AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR EM VIA URBANA

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF VEGETATION AS A STRATEGY FOR MITIGATING HEAT ISLANDS IN URBAN STREET

Ricardo Nacari Maioli [1]; Clara Lavinia Gomes da Silva [2]; Davi Ferreira Zonzini [3]; João Lucas Langamer Rodrigues [4]; João Vitor Có Maioli [5].

[1]Mestre em Engenharia Civil | ricardo.nacari@faesa.br | FAESA | Vitória, Brasil; [2]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | claralavigomes@gmail.com | FAESA | Vitória, Brasil; [3]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | zonzinidavi@gmail.com | FAESA | Vitória, Brasil; [4]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | joaolucaslangamerr@gmail.com | FAESA | Vitória, Brasil; [5]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | joaovitorcomaioli@gmail.com | FAESA | Vitória, Brasil.

Resumo:
A presença da vegetação em espaços urbanos exerce um papel fundamental na construção de ambientes mais agradáveis e termicamente confortáveis, especialmente em cidades de clima tropical como Vitória, no Espírito Santo. Este estudo, derivado de uma iniciação científica, analisou o impacto da vegetação ao longo da Avenida Rio Branco, uma importante via da capital do estado, buscando compreender como o sombreamento natural interfere na formação das ilhas de calor urbano e mitiga seus efeitos. As medições foram feitas no dia 13 março de 2025, em quatro pontos distintos da avenida, com diversas composições de pavimentação, cobertura vegetal e sombreamento, e em quatro horários diferentes do dia. Foram coletados os registros de temperatura do ar, temperatura de globo, velocidade dos ventos e umidade relativa. Para autenticação da abordagem, foi empregada uma inspeção inicial dos dados obtidos, cujos achados preliminares indicam que a presença e a densidade da vegetação no ambiente contribuem para a atenuação das temperaturas irradiadas, proporcionando maior sensação de bem-estar térmico aos usuários. Estes resultados sugerem que a vegetação pode ser empregada como um meio eficaz para mitigar as ilhas de calor urbanas.

Palavras-chave:
Ilhas de calor; Vegetação urbana; Conforto térmico; Planejamento urbano; Medição.

Abstract:
The presence of vegetation in urban spaces plays a fundamental role in creating more pleasant and thermally comfortable environments, especially in tropical cities like Vitória, Espírito Santo. This study, derived from a scientific initiation project, analyzed the impact of vegetation along Avenida Rio Branco, an important avenue in the state capital, aiming to understand how natural shading interferes with the formation of urban heat islands and mitigates their effects. Measurements were taken on March 13, 2025, at four distinct points along the avenue, with various pavement compositions, vegetation cover, and shading, at four different times of the day. Air temperature, globe temperature, wind speed, and relative humidity records were collected. To authenticate the approach, an initial inspection of the obtained data was employed, and preliminary findings indicate that the presence and density of vegetation in the environment contribute to the attenuation of radiated temperatures, providing a greater sense of thermal well-being to users. These results suggest that vegetation can be used as an effective means to mitigate urban heat islands.

Keywords:
Heat islands; Urban vegetation; Thermal comfort; Urban planning; Measurement.

1. INTRODUÇÃO

O processo de expansão urbana das cidades brasileiras, assim como em diversas partes do mundo, ocorreu de forma acelerada e desordenada, tornando-se causa de grande preocupação para a sociedade (de Araújo; dos Santos; de Paiva, 2020). Tal crescimento sucedeu-se de forma ativa na segunda metade do século XX, impulsionado pela industrialização, e está intimamente relacionado com a devastação ecossistêmica por meio do desmatamento. A falta de um planejamento territorial adequado, associada à carência de conscientização ambiental, explica como uma área é altamente impactada quando se modifica a natureza (Pinto; Moreira, 2022). Ademais, as modificações nas camadas superficiais e de revestimento do solo, aliadas à presença de materiais utilizados nas construções ao redor, como asfalto, concreto e vidro, e às particularidades climáticas, têm levado ao aumento das temperaturas nos ambientes urbanos.

