

**Varição Espaço-temporal por Índices *Built-up* e NDBI dos municípios de Maringá e Sarandi/PR: comparação entre os anos de 2013 - 2020**

**Diogo Yukio Uema**

Doutorando em Geografia; especialista em Geoprocessamento, UEM, Brasil.  
[contato.diogoyukio@gmail.com](mailto:contato.diogoyukio@gmail.com)

**Renan Valério Eduvirgem**

Doutorando em Geografia; especialista em Arqueologia, UEM, Brasil.  
[georenanvalerio@gmail.com](mailto:georenanvalerio@gmail.com)

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo utilizar os índices *Normalized Difference Built-up Land Index* e *Built-up Index* para avaliar o adensamento dos perímetros urbanos dos municípios de Maringá e Sarandi, Paraná. Para, desse modo, identificar se houve diferenças espaciais nas áreas construídas. Os procedimentos metodológicos pautaram-se na análise espacial dos perímetros urbanos, geração de cada índice, interação entre índice e ambiente. Nos resultados e discussões são abordados os valores obtidos pelos índices e pontuados as localidades com maiores e menores valores, sendo denotadas as possíveis causas, bem como a relação com a literatura. Concluiu-se que Maringá e Sarandi, Paraná, possuem adensamento urbano em estágio avançado de consolidação urbana, na perspectiva de impermeabilização do solo, uma vez que os índices trabalhados não mensuram densidades verticais, mas sim horizontais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice de Vegetação. Impermeabilização do solo. Área construída.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população urbana no mundo torna-se cada vez mais evidente, à medida que os aglomerados urbanos se expandem e se intensificam. A estimativa para metade do século XXI é que mais de 67% da população mundial habite o ambiente urbano (UNITED NATIONS, 2018).

No Brasil, em 2010 (ano do último censo demográfico), a população urbana correspondia a mais de 80% em relação à população absoluta (IBGE, 2010). Este crescimento pode promover o aumento das áreas de conurbação, sendo propícia a avaliação destas áreas.

Avaliar o crescimento das áreas construídas no ambiente urbano faz-se essencial para compreender a evolução temporal, possibilitando os resultados servirem para a gestão e tomadas de decisões, assim, gerando a possibilidade de inserir implementos que promovam a sustentabilidade ambiental, por exemplo.

Um dos índices que permitem avaliar o aumento de construções urbanas é o *Normalized Difference Built-up Land Index* (NDBI). Esse índice apresenta sensibilidade espectral no ambiente urbano, podendo apresentar diferentes valores (SEKERTEKIN; MARANGOZ, 2017).

O NDBI foi desenvolvido por Zha, Gao e Ni (2003), em que se enfatizou a capacidade de mapear áreas construídas com um nível de precisão de 92,6%. Os autores salientaram que este índice apresenta qualidade superior à classificação supervisionada.

Sekertekin e Marangoz (2017) utilizaram cenas do satélite Landsat 8 para testar índices que mensuram o ambiente construído. No trabalho, os autores denotaram bom resultado para as imagens deste satélite, sendo notório o ótimo resultado do NDBI.

Bacic (2018) utilizou o NDBI como ferramenta para promover a análise da expansão das áreas construídas das rodovias que interceptam o Rodoanel Mario Covas (SP-21). No estudo, a autora ressalta que as áreas construídas podem ser confundidas com solo exposto, assim, tendo o pesquisador que utilizar o NDBI, pela responsabilidade de promover essa diferenciação da assinatura espectral.

Ainda nesse tocante, Souza e Ferreira Júnior (2012) também identificaram valores semelhantes para áreas construídas e zona rural. Por tal fato, os autores afirmaram que o NDBI não é efetivo na comparação de construções urbanas e rurais.

Nessa perspectiva, fica evidente que o NDBI é um importante índice de construção, todavia, com efetividade nos resultados em análises que considerem somente o perímetro urbano, ou mesmo fragmentos do espaço urbano. Ainda que, neste recorte espacial, os pesquisadores devem analisar com cautela, haja vista que no ambiente urbano pode haver terrenos (lotes) com solo exposto.

