Studies in Environmental and Animal Sciences
ISSN: 2764-0760

Sensoriamento remoto para análise de ilhas de calor e frio no município de Curitiba

Remote sensing for heat and cold island analysis in the city of Curitiba

DOI: 10.54020/seasv3n2-020

Recebimento dos originais: 03/02/2022
Aceitação para publicação: 03/03/2022

Janaina Casado Rodrigues da Silva
Mestranda
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina
Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP: 86036-370, Londrina-PR
E-mail: janainnacasado@gmail.com

Maria Clara dos Santos Lopes
Mestranda
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina
Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP: 86036-370, Londrina-PR
E-mail: mariiac.slopes@gmail.com

Julio Cesar Angelo Borges
Mestrando
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina
Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP: 86036-370, Londrina-PR
E-mail: julioborges@alunos.utfpr.edu.br.

Anderson P. Rudke
Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
E-mail: rudke@alunos.utfpr.edu.br.

Leila Droprinchinski Martins
Doutor
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP: 86036-370, Londrina-PR
E-mail: leilamartins@utfpr.edu.br

Jorge Alberto Martins
Doutor
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP: 86036-370, Londrina-PR
E-mail: jmartins@utfpr.edu.br

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo analisar ilhas de Calor e Frio Urbano e sua relação com os padrões da paisagem urbana no Município de Curitiba e suas mudanças ao longo dos últimos 30 anos, durante a estação do inverno dos anos de 1989 e 2019, através do satélite Landsat. Utilizou-se os dados obtidos pelo satélite Landsat 5 e 8, processados no software Qgis, identificados pela órbita/ponto 220/078 em dois anos diferentes no período do inverno. Para a estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) foi utilizada a banda 6, para o Landsat 5 e banda 10 para o Landsat 8, a qual foi convertida para temperatura de brilho. Para a avaliação da cobertura do solo foi utilizada a classificação feita pelo Projeto Mapbiomas. Após a transformação da emissividade em temperatura de superfície terrestre, esses valores foram convertidos em graus Celsius. O mapa de uso e ocupação do solo apresenta uma redução de áreas de lavouras e um aumento nas áreas urbanizadas. O município de Curitiba possui diversas áreas verdes dentro da área urbana que gerou pequenas ilhas de frio em relação a áreas onde não havia presença de áreas verdes.

Palavras-chave: landsat, clima urbano, temperatura.

ABSTRACT

This work aims to analyze islands of Urban Heat and Cold and its relationship with the patterns of the urban landscape in the Municipality of Curitiba and its changes over the past 30 years, during the winter season of the years 1989 and 2019, through the Landsat satellite. We used the data obtained by the Landsat 5 and 8 satellite, processed in the Qgis software, identified by orbit/point 220/078 in two different years in the winter period. To estimate the Land Surface Temperature (SST), band 6 was used for Landsat 5 and band 10 for Landsat 8, which was converted to brightness temperature. For the land cover evaluation the classification made by the Mapbiomas Project was used. After the transformation of emissivity into land surface temperature, these values were converted into degrees Celsius. The land use and occupation map shows a reduction in crop areas and an increase in urbanized areas. The city of Curitiba has several green areas within the urban area that generated small cold islands in relation to areas where there was no presence of green areas.

Keywords: landsat, urban climate, temperature.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população residente em áreas urbanas tem sido observado no mundo todo. Atualmente, cerca de 55% vivem em áreas urbanas e a expectativa é que alcance 70% em 2050, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2021). No Brasil, o cenário não é diferente e esse aumento tem sido acompanhado da falta de planejamento e do rápido desenvolvimento da maioria das cidades. A urbanização em grandes centros urbanos tem modificado as

superfícies naturais gerando o efeito de Ilha de Calor Urbano (ICU) (OKE, 1973, FREITAS *et al.*, 2007, SOBRAL, 2005).

