ANÁLISE DA TEMPERATURA SUPERFICIAL E USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO/RJ

ANALYSIS OF SURFACE TEMPERATURE AND LAND USE AND COVER IN THE MUNICIPALITY OF SÃO GONÇALO/RJ

ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SÃO GONÇALO/RJ

Elias Rangel
Graduado em Geografia pela UERJ/FFP
elias14rangel@gmail.com
Evandro Guimarães Rodrigues
Estudante do Curso de Geografia na UERJ/FFP
evan.guimaraes19@gmail.com

RESUMO:
O presente trabalho visa analisar a temperatura superficial do município de São Gonçalo, RJ, em relação às características de uso e cobertura do solo, e estabelecer uma correlação entre essas variáveis. Para isso, foi utilizada uma imagem do sensor Landsat-9, especificamente a banda termal 10. Foram realizados cálculos de conversão para transformar os níveis de cinza em temperatura, utilizando a calculadora raster do ArcGIS Pro. Os resultados indicaram uma forte relação entre o uso do solo e a temperatura dos alvos, especialmente em áreas urbanas. Em contrapartida, as áreas menos antropizadas apresentaram temperaturas mais baixas. Portanto, a temperatura superficial pode ser associada a outras variáveis, o que pode complementar estudos semelhantes.

Palavra-Chaves: Temperatura superficial, Uso e cobertura do solo, Sensoriamento remoto.

Abstract:
This study aims to analyze the land surface temperature in the municipality of São Gonçalo, RJ, in relation to land use and land cover characteristics, establishing a correlation between these variables. A Landsat-9 satellite image, specifically thermal band 10, was used for this analysis. Conversion calculations were performed to transform digital numbers into temperature values using the ArcGIS Pro Raster Calculator. The results indicated a strong relationship between land use and surface temperature, particularly in urbanized areas. In contrast, less anthropized regions exhibited lower temperatures. Thus, surface temperature can be associated with other variables, which may complement similar studies.

Keywords: Land Surface Temperature, Land Use and Land Cover, Remote Sensing.

RESUMEN:
El presente trabajo tiene como objetivo analizar la temperatura superficial del municipio de São Gonçalo, RJ, en relación con las características de uso y cobertura del suelo, y establecer una correlación entre estas variables. Para ello, se utilizó una imagen del sensor Landsat-9, específicamente la banda termal 10. Se realizaron cálculos de conversión para transformar los niveles de gris en temperatura, utilizando la calculadora raster de ArcGIS Pro. Los resultados indicaron una fuerte relación entre el uso del suelo y la temperatura de los objetivos, especialmente en áreas urbanas. En cambio, las áreas menos antropizadas presentaron temperaturas más bajas. Por lo tanto, la temperatura superficial puede asociarse a otras variables, lo que puede complementar estudios similares.

Palabras Claves: temperatura superficial, uso y cobertura del suelo, teledetección

INTRODUÇÃO

A importância do sensoriamento remoto é inquestionável, dada a ampla gama de aplicações e os benefícios que proporciona. Ele permite a coleta de dados de forma não intrusiva, cobrindo vastas áreas e proporcionando uma visão abrangente e detalhada da Terra. A utilização dessa tecnologia é crucial para a tomada de decisões informadas e para o desenvolvimento sustentável em diversas áreas, desde a gestão ambiental até a segurança nacional. Com o avanço contínuo das tecnologias de sensoriamento remoto, suas aplicações e importância tendem a crescer ainda mais, contribuindo significativamente para o progresso científico e tecnológico da sociedade (FLORENZANO, 2002).

Em diversas pesquisas existe uma demanda crescente pelas geotecnologias, o sensoriamento remoto, por exemplo, vem sendo cada vez mais empregado para diferentes interesses, em razão do fácil acesso a imagens de sensores orbitais (COELHO, 2010). O estudo do clima e das mudanças climáticas depende fortemente dos dados obtidos por sensoriamento remoto. A coleta de informações sobre a temperatura da superfície terrestre, a cobertura de gelo, a umidade do solo e outras variáveis climáticas é crucial para a construção de modelos climáticos precisos e para a previsão de fenômenos meteorológicos (CURI, 2012).