Em paralelo à substituição da camada vegetal pelo tecido urbano, ocorre a formação das chamadas ilhas de calor urbano (ICU). Gartland (2011) define as ilhas de calor como áreas urbanas e suburbanas onde os materiais de construção comuns absorvem e retém mais calor do sol. Este fenômeno é percebido em muitas cidades pelo país, inclusive em alguns pontos de Vitória (ES), como identificado em trabalhos anteriores por Barboza; Neto; Caiana (2020) e Maioli et al. (2023). Tais eventos podem gerar impactos significativos tanto para os frequentadores de espaços de interesse social quanto para os usuários das edificações situadas ao seu redor.

Portanto, é de suma importância considerar a retomada da cobertura vegetal no meio urbano. Na cidade de Pau dos Ferros (RN), Aires e Bezerra (2020) constataram a relação entre quantidade e vigor da vegetação com a temperatura da superfície terrestre. Esses valores refletiram em uma maior temperatura nas áreas de maior ação antrópica contra a vegetação. Em um estudo realizado por Santos; Hacon; Neves (2023), evidenciou-se a importância da presença da vegetação para saúde humana, auxiliando na saúde mental da população e atenuando doenças respiratórias, vetoriais e relacionadas ao calor. Observa-se que a implementação da infraestrutura verde atende esferas ambientais e sanitárias da cidade, o que sugere a necessidade de uma legislação ambiental mais rígida.

Acredita-se que uma das formas para amenizar as ilhas de calor é a vegetação atuando diretamente no microclima urbano, contribuindo para a melhora da ambiência local (Mascaró; Mascaró, 2015). Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência da vegetação na mitigação das ilhas de calor a fim de elevar as condições de conforto térmico em espaços públicos da Grande Vitória. Esta pesquisa, derivada de iniciação científica, visa continuar investigações anteriores.

2. MÉTODO

O plano metodológico inicial da pesquisa baseou-se na busca por referências bibliográficas, a fim de construir uma base sólida de argumentação no que diz respeito à influência da vegetação como estratégia de mitigação das ilhas de calor em espaços urbanos. Posteriormente, utilizou-se da estratégia de medição in loco para a coleta de resultados no trecho analisado. Deste modo, a metodologia de estudo proposta baseia-se em três etapas:

1 - Caracterização da área de estudo e dos pontos de medição;

2 - Realização da campanha de medição microclimática;

3 - Compilação de dados e análise dos resultados.

2.1 Caracterização da Área de Estudo e dos Pontos de Medição

O trecho segmentado e analisado trata-se da Avenida Rio Branco, localizada entre os bairros Praia do Canto e Santa Lúcia, em Vitória – ES (Figura 1). Esta, situada a 20º19’09” de latitude sul e 40°20’50” de longitude oeste, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (2006), é

caracterizada por ter um clima tropical quente e úmido. Dito isso, Vitória não apresenta uma estação chuvosa bem definida, sendo o verão e o inverno os períodos mais contrastantes ao longo do ano.

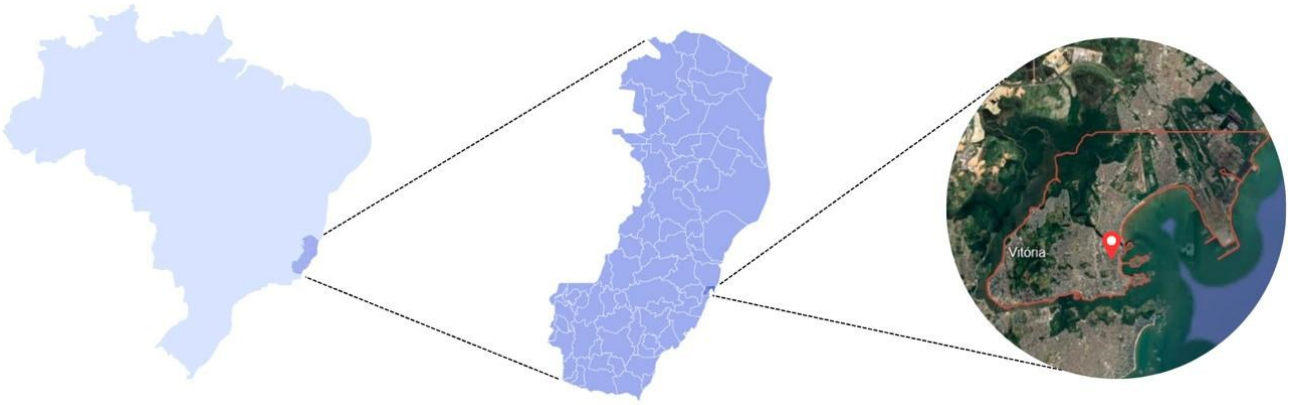

Figura 1: mapa de localização da Avenida Rio Branco no município de Vitória – ES.
Fonte: os autores (2025).