A ilha de calor urbana é um dos efeitos climatológicos mais estudados pelo homem, ocorrendo principalmente em cidades com elevado grau de urbanização, sendo que essas tem superfícies que tendem a liberar grandes quantidades de calor (OKE, 1973). O efeito Ilha de Frio Urbano (IFU) pode ser visto em regiões de áreas verdes e corpos hídricos, onde as temperaturas são mais amenas que nas regiões urbanizadas (EFFECT, 2019).

Os efeitos de ICU, principalmente do aumento de temperatura, podem ser minimizados por meio da inserção de sistemas ambientais (parques, lagos, áreas verdes, telhados verdes, etc.) na área urbana. Esses sistemas também são formas importantes de mitigação de outros efeitos decorrentes do processo de urbanização (BEAUDOIN; GOSSELIN, 2016; MILOJEVIC *et al.*, 2016). Determinar a magnitude da ICU e conhecer o estado atual das IFU e sub ICU existentes são fundamentais para planejar intervenções, visando cidades que sejam mais agradáveis (COLUNGA *et al.*, 2015).

O satélite *Landsat* permite o estudo de diversas regiões somente com o auxílio do sensoriamento remoto sem a necessidade de possuir sensores de temperatura em superfície. As imagens do *Landsat* 5 e 8 (bandas 6 e 10 – canal termal infravermelho – resoluções espaciais de 120 e 100 metros, respectivamente) tem se tornado uma importante ferramenta no estudo da variação térmica no ambiente urbano (FIALHO, 2012).

Existem diversos estudos em áreas urbanas com ICU (e.g., MONTEIRO *et al*., 2021; GONCALVES *et al*., 2018, GAMARRA; CORRÊA; TARGINO, 2014). Monteiro *et al.* (2021), por exemplo, utilizaram imagens de satélite e encontraram valores com diferenças substanciais entre o efeito ICU medidos nos períodos diurnos e noturnos. A intensidade de ICU medida no estudo de Gonçalves *et al.* (2018) seguiu as tendências gerais apresentadas em estudos semelhantes, apresentando um maior efeito de ICU em áreas mais densamente urbanizadas. Enquanto o efeito de IFU apresentou maiores valores em espaços verdes. Gamarra; Corrêa; Targino (2014) utilizaram o sensor MODIS na caracterização da ICU na cidade de Londrina. Embora existam diversos estudos de ICU, inclusive no Brasil e Curitiba (e.g., KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S.; SOUZA,