Uma das aplicações que vêm sendo exploradas é utilização da banda do infravermelho termal para determinar a temperatura superficial dos alvos, através da transformação dos níveis de cinza em temperatura (NASCIMENTO, 2011).

Existem diversos estudos que se propõem a identificar a temperatura superficial ou identificar ilhas de calor urbanas, através do sensoriamento remoto. Nascimento (2011), Coelho e Correa (2013), Pinheiro e Laranjeiras (2013) e Streutker (2002) já trabalharam com as bandas do infravermelho termal de sensores orbitais para estimar a temperatura superficial dos alvos, com base na transformação dos níveis de cinza em temperatura (Nascimento, 2011). Método semelhante também foi utilizado como suporte para a caracterização e diagnóstico do Plano Diretor Municipal do Porto (DMPU, 2018).

No contexto urbano, o sensoriamento remoto fornece dados fundamentais para o planejamento e a gestão das cidades. As imagens de satélite são utilizadas para mapear o crescimento urbano, identificar áreas de risco, monitorar a expansão de infraestruturas e apoiar a tomada de decisões em políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável das cidades (NOVO, 1992).

O município de São Gonçalo está localizado no leste da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). É um município que apresenta diversas condições de uso e cobertura do solo que podem refletir em distintas temperaturas ao longo do terreno.

O Clima atuante no município é o Aw, Clima Tropical úmido, sendo caracterizado pela maior pluviosidade nos meses de novembro a abril, período em que a temperatura média fica em 26,7 °C. O período seco compreende os meses de maio a outubro, onde a temperatura varia entre 22,9 °C e 25,3°C (PEREIRA et al., 2021). O clima de São Gonçalo é influenciado pela proximidade do Oceano Atlântico, que modera as temperaturas e traz umidade para a região. Além disso, a topografia local, com áreas de planícies e morros, também contribui para variações microclimáticas dentro do município. Os períodos de chuva intensa no verão podem levar a problemas como enchentes e deslizamentos de terra, que são desafios recorrentes para a população local. A administração pública costuma implementar medidas preventivas e planos de contingência para minimizar os impactos dessas condições climáticas adversas (BERTOLINO et al., 2007).

Em resumo, o clima de São Gonçalo é típico de regiões tropicais, com verões quentes e úmidos e invernos mais amenos. A variação de temperatura ao longo do ano é relativamente pequena, mas a diferença na quantidade de precipitação entre as estações é bastante significativa.

As condições de temperatura, umidade e qualidade do ar são condicionantes ao conforto térmico, as alterações dessas condições podem causar graves consequências à saúde às populações mais vulneráveis (MONTEIRO, 2001). O aumento da temperatura nas áreas urbanas, sobretudo em áreas de aglomerados subnormais

onde o *sky view factor*[1] é mais baixo, por contas das ruas mais estreitas somado à emissividade dos edifícios, proporciona temperaturas maiores resultando o desconforto térmico.

Em meados do mês de março parte do Sudeste brasileiro passou por uma onda de calor, elevando a sensação térmica de certos locais no Rio de Janeiro para acima dos 60° graus celsius. O município de São Gonçalo, também estava inserido nesse contexto de alta sensação térmica. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a temperatura superficial do município de São Gonçalo/RJ, durante um dia de calor atípico, evidenciando a relação entre o uso e cobertura do solo e outros fatores que podem condicionar a temperatura.

Será utilizado técnicas de processamento digital de imagens (PDI) para analisar a temperatura superficial. As imagens foram adquiridas através do *United States Geological Service* (USGS) e foram processadas através da calculadora raster do ArcGis. As cartas confeccionadas serão analisadas junto a outras informações do município para aferir a relação com a temperatura superficial.