Constituindo-se como uma importante via da capital do Espírito Santo, conforme Gusmão e Marangoni (2023), o trecho viário estudado na Avenida Rio Branco possui 1.045 metros e dispõe de quatro faixas de rolamento, sendo duas para cada sentido, e mais duas faixas de estacionamento, além de uma ciclovia no canteiro central. A via é utilizada diariamente por veículos, ciclistas e transeuntes, e é trafegada, com picos de maior intensidade, nos horários da manhã e da tarde, durante a semana. Durante os finais de semana, por sua vez, essa intensidade reduz significativamente.

As calçadas possuem faixa de percurso seguro, além da faixa de serviço marcada pela presença de piso podotátil e um canteiro arborizado. Possuem também mobiliário urbano, como lixeiras, bancos de concreto e postes, que dividem o espaço com algumas árvores. No cruzamento com a Avenida Nossa Senhora da Penha, onde se localiza um dos pontos de medição, encontra-se um trevo, com presença de vegetação rasteira no solo e algumas palmeiras de grande porte, da espécie coco-de-quarta.

Para o desenvolvimento da pesquisa, visando a análise de diferentes configurações de sombreamento e presença da vegetação no decorrer da via, foram definidos quatro pontos para as medições, sendo um ponto fixo e três pontos móveis (Figura 2).



Figura 2: localização dos pontos de medição na avenida.
Fonte: os autores (2025).

Os pontos distam do mar, desde o ponto fixo ao terceiro ponto, 1.059 metros, 800 metros, 630 metros e 560 metros, respectivamente, totalizando quatro posições demarcadas na rota. Os pontos móveis foram alocados visando refletir a diversidade de situações observadas na avenida, com isso, cada posição foi instalada em locais com ausência ou presença de vegetação, bem como o revestimento do solo diversificado, com presença de concreto e grama. O ponto fixo, por sua parte, diferencia-se dos pontos móveis quanto às características do espaço, visto que se trata de um ponto de medição onde há pleno sol e nenhum tipo de vegetação, rasteira ou de grande porte. Isto influencia diretamente no conforto térmico do local, uma vez que o tipo de pavimentação das vias neste trecho, concretadas ou asfaltadas, influencia diretamente na irradiação solar, tornando-o desconfortável termicamente para a circulação de pedestres e ciclistas, como retratado na imagem (Figura 3).



Figura 3: perfis viários dos pontos de medição microclimática.
Fonte: os autores (2025).

2.2 Campanha de Medição Microclimática

As medições ocorreram no dia 13 de março de 2025 nos horários de 9h, 12h, 15h e 18h. Os quatro horários escolhidos para coleta dos dados relacionam-se com os diferentes estágios da trajetória solar, de forma a registrar contextos microclimáticos diversos. Para a escolha do dia de medição, considerou-se dois critérios propostos por Silva e Alvarez (2015), sendo eles: ausência de chuvas na data (e nos três dias anteriores a ela) e poucas nuvens no céu (preferenciando dias mais ensolarados).

A campanha de medição foi realizada de forma sincronizada no ponto fixo com os três pontos móveis. Utilizou-se de quatro instrumentos: dois termômetros de globo portáteis e dois termo-higro-

anemômetros. Os equipamentos de análise foram alocados dentro do abrigo meteorológico e em cima de um tripé a um metro e dez de altura do solo, como preconiza a ISO 7730 (2005), o que representa a altura do abdômen. Os equipamentos também seguem o rigor da ISO 7730 (2005), que padroniza as medições de variáveis físicas.

Os produtos obtidos com a coleta foram: temperatura do ar, temperatura de globo (radiação), valores de velocidade do vento e umidade relativa com suas respectivas máximas, médias e mínimas. Nos pontos móveis registraram-se dados por um período de três minutos, enquanto no ponto fixo os dados foram coletados durante toda a campanha (Pinheiro et al., 2021).