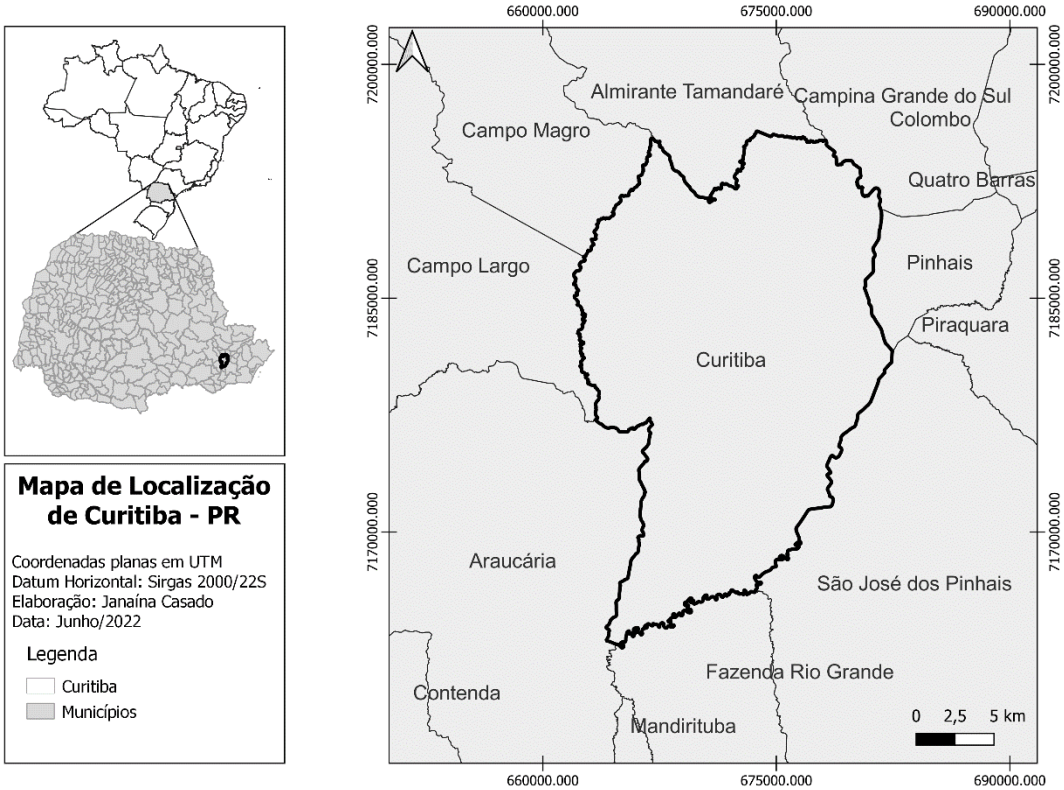
2018), ainda são poucos os estudos que também analisaram as IFU relacionadas as mudanças do uso e ocupação do solo em Curitiba. Nos últimos trinta anos o aumento da área urbana foi visível, ocorreu até a supressão de plantações de soja e de outras lavouras.

Dessa forma, o presente trabalho analisa por sensoriamento remoto as ICU e IFU e sua relação com os padrões da paisagem urbana no Município de Curitiba e suas mudanças ao longo dos últimos 30 anos, durante a estação do inverno dos anos de 1989 e 2019.

2 METODOLOGIA

A capital do estado do Paraná, Curitiba, está localizada nas coordenadas 25° 25' 47" S 49° 16' 19" O (Figura 1), ocupando uma área de aproximadamente 435 km^2, possuindo uma população estimada de 1.751.907 pessoas (IBGE, 2021).

Figura 01 - Mapa de localização do Município de Curitiba – PR



Após a escolha da área, utilizou-se os dados obtidos pelo satélite *Landsat 5 e 8,* processados no Software Qgis (versão 3.20.3-Odense) com o sensor

Thermal Infrared Sensor (TIRS), identificados pela órbita/ponto 220/078 em dois anos diferentes no período do inverno (22/09/1989 as 12:37:04 e 23/07/2019 as 13:11:19). Para a estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) foi utilizada a banda 6, para o *Landsat 5* e banda 10 para o *Landsat 8*, a qual foi convertida para temperatura de brilho (USGS, 2021).

Para a avaliação da cobertura do solo foi utilizada a classificação feita pelo Projeto Mapbiomas (2021), referentes aos anos de 1989 e 2019, limite da área urbana do Município de Curitiba vetorizado a partir da imagem de satélite.

Os valores de emissividade (*e*) foram gerados a partir do mapa de cobertura do solo, por meio da reclassificação, aplicando a cada classe os valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes e seus valores de emissividade (*e*).

Superfície Terrestre	**Emissividade (*e*)**
Formação florestal	0,98
Floresta plantada	0,98
Pastagem	0,97
Mosaico de agricultura	0,97
Urbano	0,94
Outras áreas não vegetadas	0,93
Rios, lagos e oceano	0,98
Soja	0,97
Outras lavouras	0,97

Fonte: Lorenzetti (2015)

Os dados da temperatura de brilho e emissividade foram utilizados para o cálculo da temperatura de superfície em Kelvin, pela Equação 1.

$$T = \frac{T_b}{1+\left(\frac{\lambda * T_b}{c_2}\right) * ln(e)} \quad (1)$$

Onde:

T = temperatura de superfície (em Kelvin);

