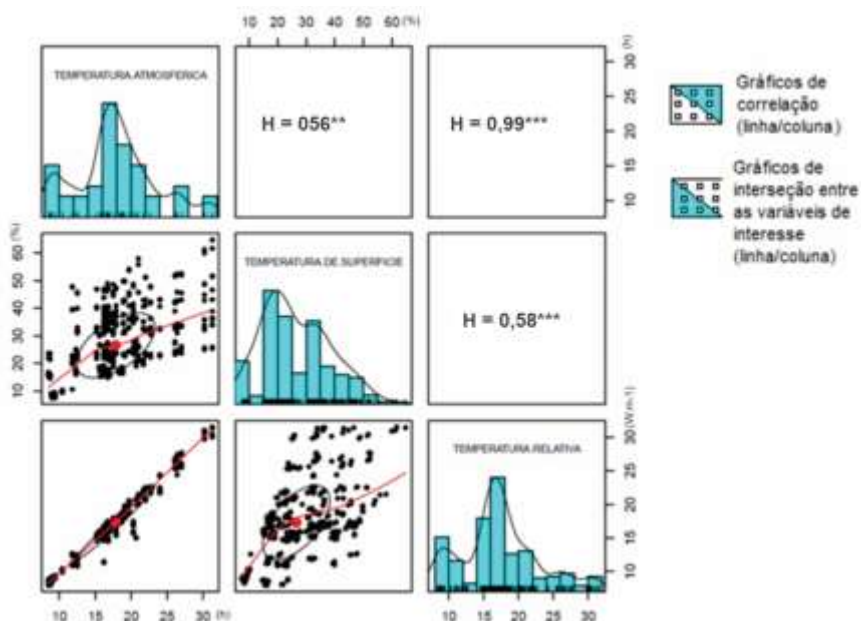
Figura 5 – Correlação de Spearman (rs) entre Umidade Relativa do ar (UR), nos diferentes horários de amostragem.



Fonte: os autores (2022).

Em relação a temperatura (Figura 6), foi possível observar que a correlação entre as temperaturas de superfície e a atmosférica é positiva e significativa ($p < 0,01$), demonstrando que as grandezas são diretamente proporcionais, sendo que as temperaturas de superfície dos materiais pavimentícios apresentam influência no microclima local (LIAO *et al.*, 2022). Desta forma, quanto maior e mais lenta a troca de calor entre os materiais e a atmosfera, maior será a possibilidade de formar as ilhas de calor urbana, as características dos materiais que mais influenciam neste efeito é o albedo e a coloração do material (ALAHMAD, *et al.*, 2020).

Figura 6 – Valores do teste de Kruskal-Wallis (H) comparando as temperaturas atmosférica, relativa e de superfície. Os valores em asteriscos apresentam significância entre as variáveis.



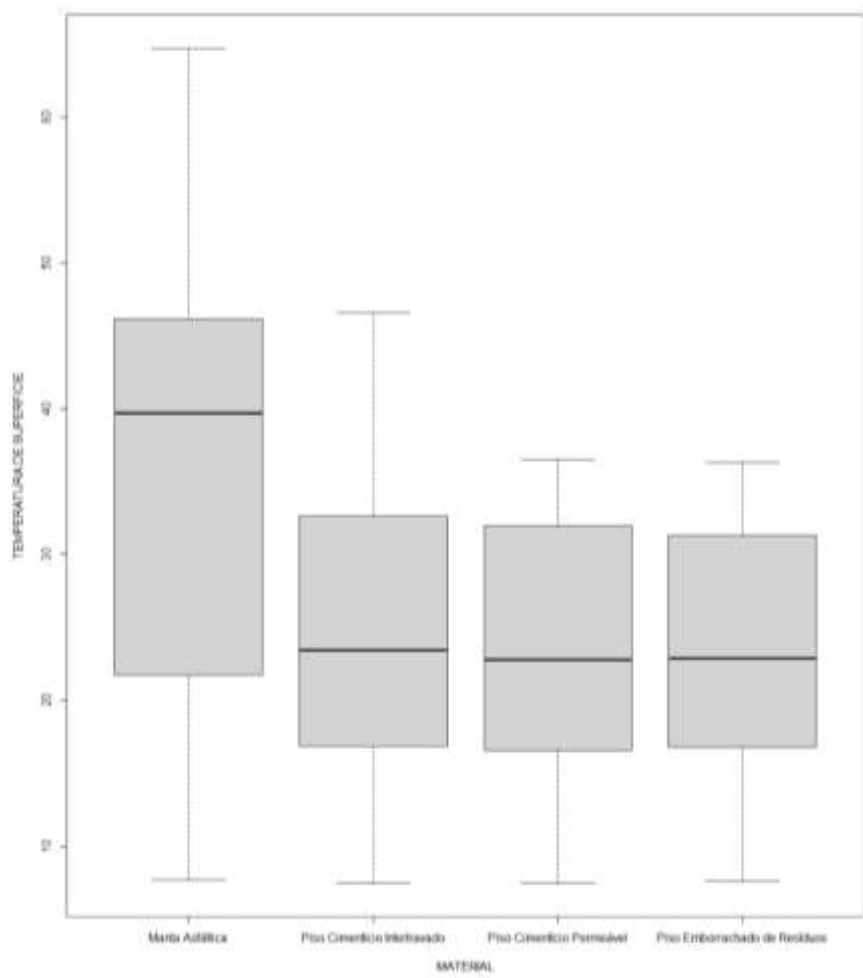
Fonte: O autor (2022).