2.3 Compilação de Dados e Análise dos Resultados

Para a análise dos resultados, foi adotada uma abordagem quantitativa, fundamentada na aplicação de técnicas estatísticas descritivas e representações gráficas. As variáveis ambientais mensuradas: temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do vento, foram devidamente organizadas e compiladas, visando à sistematização e à comparação dos dados obtidos. Inicialmente, procedeu-se à análise descritiva, com o cálculo das médias onde apropria-se um ponto fixo com valores intermediários para estabelecer uma diferença do valor intermediário em relação ao valor do ponto que está em comparação, a fim de fornecer uma visão geral das características das variáveis e suas respectivas oscilações. Posteriormente, foram desenvolvidos gráficos de colunas, que permitiram a visualização das diferenças nas medições realizadas nos pontos da avenida. Essa representação gráfica possibilitou a identificação de padrões e tendências associados às condições microclimáticas ao longo dos diferentes horários de aferimento. Para obter os resultados de temperatura radiante média (TR), foi adotado o sistemático da ISO 7726 (1986) utilizando diâmetro de 0,075 e emissividade de 0,95.

$$t_r = \left[\left(t_g + 273\right)^4 + \frac{1{,}1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}} \left(t_g - t_a\right) \right]^{1/4} - 273 \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde:
tr = temperatura radiante média [ºC];
tg = temperatura de globo [ºC];
va = velocidade do ar [m/s];
ta = temperatura do ar [ºC];
D = diâmetro do globo [m];
Ɛg = emissividade do globo [adimensional].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram evidenciados dados relevantes, empregando a metodologia de medições microclimáticas in loco em pontos variados, alcançando-se resultados relacionados entre a interação dos fenômenos das ilhas de calor urbano e os espaços com maior concentração de vegetação. Os aspectos de maior destaque envolveram a oscilação térmica ao longo do dia, bem como em pontos com características distintas. Dito isso, foi possível delimitar os trechos com maior concentração de calor e a análise do sombreamento, além da comparação entre tipos diferentes de pavimentação e a influência da configuração espacial da avenida, a exemplo do sombreamento por árvores.

No que tange à variação térmica ao longo do dia, observou-se que as medições feitas às 12h e às 15h demonstraram os maiores registros de temperatura, com maior relevância no horário das 12h, estando em consonância com o comportamento esperado para o período de maior incidência solar. Esses horários foram os momentos de maior intensidade da radiação solar direta, o que resultou no acúmulo de calor das superfícies e se refletiu nos valores captados pelo termômetro de globo.

Em contrapartida, as medições das 9h e 18h revelaram os menores índices térmicos, decorrentes do processo de resfriamento natural do ambiente e das superfícies analisadas.

A menor intensidade de radiação solar, registrada no primeiro e último horário, favoreceu a dissipação parcial do calor acumulado, especialmente ao final do dia, resultando em temperaturas mais amenas nos pontos analisados nesses períodos. Esse comportamento evidencia que os maiores picos térmicos ocorreram nas faixas centrais do dia, quando a radiação solar foi mais intensa, caracterizando a atuação predominante das ilhas de calor diurnas na Avenida Rio Branco.

Quanto à umidade relativa do ar, os maiores valores médios foram observados às 18h, reforçando a tendência de umidade mais elevada durante a noite e sua contribuição para um microclima mais ameno. Por outro lado, às 12h os índices de umidade foram os mais baixos, em decorrência da maior exposição solar. “A umidade relativa varia com a temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta.” (Schiffer, 2008, pág. 62).

Não se observou, portanto, acúmulo térmico significativo no período noturno. Esta constatação é condizente com estudos desenvolvidos em áreas urbanas de clima tropical, os quais apontam que a maior intensidade do fenômeno ocorre durante os horários de máxima insolação (Fialho, 2002; Méndez et al., 2008).

A análise das condições de pavimentação e sombreamento ao longo da Avenida Rio Branco revelou diferenças relevantes nos registros térmicos entre os pontos analisados. O ponto fixo, localizado na esquina com a Rua Eurico Aguiar, no bairro Santa Lúcia, apresentou as maiores temperaturas do ar ao longo do dia. Isto se deve à pavimentação totalmente em concreto, associada à ausência total de sombreamento, o que favoreceu a absorção direta da radiação solar e o consequente acúmulo de calor.

O perfil viário da avenida também foi analisado. O ponto fixo foi o que esteve mais exposto à incidência solar e ao menor sombreamento; durante todo o dia, registrou a maior temperatura, mais precisamente às 12h. Este, por sua vez, alcançou de 5°C a 10°C, aproximadamente, a mais que os pontos móveis de sombra parcial ou plena. Tal fator evidencia a importância da utilização de vegetação como estratégia de mitigação das ilhas de calor em espaços urbanos.