Em estudo realizado em Penápolis, São Paulo, por Moreira e Amorim (2016) utilizando o NDBI (com cenas do satélite Landsat 8), identificou-se que áreas densamente construídas, coberturas metálicas e solos expostos, apresentaram valores positivos do índice, próximos de +1.

Em contrapartida ao estudo realizado no parágrafo anterior, Oliveira, Candeias e Tavares Júnior (2019), em análise do aeroporto internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freire, encontraram valor inferior, sendo o máximo 0,37. Assim, expressando a diferenciação de áreas construídas em maior ou menor intensidade, sendo o NDBI capaz de promover essa diferenciação.

Gomes et al. (2018) utilizaram o NDBI para analisar o processo de expansão urbana em Parnaíba, Piauí. O índice permitiu aos autores identificarem amplo crescimento da malha urbana nos 18 anos analisados (2000-2018). Os valores máximos encontrados foram 0.061 (2000) e 0.188 (2018), assim, revelando diferença de 67,5% entre as duas cenas *Landsat* analisadas.

Utilizando o NDBI, Leite (2018) promoveu análise de 20 anos entre os municípios de Teresina (Piauí) e Timon (Maranhão), contemplando área conurbada. Foram identificados os valores máximos 0,28 a 0,42, sendo 0,32 a moda (do conjunto de dados) da série temporal elencada. Desse modo, apresentando baixa intensificação nas construções entre 1997 e 2017.

Para corrigir o problema denotado como solo exposto e outros ruídos, Zha et al. (2003) propuseram o *Built-up index* (BU), permitindo diferenciar as áreas impermeáveis e permeáveis. Esse índice foi utilizado e aprovado com sucesso pelos autores He et al. (2010), Sakuno et al. (2017), Martins, Morato e Kawakubo (2018), Rezende e Rosa (2019).

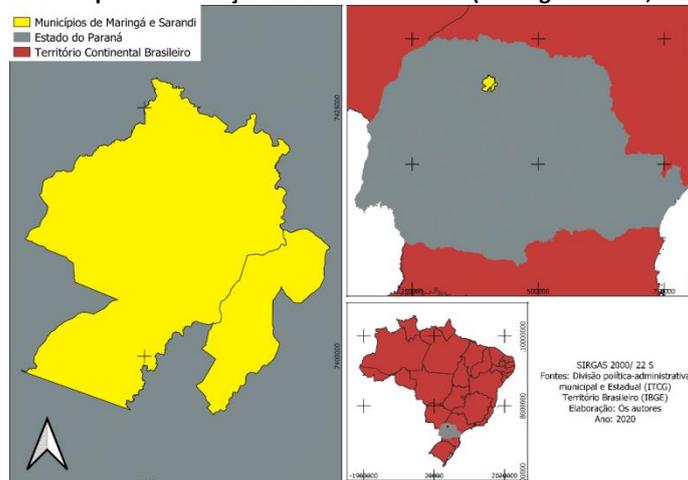
O objetivo deste trabalho consiste em utilizar os índices NDBI e BU para avaliar os perímetros urbanos de Maringá e Sarandi, Paraná. Para, desse modo, identificar se houve diferença espacial das áreas construídas.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 Localização e descrição da área de estudo

De acordo com os dados do IBGE cidades (2020), os municípios de Maringá e Sarandi, Paraná, possuem 423.666 e 96.688 pessoas em 2019 (estimativa), respectivamente. A área de estudo corresponde ao quadrante destacado na Figura 01, que se refere à localidade de conurbação entre as cidades.

Figura 1: Mapa de localização da área conturbada (Maringá-Sarandi, Paraná)



## 2.2 Aquisição de imagens de satélite e processamento das cenas

As imagens foram adquiridas no repositório da *United States Geological Survey*. As cenas são do satélite *Landsat 8*, sensor OLI com órbita/ponto 222/76, referente às datas 01/05/2013 e 04/05/2020. As cenas foram disponibilizadas em reflectância de superfície.