A identificação de temperaturas das superfícies urbanas é essencial à caracterização

do campo térmico urbano, já que as ICU ocorrem próximas à superfície, indicando uma forte influência da geometria urbana e da refletância dos materiais das superfícies sobre o clima (MEGDA; MAIERO, 2022). Esta identificação é o ponto de partida para a pesquisa das variáveis (materiais e morfologia urbana) e práticas de mitigação, além de ser parte do desenvolvimento das análises como um todo (SILVA *et al.*, 2018).

Em relação a temperatura da superfície, observou-se diferença significativa entre a manta asfáltica e os outros três materiais testados (Figura 7). Os materiais de pavimentação impermeáveis e de cores mais escuras, contribuindo para a formação do albedo (ROSENZWEIG *et al.*, 2006) e das ilhas de calor; (SANTAMOURIS *et al.*, 2019; RICHARD *et al.*, 2021; LIAO *et al.*, 2022). A manta asfáltica em ambientes onde há falta de arborização urbana ou em regiões em que a infraestrutura urbana com o alto grau de adensamento humano, torna-se o principal material que fomenta a aparição de ICU (AMORIM, 2020). Para os demais materiais, não foram observadas diferenças significativas entre eles.

Figura 7 – Relação entre os 4 materiais de pavimentação (manta asfáltica, piso cimentício intertravado, piso cimentício permeável e piso emborrachado de resíduos) e a temperatura de superfície.



Fonte: Os autores (2022).

A vegetação influencia no controle da temperatura do ar no interior de áreas urbanas,