METODOLOGIA

A metodologia deu-se no desenvolvimento das cartas de temperatura de superfície e na elaboração do mapa de uso e cobertura do solo. Para a confecção da carta de temperatura de superfície foi adquirida, através do portal United States Geological Survey (USGS), a imagem do sensor *Thermal Infrared Sensor Landsat 2* (TIRS-2) do Landsat-9, em específico a banda 10 (10.6 - 11.19 μm). Como critério de seleção a imagem adquirida do dia 17/03/2024 têm nebulosidade mínima na órbita 217/ ponto 076. Após a aquisição, a imagem foi reprojetada para SIRGAS 2000 e recortada para os limites do município. O cálculo que foi aplicado na calculadora raster foi como descrito por Coelho e Correa (2013) e

[1] *Sky View factor* – é a proporção da abóbada celeste vista a partir de um ponto na superfície. Tem valor 1 quando não existe obstáculo que limite a visão do céu e valor 0 quando os obstáculos impedem parcialmente a visão do céu. (OKE, 1992 apud LOPES, 2008)

os parâmetros de conversão adaptados para o landsat-9, conforme a descrição do arquivo de metadados.

Coelho e Correa (2013) descrevem que os parâmetros de conversão fornecidos pelo USGS seguem primeiramente a conversão dos níveis de cinza em radiância, em seguido pela conversão para temperatura Kelvin e por último subtrai o valor absoluto (273,5) para conversão a temperatura em Celsius.

Cálculo 1 – Conversão dos valores para radiância

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Em que:

Lʎ	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m2 sr µm
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.800E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Qcal	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Tabela 1: conversão dos níveis de cinza em radiância. Fonte: Coelho e Correa (2013)

Cálculo 2- Conversão dos valores de radiância para temperatura Kelvin

$$T = \frac{k_2}{i\eta\left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Em que:

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
K2	Constante de calibração 2 = 1.329.24 (K)
K1	Constante de calibração 1 = 799.03 (K)
Lʎ	Radiância espectral em Watts/ (m2 sr µm)

Tabela 2: Conversão de radiância para temperatura Kelvin. Fonte: Coelho e Correa (2013)

Após a conversão para temperatura Kelvin, cabe ainda converter para graus celsius, subtraindo o valor absoluto de 273,15.

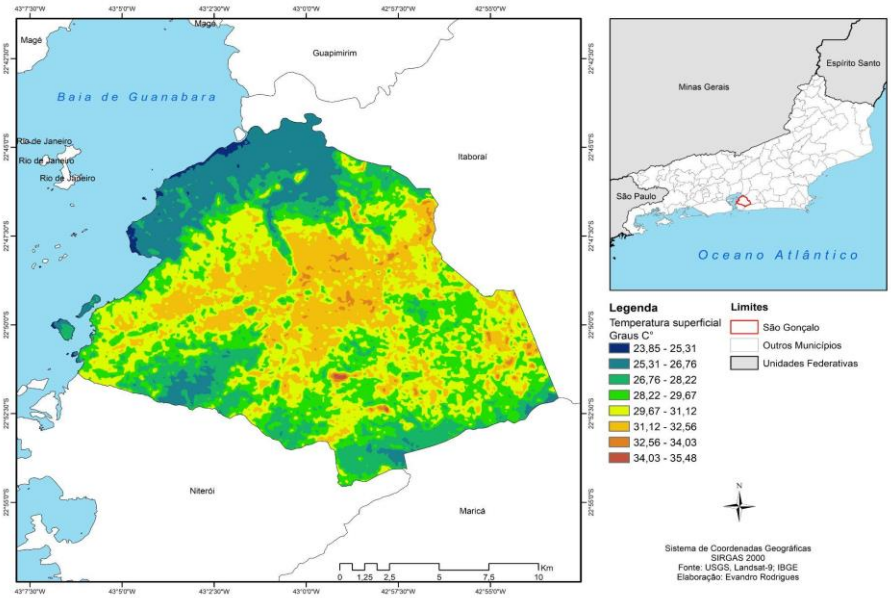
A partir desses cálculos é obtido a expressão para inserir na calculadora do ArcGis: TC= (1329.24/Ln(799.03/(3.8000E-04* "banda10.tif" + 0.10000)+1))-273.15