O cálculo para gerar o *Normalized Difference Built-up Land Index* (NDBI) pode ser observado na equação 01.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad \text{Eq. 01}$$

Em que:

NDBI representa o índice espectral urbano que permite identificar as áreas com maior adensamento de construções (Índice de construção);

NIR corresponde a banda 5 do *Landsat 8* (reflectância da banda do Infravermelho próximo);

SWIR corresponde a banda 6 do *Landsat 8* (reflectância da banda do Infravermelho médio).

Para melhorar o NDBI, Zha et al. (2003) sugeriram o *Built-up index* (BU) com a finalidade de separar áreas impermeáveis e permeáveis. Este índice utiliza a subtração dos índices NDBI e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) elevados ao quadrado. O NDVI pode ser observado na equação 02 e o BU na equação 03.

Ressalta-se que o NDVI foi proposto por Rouse et al. (1973) para destacar a vegetação, assim, quanto mais próximo de +1, maior a densidade de vegetação e, valores de 0 a -1 destacam solo exposto, lâmina d'água e áreas construídas.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{Eq. 02}$$

Em que:

NDVI é o índice de vegetação;

NIR é a reflectância da banda do Infravermelho próximo;

RED é a reflectância na banda vermelha (Banda 4).

$$BU = NDBI^2 - NDVI^2 \quad \text{Eq. 03}$$

As bandas 4, 5 e 6 possuem resolução espacial de 30 m. Com relação ao comprimento de ondas, as mesmas se diferenciam, uma vez que a banda 4 confere a 0,63-0,67  $\mu\text{m}$ , a banda 5 capta entre 0,85-0,88  $\mu\text{m}$  e a banda 6 entre 1,57-1,65  $\mu\text{m}$ .

O processamento das imagens foi realizado no programa *Qgis* versão 3.12.3, utilizando a calculadora *raster*.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões serão separados em três itens para melhor o entendimento do trabalho. Primeiramente, serão descritos os resultados de NDVI, utilizados para identificação do estado da vegetação, necessários para finalização do método de *Built-Up*, posteriormente os NDBI dos anos de 2020 e 2013, além de um mapa de subtração de ambos para análise do aumento das concentrações de áreas construídas e, finalmente, os resultados do método *Built-*

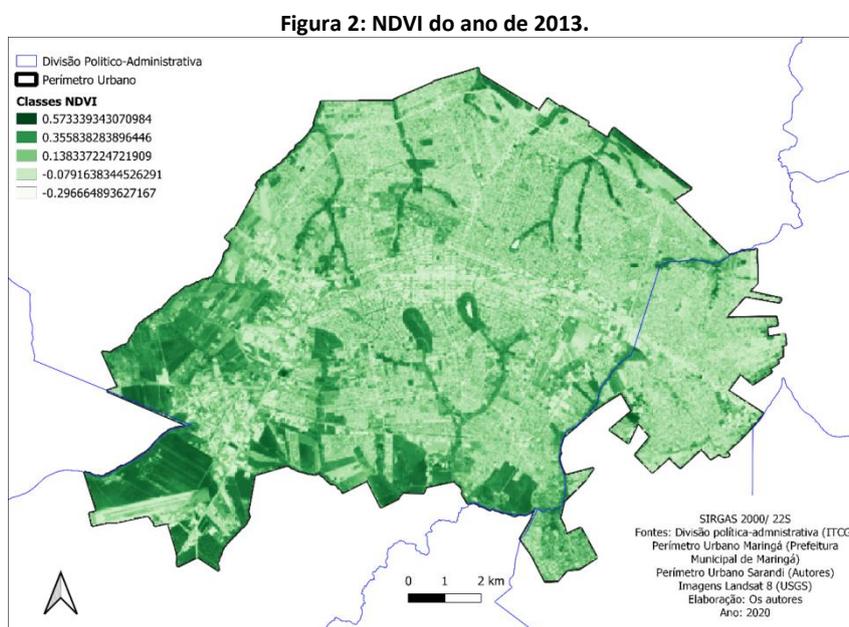
Up dos anos de 2013 e 2020 e também um mapa de subtração para análise de permeabilidade e impermeabilidade.