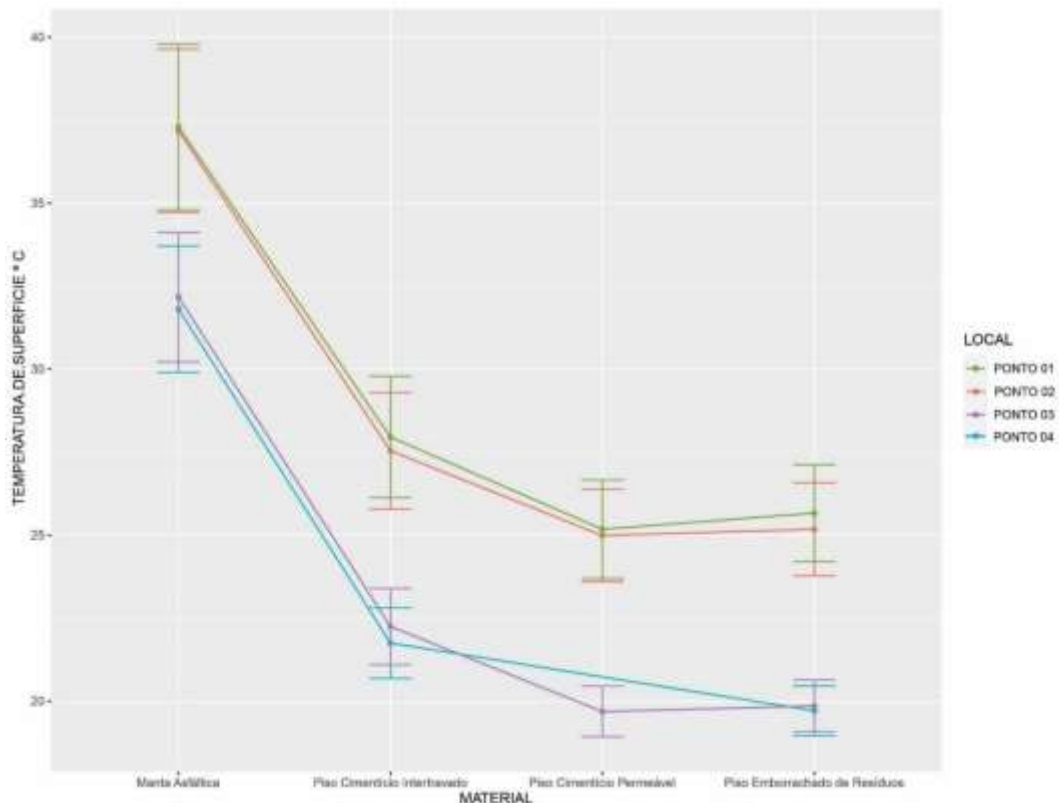
assim como no seu entorno, criando de microclimas únicos na medida em que interfere no fluxo de radiação solar, ora por impedir o aquecimento da superfície e por consequência o aquecimento diurno da camada de ar naquela região da cidade, devido ao seu sombreamento (CRUZ, 2021).

Segundo Amorim (2019), os tipos de materiais, bem como a impermeabilização do solo, densidade das construções e a vegetação são responsáveis pela variabilidade espacial das temperaturas das superfícies dentro do ambiente. Já no entorno da malha urbana, solos permeáveis que apresentam cobertura vegetal podem reduzir as ICU e gerar Ilhas de frescor (AMORIM, 2020).

Nos pontos de coleta nos quais a manta absorveu menor calor (pontos 3 e 4), havia cobertura vegetal local, demonstrando a capacidade de redução da temperatura local pela própria vegetação (HE *et al.*, 2019). Mesmo que em pequena escala, o segundo material que apresentou uma maior temperatura de superfície foi o piso cimentício intertravado, observando que a permeabilidade do material diminui a capacidade de absorção de calor, como também foi observado por Wang *et al.* (2022).

Em contrapartida, em locais sem cobertura vegetal (pontos 1 e 2), as temperaturas de superfície foram mais elevadas do que nos locais com cobertura (pontos 3 e 4) (Figura 8). A presença e o tipo de cobertura vegetal, a densidade da arborização, a presença de espécies arbóreas com copas maiores, tamanho de dossel e o desenvolvimento das árvores, são fatores que podem auxiliar na diminuição da temperatura local (SHINZATO; DUARTE, 2018).

Figura 8 - Gráfico de relação entre temperatura de superfície e materiais analisados, utilizando como variável os pontos de coleta.



Fonte: Os Autores (2022).