T_b = temperatura de brilho;

λ = comprimento de onda do brilho emitido (para a banda 6 do *Landsat 5* corresponde a 14,5 µm; para a banda 10 do *Landsat 8* corresponde a 10,8 µm);

c_2 = 1488 µm K (constante de Planck multiplicada pela razão entre a velocidade da luz e a constante de Bolzmann);

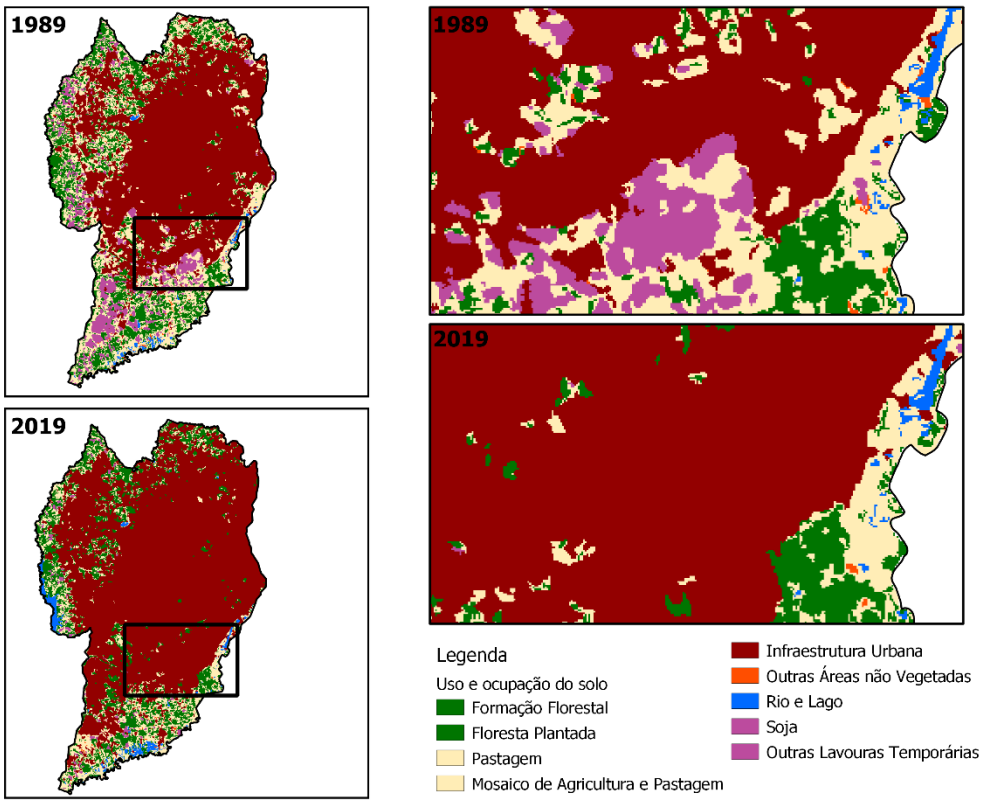
e = é a emissividade.

Após a transformação da emissividade em temperatura de superfície terrestre, esses valores foram convertidos em graus Celsius.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se um aumento considerável na área urbanizada do município de Curitiba ao comparar os anos de 1989 e 2019 (Figura 2), classificada como outras áreas não vegetadas (Mapbiomas, 2021).

Figura 02 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Curitiba para os anos de 1989 (à esquerda) e 2019 (à direita).



A Figura 3 representa a variação de temperatura de superficie. Observa-se que na área mais urbanizada (área em vermelho na Figura 2) ocorreu a presença do efeito ilha de calor urbano, apresentando as temperaturas mais elevadas que as regiões onde há a presença de outros tipos de uso do solo.