### 3.1 NDVI

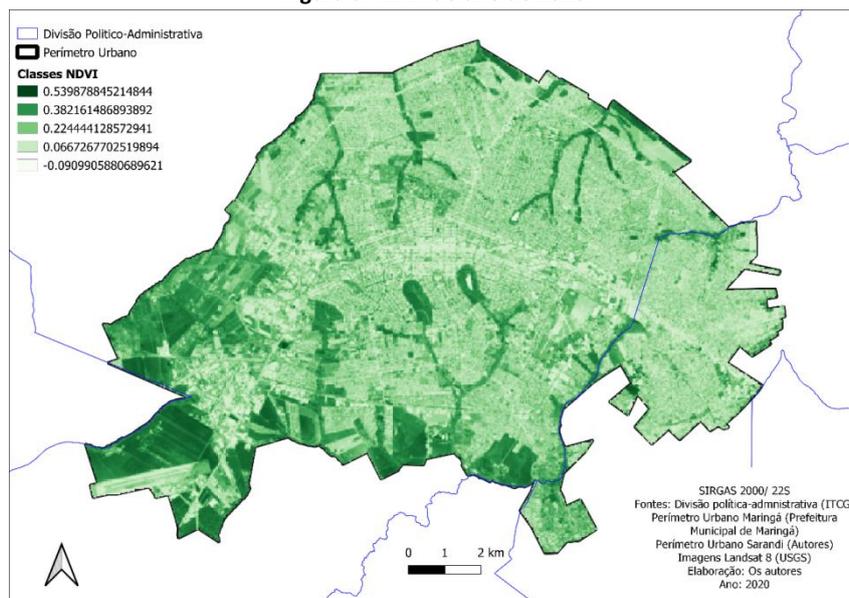
Considerando os mapas a seguir (figuras 2 e 3), é possível identificar diminuição suave na classe intermediária entre os mapas, sendo que, no ano de 2020, os níveis de NDVI se mostraram mais fracos, o que mostra uma possível diminuição sutil da vegetação na área estudada em torno de 5,97%.

Lembra-se que o método NDVI foi realizado a fim de complementar o método *Built-Up*, já que o NDVI não tem como objetivo identificar áreas urbanas e conurbadas.

Com destaque em verde escuro, nota-se que a classe onde existe maior adensamento de vegetação se encontra nas Áreas de Preservação Permanente (APP) dos córregos de primeira e segunda ordem espalhados pela cidade, além das áreas verdes como o Parque do Ingá e o Bosque dois, no centro de Maringá.



**Figura 3: NDVI do ano de 2020**



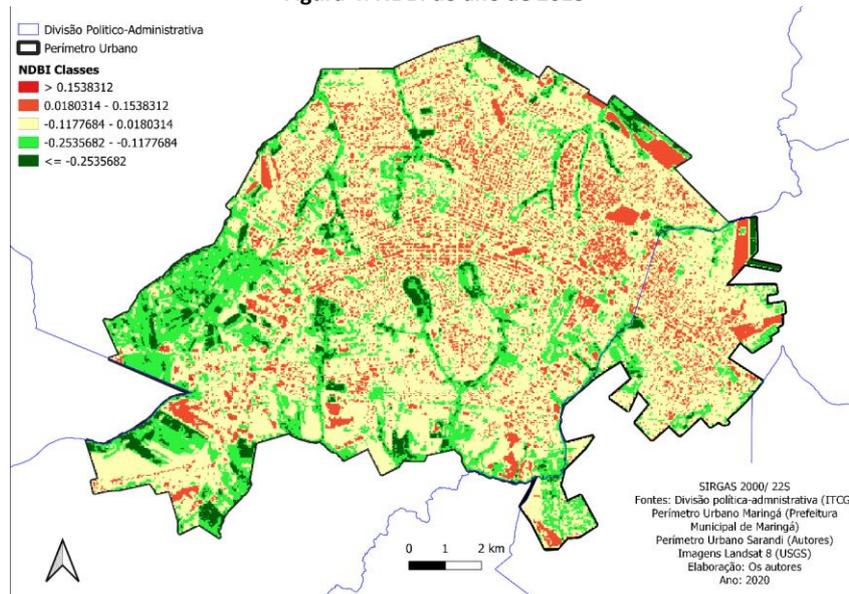
Valores semelhantes de NDVI, em Maringá, foram entrados por Quesada et al. (2017) em vegetação ripária, por Eduvirgem e Ferreira (2018) na zona urbana. Estes valores para o perímetro urbano podem ser recorrentes em outros municípios, como determinado por Toffolli, Rodrigues Junior e Ferreira (2019) em Campo Mourão/PR, Gomes et al. (2019) em Crato/CE.