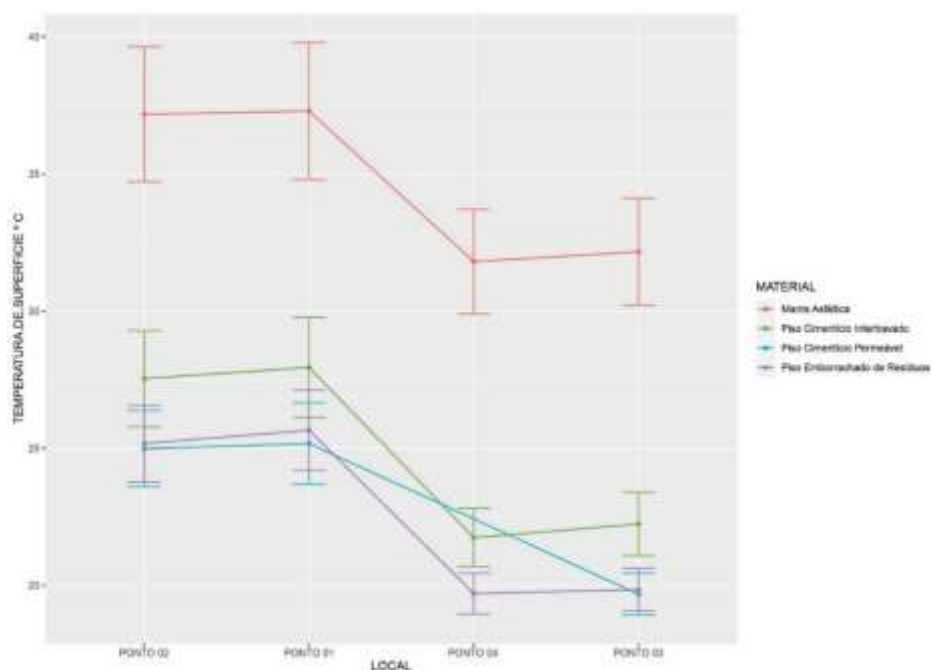
É importante ressaltar que nos pontos de coleta que possuem materiais com cobertura vegetal, as temperaturas entre cada um deles permanecem similares, demonstrando a capacidade mitigadora que a vegetação tem em fazer com que os materiais retenham calor para si e por conseguinte auxiliar na mitigação da formação das ICU (FARHADI; FAIZI; SANAEIAN, 2019). Em seu estudo, REIS et al. (2022) observaram a redução da temperatura de superfície em decorrência do tipo de vegetação e do tamanho do dossel, reforçando a importância das áreas verdes para o conforto térmico da população no ambiente urbano.

Os pavimentos afetam fortemente o clima urbano e o equilíbrio térmico é determinado por fatores como a quantidade de energia solar absorvida, a radiação infravermelha emitida, o calor transferido por convecção para o ar atmosférico, o calor armazenado na massa de o material e o calor conduzidos para o solo (SANTAMOURIS, et al., 2019). Neste estudo, observou-se que na manta asfáltica há aumento da temperatura de superfície, mostrando diferença significativa entre o aumento da temperatura de superfície em todos os locais. É possível identificar diferenças significativas entre os pontos 1 e 3 ($p < 0,001$), bem como entre os pontos 2 e 3 ($p < 0,01$).

Fator importante a ser destacado é que: durante o período em que ocorreram precipitações, todas as temperaturas aferidas foram constantes. A água, por condução térmica de transferência de calor, por forma de contato agrega mais calor para si (DONGLIANG *et al.*,

2022). Posteriormente após este período, percebe-se que, principalmente na manta asfáltica, há grande diferença, já que é um material impermeável. Após o escoamento da água, este material começa a reter calor com facilidade (SEN; ROESLER, 2019). Pode-se observar o comportamento de variação entre os pontos de coleta sol pleno e sombra, ressaltando a fragilidade da manta asfáltica em relação à perturbação térmica (Figura 9). Estudos com pavimentos permeáveis estão direcionados para o aumento da capilaridade, constatando que sua resposta térmica depende da disponibilidade de água para evaporação (SANTAMOURIS, 2013). Merece atenção o fato de que há limitadas informações científicas sobre seu desempenho térmico.

Figura 9- Gráfico de relação entre a temperatura de superfície e os pontos de coleta, tendo como variável o material analisado.



Fonte: Os autores (2022).

As diferenças observadas neste estudo (figuras 8 e 9) estão relacionadas com a capacidade de troca de calor entre materiais e atmosfera, já que os materiais que mais absorvem calor para si e tendem a realizar uma troca lenta para a atmosfera, sendo uma das principais causas das ilhas de calor urbanas. Essa capacidade dos materiais pode ser influenciada por fatores como: albedo, coloração, sujabilidade, desgaste, perda de coloração, materiais utilizados em sua fabricação e impermeabilidade, sendo que cada material se comporta diferente dependendo do microclima local (MOHAMMAD HARMAY; CHOI, 2023).

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu comparar os diversos materiais pavimentícios utilizados no ecossistema urbano no que diz respeito à formação de ilhas de calor urbana (ICUs). foi possível evidenciar diferenças entre estes materiais como: suas propriedades, absorvância,

coloração e a permeabilidade. Além destes fatores, a presença de vegetação sobre os materiais também é um fator que pode influenciar na formação das ilhas de calor urbana.