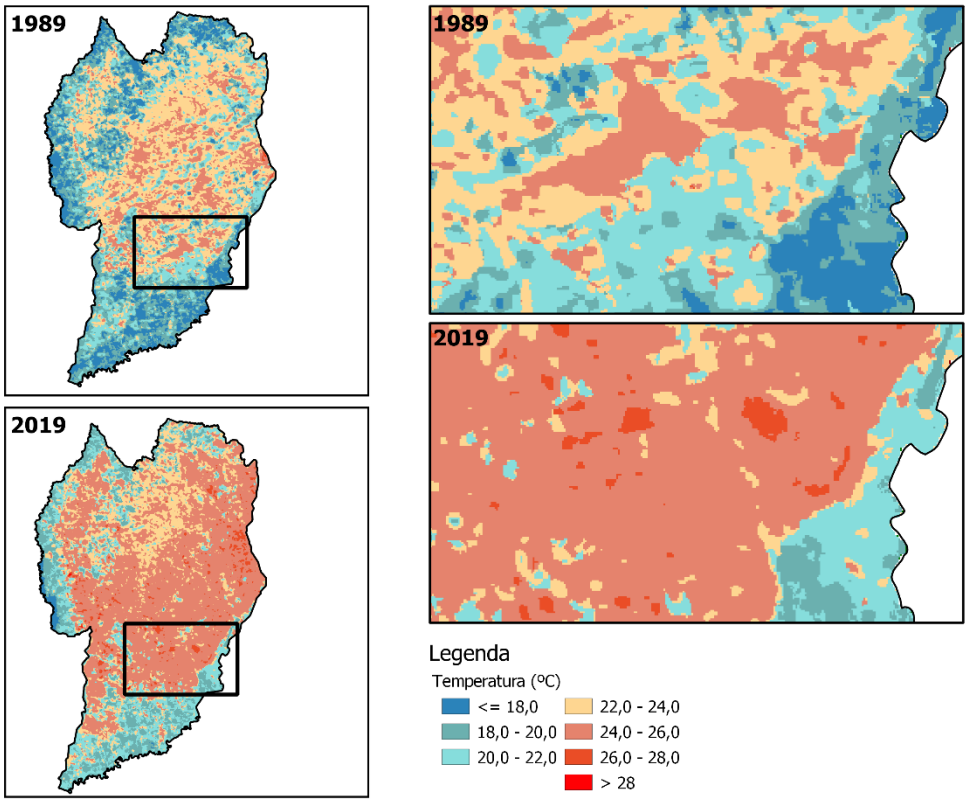
Ademais, também é possível observar que o ano de 2019 apresentou um inverno atípico e diferenciado em relação a 1989, apresentando temperaturas muito baixas no início do inverno, com posterior aumento significativo da temperatura no final do inverno, desse mesmo ano (32,9°C, no dia 13 de

setembro). Sendo assim, o dia mais quente do inverno de 2019 (UOL, 2019).

Observa-se também a presença de ilhas de frio em ambos os anos, porém com padrões diferenciados em razão, provavelmente, das mudanças do uso solo ocorridas nos últimos 30 anos. Por exemplo, na área do zoom no ano de 2019, o local tem uma área verde de IFU (tons azuis e temperaturas menores da ordem de 2 a 3ºC em relação ao entorno) e que influenciou diretamente na temperatura da região.

O processo de urbanização e as implicações na temperatura (Figuras 2 e 3) ocorrido no município é evidente. É importante destacar que as IFU estão associadas, em geral, as áreas verdes da cidade. O uso de sistemas ambientais como parques são fundamentais para a qualidade do espaço urbano em vários aspectos (conforto térmico, drenagem, recreação, etc) e devem ser considerados no planejamento urbano como soluções aos problemas decorrentes da urbanização.

Figura 3 - Mapa de temperatura de superfície do Município de Curitiba para os anos de 1989 (à esquerda) e 2019 (à direita).