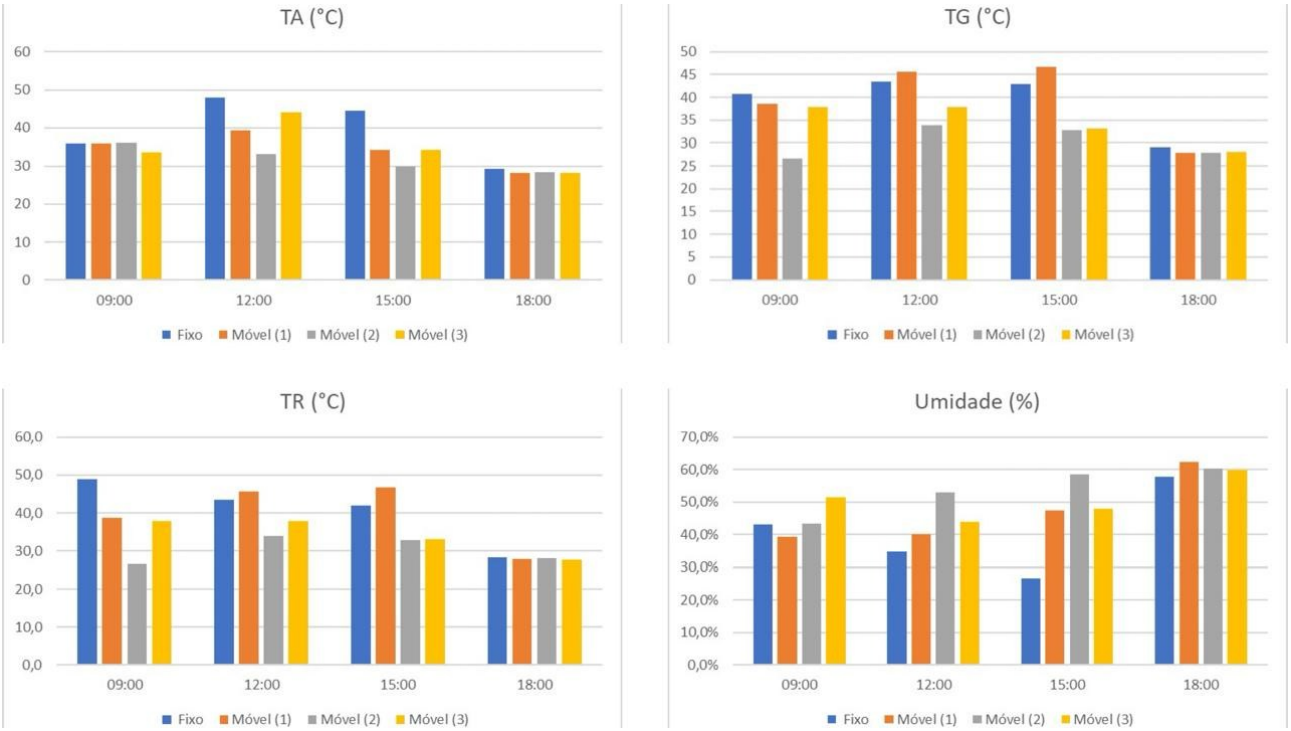

Figura 4: gráficos comparativos dos dados microclimáticos obtidos com a medição referentes a Temperatura do Ar (TA), Temperatura de Globo (TG), Temperatura Radiante (TR) e Umidade Relativa.
Fonte: os autores (2025).

Por fim, a velocidade dos ventos revelou papel relevante no equilíbrio térmico da avenida. Nas medições das 12h, verificou-se pouca circulação de ar, o que sugere menor renovação e dissipação térmica nesse período. Já nas demais faixas horárias, foram registrados alguns picos de velocidade do vento, indicando maior movimentação do ar e potencial mitigação do calor superficial acumulado no horário das 18h.