Quanto à elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, foi adquirida a respectiva camada no Geosserviços INEA, do ano de 2018. Todas as classes de vegetação secundária e vegetação secundária em estado médio e avançada foram agrupadas, e foram mantidas as classes de mangue, área urbana, afloramento rochoso, campo/pastagem, dinâmica fluvial, áreas úmidas. Para complementar a análise, também foi utilizada uma imagem de satélite do CBERS 4ª (19/09/2024), adquirida através do portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carta térmica do município de São Gonçalo (Figura 1) apresenta uma heterogeneidade de valores, que são resultado dos diferentes usos e cobertura da terra. As áreas antrópicas são evidentemente as que apresentam as maiores temperaturas de superfície. Essas áreas são as que mais apresentam construções antrópicas que modificam as dinâmicas naturais do balanço energético e são apontadas como as principais causas das ilhas de calor urbano (SAILOR e LU, 2004). Nessas áreas artificializadas o tipo de material utilizado na construção, no revestimento e na pavimentação das cidades são os maiores implicadores da alteração do balanço energético em razão do baixo albedo desses materiais (LOPES, 2008).

Figura 1- Mapa de temperatura superficial de São Gonçalo/RJ



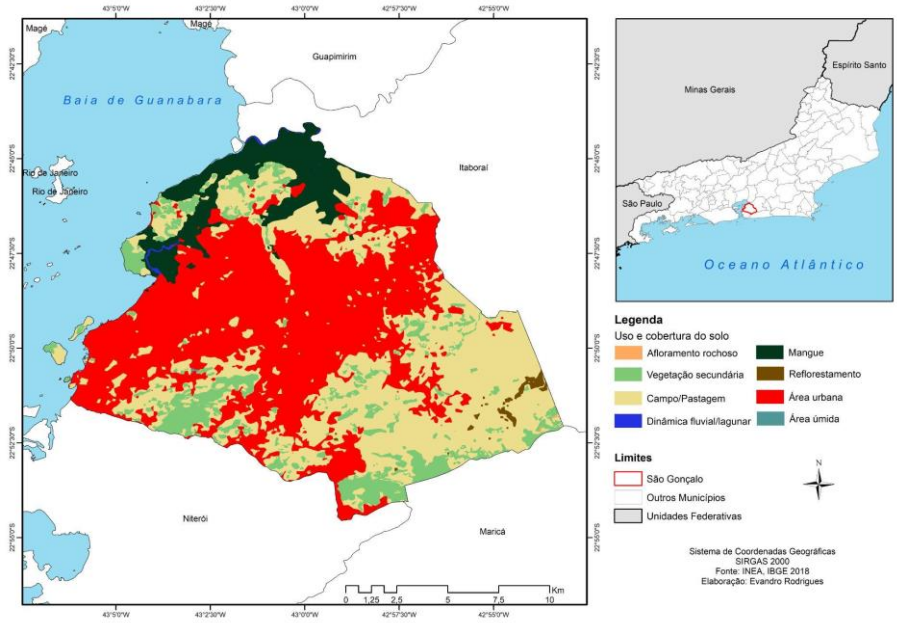
Elaboração: Rodrigues e Rangel (2024)

Ao observar as áreas de mais alta temperatura em São Gonçalo, isto é, ao sul do município, nota-se que a temperatura superficial máxima chega à classe mais alta de temperatura entre 34 - 35 graus. Isso pode ser justificado porquê de acordo com a imagem de satélite, nota-se a presença de um aterro sanitário (Figura 3).

Alinhado à linha de costa há alguns trechos onde a temperatura superficial é evidentemente menor do que a mais a Leste. Isto tem influência dos ventos e da presença d'água. Com a densidade da ocupação urbana a velocidade dos ventos diminui gradativamente, contribuindo para uma maior temperatura alta (PINHEIRO E LARANJEIRAS, 2013).

Apesar das altas temperaturas na área urbana, identifica-se ainda algumas faixas de temperatura superficial mais baixas do que a predominante. Ao norte do município, próximo a Baía de Guanabara há maior presença de vegetação, como mangue (Figura 2). Estes são caracterizados por serem áreas mais úmidas. A evapotranspiração e ausência de áreas impermeáveis contribuem para menor temperatura nessas áreas (LOPES, 2008).