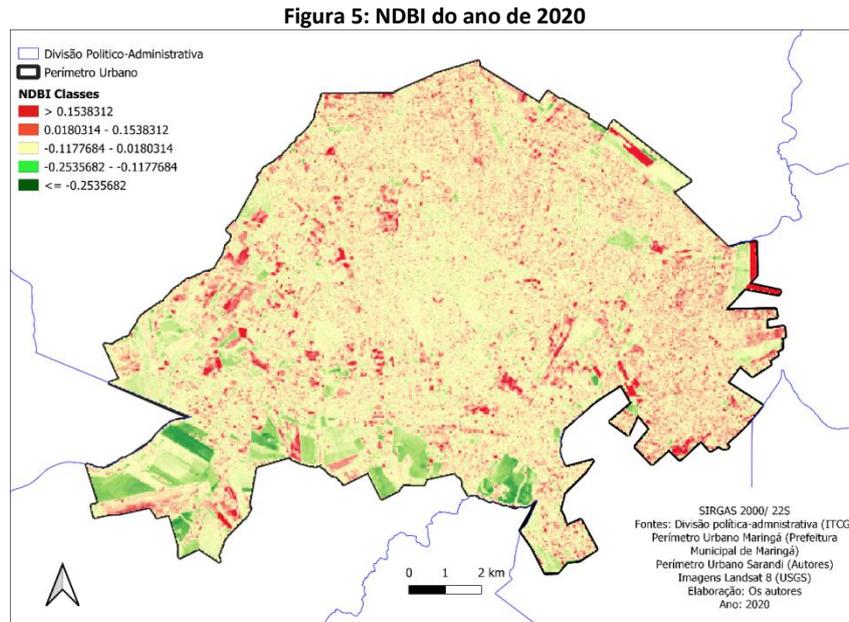
### 3.2 NDBI

Os índices NDBI apresentaram o que era esperado pelos autores, um adensamento na parte centro oeste do mapa, na conturbação Maringá – Sarandi.

Nota-se grande diferença entre as classes de valores negativos entre um mapa e outro, isso pode ser devido a diversos motivos: urbanização acentuada, aumento da pavimentação na cidade e a semelhança entre as reflectâncias de solo exposto e área urbana, já citados anteriormente (figuras 4 e 5).