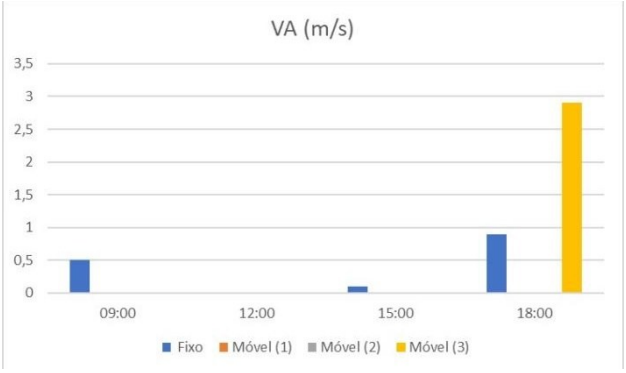

Figura 5: gráfico comparativo dos dados microclimáticos obtidos com a medição de Velocidade do Ar (VA).
Fonte: os autores (2025).

4. CONCLUSÕES

O presente estudo reforça a relevância da vegetação urbana como estratégia eficaz na mitigação das ilhas de calor urbano (ICU), especialmente em corredores viários intensamente utilizados, como a Avenida Rio Branco, em Vitória – ES. As medições microclimáticas realizadas em diferentes pontos e horários ao longo da via demonstraram que áreas com maior cobertura vegetal e sombreamento natural apresentaram temperaturas mais amenas e condições microclimáticas mais confortáveis para o uso e deslocamento nesses espaços urbanos. Em contrapartida, os pontos desprovidos de vegetação e expostos à pavimentação impermeável revelaram picos de temperatura do ar e radiante mais elevados, que podem indicar maiores índices de desconforto térmico para os usuários da via.

A metodologia adotada, com uso de instrumentos precisos e seguindo as normas da ISO 7730, garantiu a fidedignidade dos dados coletados. Os achados preliminares apontam para a necessidade de reconfiguração dos espaços urbanos, com incentivo à arborização e adoção de materiais com menor retenção de calor. Assim, este trabalho contribui para o debate sobre sustentabilidade urbana, oferecendo subsídios técnicos para políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade ambiental nas cidades brasileiras, sobretudo em contextos tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, A. A.; BEZERRA, J. M. Mapeamento do índice de vegetação e temperatura de superfície da cidade de Pau dos Ferros-RN. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 48, p. 113-131, 2021.

BARBOZA, E. N.; NETO, F. C. B.; CAIANA, C. R. A. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do fenômeno de Ilhas de Calor Urbano na cidade de Vitória, Espírito Santo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e187963655-e187963655, 2020.

DE ARAÚJO, P. A.; DOS SANTOS, R.R.; OLIVEIRA, I.P. Crescimento urbano desordenado no bairro Messejana, Fortaleza/CE: a educação ambiental como mitigadora dos impactos ambientais. **Planeta Amazônia**: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, n. 12, p. 55-65, 2020.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Editora Oficina de textos, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726** - Ergonomics of the termal environment: Instruments for measuring physical quantities. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730** - Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 2005.

MAIOLI, R. N.; SILVA, D. E. G.; RICARTE, P. M.; SILVA, F. T. Análise da influência da vegetação em praças na mitigação de ilhas de calor urbano. **Encontro Latino Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, 2023.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2015.

GUSMÃO, M. V. da S.; MARANGONI, A. B. Avaliação de intervenção viária para a interseção entre as avenidas Nossa Senhora da Penha e Rio Branco com o emprego da técnica de microssimulação de tráfego. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Instituto Federal do Espírito Santo. Vitória, 2023.

PINHEIRO, A. C. R.; CALMON, A. C. A.; RODRIGUES, M. P.; MAIOLI, R. N.; SILVA; F. T. A influência da vegetação no conforto dos usuários em praça pública de Vitória-ES. In: XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2021, Palmas. **Anais** [...]. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2021. v. 16. p. 161-16.

SCHIFFER, S; FROTA, A. **Manual de Conforto Térmico**. 8. Ed. Studio Nobel, 2008.

PINTO, N. T.; MOREIRA, G. L. Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. **Geopauta**, v. 6, n. 1, e10067, 2022.

SILVA, F. T.; ALVAREZ, C. E. An integrated approach for ventilation's assessment on outdoor thermal comfort. **Building and Environment**. Volume 87, Pages 59-71, 2015.

DOS SANTOS, J. B. G.; HACON, S. S.; NEVES, S. M. A. S. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e seu uso no estudo da saúde humana: uma revisão de escopo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1115-1144, 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPES pelo apoio financeiro, por meio da concessão da bolsa de pesquisa. Estendemos também os agradecimentos à FAESA, pelo suporte institucional e pela disponibilização dos equipamentos que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.