Figura 2- Mapa de uso e cobertura do solo de São Gonçalo/RJ



Elaboração: Rodrigues e Rangel (2024)

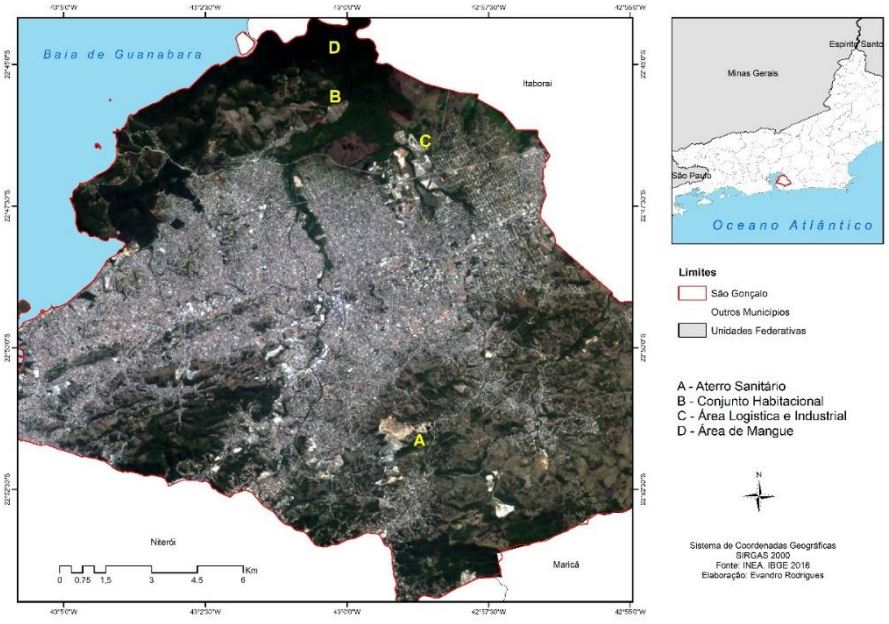
Na parte central da área urbana há outras áreas com essa mesma faixa de temperatura, que são onde estão localizados alguns parques e áreas mais abertas, ou seja, com tecido urbano menos denso.

Na área urbana há alguns núcleos de temperatura superficial que diferem do entorno. Essas áreas correspondem a pequenos campos/ pastagem. Lopes (2008) também ressalta que há um incremento no balanço energético por conta emissão dos edifícios, a circulação de veículos e atividades antrópicas. A menor presença de edifícios e atividades antrópicas mesmo que na área urbana já reflete na temperatura dessas áreas.

Ao observar o mapa nota-se que à medida que se afasta da área urbana em direção a sudeste, vê-se que a temperatura superficial cai significativamente, isto ocorre em função da diminuição de áreas artificializadas e a maior presença de vegetação. Assim como na porção sul do município nota-se que a temperatura superficial é mais baixa. De acordo com o uso e cobertura do solo são áreas onde há mais campos/pastagem e mais vegetação.

Apesar do norte de São Gonçalo, onde há mangue, registrar as temperaturas mais frias do município (23°C-25,3°C) nota-se alguns pontos que diferem do entorno, com aproximadamente sete graus de acréscimo na temperatura superficial. Segundo imagens aéreas, essas áreas correspondem a um conjunto habitacional, um galpão logístico e uma antiga fábrica (Figura 3), ou seja, áreas fortemente artificializadas que alteram o balanço energético resultando em maiores temperaturas (LOPES, 2008). As anomalias climáticas podem ser também condicionadas pelas características dos edifícios na forma das paredes, dos telhados e do revestimento. Estes se comportam tendo elevadas condutividades, capacidades térmicas e capacidades de refletir ou manter o calor (DOUGLAS, 1983).

Figura 3 – Imagem de Satélite de São Gonçalo/RJ



Elaboração: Rodrigues e Rangel (2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme mostrado nos resultados, o sensoriamento remoto para mapeamento da temperatura de superfície mostrou-se fidedigno, no que diz respeito à relação entre a morfologia do

terreno, isto é, a características do uso e cobertura do solo. As áreas artificializadas mostraram-se como o principal fator para a elevação da temperatura superficial, em especial aquelas em que tem uso industrial.