4 CONCLUSÕES

Os resultados indicaram, através do tratamento de imagem do satélite *Landsat* 5 e 8 no canal termal, que o município de Curitiba possui diversas áreas verdes dentro da área urbana que gerou pequenas ilhas de frio em relação ao entorno, onde não havia presença de áreas verdes. Nas áreas mais urbanizadas foi possível observar, em todos os anos analisados, ilhas de calor formadas pela alta concentração de casas, prédios, amenidades, entre outras construções. O padrão de uso do solo e, consequentemente, das IFU e ICU mudaram ao longo dos 30 anos com redução das áreas não urbanizadas do município em 1989 comparada a 2019.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 436466/2018-0 e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES), código de financiamento 001, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

BEAUDOIN, Mélanie; GOSSELIN, Pierre. An effective public health program to reduce urban heat islands in Québec, Canada Special report Suggested citation. **Rev Panam Salud Publica Pan American Journal of Public Health**, *[S. l.]*, v. 40, n. 3, p. 160–166, 2016. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006421098&partnerID=40&md5=67c02fdbc2053a25a2fbb8f218d41e59

Coleções Mapbiomas. . *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

COLUNGA, María L. *et al.* The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Querétaro city, Mexico. **Atmosfera**, *[S. l.]*, v. 28, n. 3, p. 205–218, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.05

EFFECT, The Urban Heat Island (UHI). **The Urban Heat Island (UHI) Effect**. *[s. l.]*, 2019. Disponível em: https://www.urbanheatislands.com/.

FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, *[S. l.]*, p. 61–76, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.5654/actageo2012.0002.0004

FREITAS, Edmilson D. *et al.* Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of São Paulo, Brazil. **Boundary-Layer Meteorology**, *[S. l.]*, v. 122, n. 1, p. 43–65, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10546-006-9091-3

GAMARRA, Nancy Laura Rios; CORRÊA, Marcelo de Paula; TARGINO, Admir Créso de Lima. UtilizaÇÃo de sensoriamento remoto em anÁlises de albedo e temperatura de superfÍcie em londrina – pr: ContribuiÇÕes para estudos de ilha de calor urbana. **Revista Brasileira de Meteorologia**, *[S. l.]*, v. 29, n. 4, p. 537–550, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-778620130671

GONÇALVES, Artur *et al.* Urban cold and Heat Island in the City of Bragança (Portugal). **Climate**, *[S. l.]*, v. 6, n. 3, p. 1–14, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/cli6030070

IBGE. **Curitiba**. *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S.; SOUZA, H. .. Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. *[S. l.]*, p. 135–148, 2018.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. Blucher, 2015.

MILOJEVIC, Ai *et al.* Methods to estimate acclimatization to urban heat island effects on heat-and cold-related mortality. **Environmental Health Perspectives**, *[S. l.]*, v. 124, n. 7, p. 1016–1022, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1289/ehp.1510109

MONTEIRO, Felipe Ferreira *et al.* Assessment of Urban Heat Islands in Brazil based on MODIS remote sensing data. **Urban Climate**, *[S. l.]*, v. 35, n. November 2020, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100726

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment (1967)**, *[S. l.]*, v. 7, n. 8, p. 769–779, 1973. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6

QGIS Development Team, 2021. **QGIS Geographic Information** System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org

SOBRAL, Helena Ribeiro. Heat island in São Paulo, Brazil: Effects on health. **Critical Public Health**, *[S. l.]*, v. 15, n. 2, p. 147–156, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09581590500151756

UNIDAS, Organização das Nações. **ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050**. *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701.

UOL. **Curitiba tem o dia mais quente do inverno. Veja quanto os termômetros marcaram**. *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: https://tribunapr.uol.com.br/noticias/curitiba-regiao/simepar-registra-dia-mais-quente-do-inverno-em-curitiba-veja-quanto-foi/. Acesso em: 20 maio. 2021.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Global Visualization Viewer - Glovis**. *[s. l.]*, *[s. d.]*. Disponível em: https://glovis.usgs.gov/. Acesso em: 28 abr. 2021.