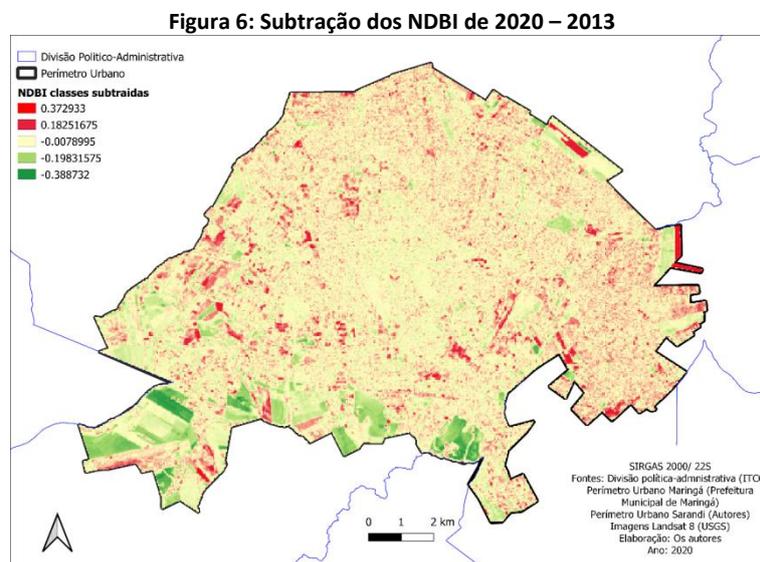
**Figura 4: NDBI do ano de 2013**





No mapa de diferença entre os NDBI de 2013 – 2020, nota-se que as áreas em vermelho são as mais urbanizadas nesses 7 anos, enfatizando tanto a parte centro-leste quanto a parte centro-oeste do mapa, sendo a primeira a área da conurbação.

A área menos afetada pela urbanização, segundo este índice, é a parte sul dos municípios, onde as áreas rurais ainda se mantêm com o passar dos anos, bem como a zona 45 à sudoeste que faz limite entre propriedades rurais e empresas de grãos as margens de rodovias, todavia, tais áreas estão enquadradas na zona urbana.



O valor máximo de NDBI para ambos os anos foi 0,153. Valores próximos foram determinados por Malik, Shukla e Mishra (2019) em Kandaihimmat, Índia; Leite et al. (2019) em Teresina, Piauí (BR). Todavia, os valores podem ser superiores caso a urbanização apresente adensamento superior ao de Maringá e Sarandi, como denotado por Benício (2018) em Recife e Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, em que o autor identificou valores máximos entre 0,243 a 0,554.

Santos, Leite e Leda (2017) também expressaram o aumento da expansão urbana de Bebedouro/SP por análise espacial – utilizando NDBI, todavia denotaram que o crescimento foi

inferior quando comparado a grandes cidades. Maringá e Sarandi apresentaram característica similar porque, para o período analisado, identificou-se sutis alterações, indicando urbanização com processo de consolidação avançada, na perspectiva de impermeabilização do solo.

### 3.3 BUILT-UP

O método *Built-Up* tem como objetivo identificar áreas permeáveis (predominantemente rurais ou com vegetação) e áreas impermeáveis (pavimentação e urbanizadas).

Entre os mapas de 2013 e 2020 (figuras 7 e 8), pouco se nota a diferença de permeabilidade na escala adotada, porém, quando mais detalhada, encontram-se pontos de atenção.

Para maior facilidade de visualização e, conseqüentemente, análise, foi elaborado um mapa subtraindo ambos os *Built-Up* (figura 9).