Nesse mesmo sentido as áreas com maior presença de cobertura vegetal como mangues e áreas vegetadas indicaram menores temperaturas superficiais, em razão da evapotranspiração e da ausência de áreas impermeabilizadas. A proximidade ao mar também é um fator, uma vez que a brisa marítima circula melhor nas faixas litorâneas, tendo dificuldade ao avançar sobre áreas com maior rugosidade.

Apesar de oferecer certa confiança quanto aos valores da temperatura cabe ressaltar que há diferença entre a temperatura superficial e temperatura do ar. Portanto, é recomendável fazer medições das condições atmosféricas ao longo em diferentes pontos da área urbana. Ainda assim as geotecnologias, o sensoriamento remoto neste caso, mostram-se como importantes ferramentas para o planejamento territorial. No entanto, cabe ressaltar que essa análise pode ser acompanhada de outras características físicas que podem condicionar a temperatura como exposição das vertentes, altitude e outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLINO, A.V.F.A., COSTA, A.R.C., BERTOLINO, L.C., FIALHO, E.S. Análise da Dinâmica Climatológica no Município de São Gonçalo/RJ: triênio 2004 – 2007. Revista Tamoios,v. 3, nº 2, p. 1-13. 2007.

COELHO, A. L. N. Uso de produtos de sensoriamento remoto para delimitação de área efetivamente inundável: estudo de caso do baixo curso do Rio Benevente Anchieta-ES. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 4, n. 1676–7226, p. 53–63, 2010.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 7, n. 1676–7226, p. 31–45, 2013.

CURI, D. Gestão ambiental. 1 ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.

Douglas, I. The Urban Environment. Londres: Edward Arnold. 1983

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélites para Estudos Ambientais**. São Paulo, Oficina de textos. 2002

LOPES, A. O sobreaquecimento das cidades. causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium**, v. 4, n. 1647–7723, p. 39–52, 2008.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território**. [s.l.] Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

MONTEIRO, A. Os impactes no clima, qualidade do ar e na saúde enquanto potenciais indicadores da (ausência de) estratégia de desenvolvimento de um espaço urbano - Estudo de caso na área metropolitana do Porto. Conferência Nacional da Qualidade do Ambiente, 2001. pp. 851-869.

MONTEIRO, A.; VELHO, S. Health heat stress in the Porto Metropolitan Area - A matter of temperature or inadequate adaptation? **Erde**, v. 145, n. 1–2, p. 80–95, 2014.

MONTEIRO, A.; VELHO, S.; GÓIS, J. A importância da fragmentação das paisagens urbanas na Grande Área Metropolitana do Porto para a modelização das ilhas de calor urbano-uma abordagem metodológica. **Geografia: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. 1, n. 2012, p. 123–159, 2012.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia- GO (1986/2010)**. Goiânia: Universidade Federal de Goiânia, 2011.

NOVO, E. M. L. M. (1992). **Sensoriamento Remoto:** princípios e aplicações. São Paulo: Editora EDGARD BUCHER Ltda. 308 p. 1992

PEREIRA, V. C. M. et al. **Contribuições para a análise da dinâmica climatológica no município de São Gonçalo/RJ: 2008 – 2018**. Revista Tamoios, v. 17, n. 2, 11 nov. 2021.

PINHEIRO, C. DE A.; LARANJEIRA, M. M. Análise do ambiente térmico urbano em índices espectrais: influências dos usos do solo sobre temperatura de superfície (Guimarães, Portugal). Em: CORREIA, T. P.; HENRIQUES, V.; JULIÃO, R. P. (Eds.). **IX Congresso da Geografia Portuguesa - Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência**. APG ed. Lisboa: APG, 2013a. p. 321–326.

PINHEIRO, C.; LARANJEIRA, M. Análise do ambiente térmico e das condições de ventilação para a definição das funções climáticas na área urbana de Guimarães. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 4, n. 2182–1267, p. 249–272, 2013b.

SAILOR, D. J.; LU, L. A top–down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. **Atmosfepheric Enviroment**, v. 38, p. 2737–2748, 2004.

STREUTKER, D. R. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2595–2608, 11 jul. 2002.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 17/02/2024 EUA. Disponível em <http://landsat.usgs.gov>.