Um dos aspectos a ser evidenciado é que dentre os materiais impermeáveis, a manta asfáltica é o principal material que absorve calor e faz com que o equilíbrio térmico entre atmosfera e pavimentação entre em desequilíbrio viabilizando a formação das ICUs. Os materiais permeáveis se comportam de maneira semelhante entre eles, principalmente após vários dias de precipitação, demonstrando equilíbrio térmico. Frequentemente, proporciona uma troca rápida de calor entre atmosfera e pavimentação. Vale ressaltar que a permeabilidade do material facilita o escoamento natural da água para o solo, e evita outros problemas urbanos como enchentes e diminuição dos corpos d’água em ambientes urbanos, importante fator relacionado a infraestrutura hídrica como o manejo sustentável das cidades.

Além da permeabilidade do material a ser usado na pavimentação, a coloração também influencia, devido à sua capacidade em reter o calor. Assim, novos estudos devem ser realizados para avaliar as cores disponíveis para estes materiais, evitando a elevação da sua temperatura.

Este estudo demonstrou que a presença da vegetação no ambiente urbano minimiza a temperatura, visto que foram registrados valores mais baixos nos locais onde havia a presença de vegetação, embora com a manta asfáltica, as temperaturas são mais elevadas que nos demais materiais. A cobertura vegetal é uma forma de mitigar os efeitos das ICU, valorizando o aspecto fundamental dos Planos Municipais de Arborização Urbana.

Novos estudos quanto aos materiais de pavimentação devem ser conduzidos, a fim de averiguar qual a pavimentação ideal para mitigar os efeitos das ilhas de calor. Ademais, novos estudos acerca dos efeitos do adensamento populacional, da precipitação e da presença e tipo de cobertura vegetal não somente contribuirão para melhoria da paisagem, mas, como forma efetiva de reduzir as ilhas de calor urbana.

REFERÊNCIAS

ALAHMAD, B.; TOMASSO, L. P.; AL-HEMOUD, A.; JAMES, P.; KOUTRAKIS, P. Spatial Distribution of Land Surface Temperatures in Kuwait: Urban Heat and Cool Islands. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 9, p. 2993, 26 abr. 2020.

ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 97-107, 2017.

ALMOROX, J.; ARNALDO, J. A.; BAILEK, N.; MARTI, P. Adjustment of the Angstrom-PreScott equation from Campbell-Stokes and Kipp-Zonen sunshine measures at different timescales in Spain. **Renewable Energy**, v. 154, p. 337–350, jul. 2020.

AMORIM, M. C. D. C. T. Ilhas de calor superficiais: frequência da intensidade e variabilidade espacial em cidade de clima tropical continental. **Geo UERJ**, n. 34, p. e40959, 15 abr. 2019.

AMORIM, M. C. D. C. T.. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins. Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 46, 23 jun. 2020.

CRUZ, G. C. F. DA. Clima urbano e vegetação: o papel de uma área de mata na formação de uma ilha fria / Urban climate and vegetation: the role of a forest area in the formation of a cold island. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 12870 – 12888, 2021.

DEILAMI, K.; KAMRUZZAMAN, MD.; LIU, Y. Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 67, p. 30–42, maio 2018.

DONGLIANG H.; TIAN TIAN Z.; YUXIN Q.; YUFEI T.; JING L. A comparative review on the mitigation strategies of urban heat island (UHI): a pathway for sustainable urban development, *Climate and Development*, 2022. DOI: 10.1080/17565529.2022.2092051

FARHADI, H.; FAIZI, M.; SANAEIAN, H. Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. **Sustainable Cities and Society**, v. 46, p. 101448, abr. 2019.

HE, B.-J.; ZHU, J.; ZHAO, D.-X.; GOU, Z.-H.; QI, J.-D.; QANG, J. Co-benefits approach: Opportunities for implementing sponge city and urban heat island mitigation. **Land Use Policy**, v. 86, p. 147–157, jul. 2019.

LI, H.; SABOORI, A.; CAO, X. Information synthesis and preliminary case study for life cycle assessment of reflective coatings for cool pavements. **International Journal Transpondet Science Technology**, 2016, 5, 38–46

LIAO, Y.; SHEN, X.; ZHOU, J.; MA, J.; ZHANG, X.; TANG, W.; CHEN, Y.; DING, L.; WANG, Z. Surface urban heat island detected by all-weather satellite land surface temperature. **Science of The Total Environment**, v. 811, p. 151405, mar. 2022.

MEGDA, O. R.; MASIEIRO, E. Análise das Ilhas de Calor Urbano sobre Zonas Climáticas Locais com o uso de VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado – em uma cidade média. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.13, e20200333. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200333>

MELO-THÉRY, N. A.; CAVICCHIOLI, A.; CALDAS, E. L. Iniciativas e ações públicas para mitigação da ilha de calor urbana em cidades médias: o caso de Jacareí-SP. Espaço e Economia. **Revista Brasileira de Geografia Econômica**, n. 21, 17 jun. 2021.

MOHAJERANI, A.; BAKARIC, J.; JEFFREY-BAILEY, T. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 522–538, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717303201>>. Acesso em: 25 Nov. 2021.

MOHAMMAD HARMAY, N. S.; CHOI, M. The urban heat island and thermal heat stress correlate with climate dynamics and energy budget variations in multiple urban environments. **Sustainable Cities and Society**, v. 91, p. 104422, abr. 2023.

MONTANHER, O. C.; MINAKI, C. Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários. **Departamento de Geografia de São Paulo**, v. 39, p. 138–153, 26 jun. 2020.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. 2ª edição, São Paulo: Contexto, 1976.

NOLLA, A.; ALVES, E. O. S.; SILVA, T. G.; BORDIN, A. V. Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. **Revista brasileira de pesquisa animal e meio ambiente**, v. 3, n. 3, p. 2478–2487, 2020.

QUEIROZ, B. DE M. C.; ALVES, J. A. C.; DE JESUS, A. N. M. C. Avaliação microclimática, termo higrométrica e das ilhas de calor na cidade de Cuiabá-MT/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, n. 18, p. 69–91. 2022. <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.14683>

REIS, W. K. B.; MOREIRA, R. M.; SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H. Análise da correlação entre cobertura vegetal e

temperatura de superfície na área urbana do município de Ji-Paraná, RO, Amazônia Ocidental entre 1990 e 2020. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 172-188, 2022.

RICHARD, Y; POHL, B; REGA, M; Is Urban Heat Island intensity higher during hot spells and heat waves Dijon, France, 2014–2019. **Urban Climate**, v. 35, p. 100747, 2021.

ROSENZWEIG, C., SOLECKI, W., SLOSBERG, R. Mitigating New York City’s heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces, a report to the New York State Energy Research and Development Authority. **American Meteorological Society**, v. 53, p, 197- 212. 2006.

SANTAMOURIS, M.; DING, L.; OSMOND, P.; **Urban Heat Island Mitigation**. Decarbonising the Built Environment, Springer Singapore, p. 337 – 355. 2019 http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-7940-6_18

SEN, S.; ROESLER, J. Thermal and optical characterization of asphalt field cores for microscale urban heat island analysis. **Construction and Building Materials**, v. 217, p. 600–611, ago. 2019.

SHINZATO, P., DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, v. 18, p. 197-215, 2018
SILVA, M. C.; OLIVEIRA, T. A.; VIANA, Y. C. G.; FERREIRA, C. C. M. Campos térmicos urbanos: Estudo de caso na zona sul da cidade de Juiz de Fora - MG, a partir de um modelo geoespacial. **Revista de Geografia**, v. 8, n. 2, p. 92-104, 2018.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M. **Mitigating the urban heat with cool materials for the buildings fabric**. Urban Climate Mitigation Techniques, p. 67 – 92. 2016. <http://dx.doi.org/10.4324/9781315765839>

WANG, C. Cool pavements for urban heat island mitigation: A synthetic review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 146, p. 111171, ago. 2021.

WREGG, M. S.; GARRASTAZU, M. C.; SOARES, M. T. S.; FRITSONS, E.; SOUZA, V. A; AGUIAR, A. V. Principais fitofisionomias existentes no estado do Paraná e os novos cenários definidos pelas mudanças climáticas globais. **Ambiência**, v. 13, n. 3, p. 600-615, 2017.

ZHU, S.; MAI, X. A review of using reflective pavement materials as mitigation tactics to counter the effects of urban heat island. **Advanced Composites and Hybrid Materials**, v. 2, n. 3, p. 381–388, 22 maio 2019.