Figura 7: *Built-up* do ano de 2013

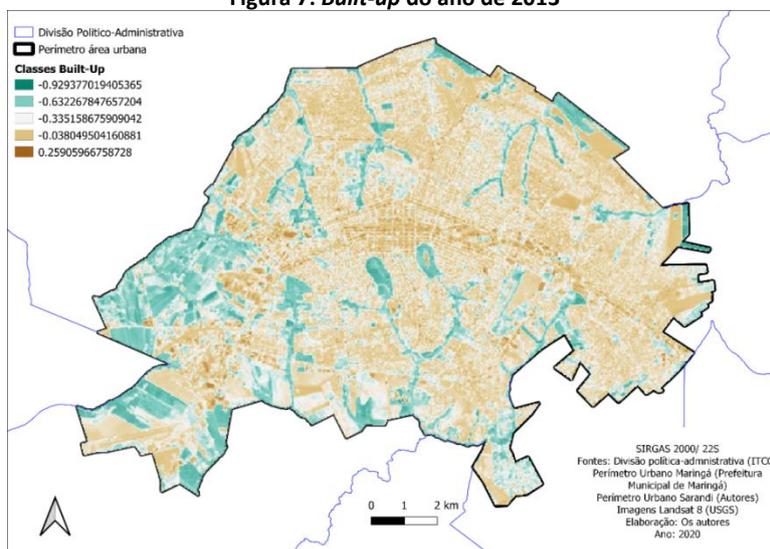
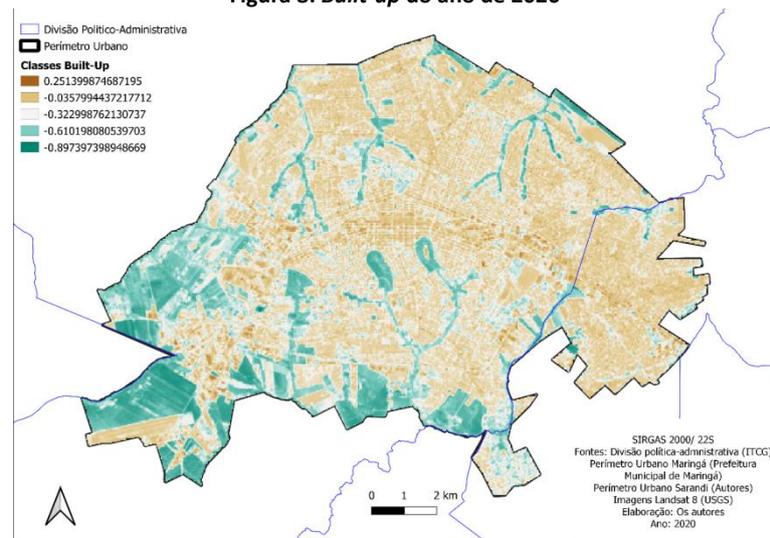


Figura 8: *Built-up* do ano de 2020

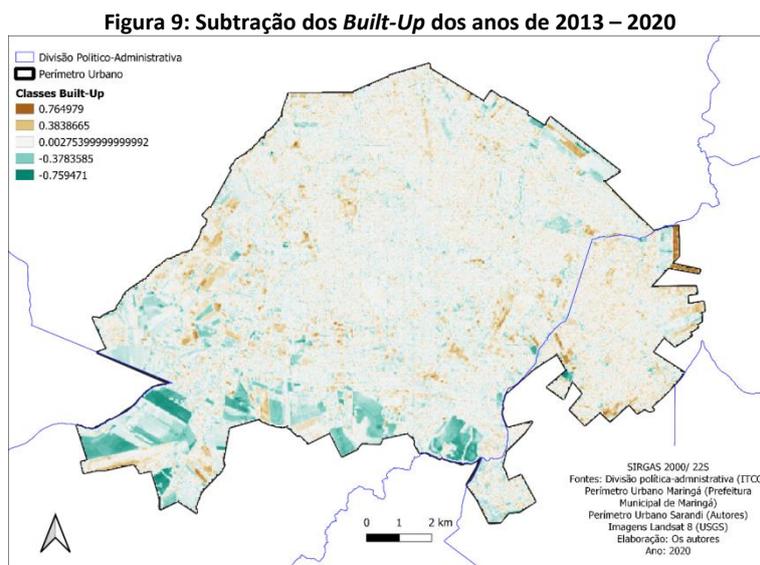


No mapa a seguir, quanto maior a classe, mais impermeável a área se tornou nesses 7 anos, ou seja, as classes amarronzadas.

Assim como o índice NDBI, nota-se que, nas partes centro-leste e centro-oeste do mapa, encontram-se as maiores classes, sendo, respectivamente, os novos bairros industriais de Maringá e a conturbação estudada.

As áreas em verde representam locais onde não houve grande diferença de permeabilidade, ou seja, em teoria, o solo continua permeável, existe pouco escoamento superficial e conseqüentemente erosão.

Na figura 09, observa-se que a nordeste do município de Sarandi, foi determinada a maior intensificação de impermeabilização solo, uma vez que essa área consiste na expansão urbana de Sarandi.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados, notam-se os adensamentos das classes mais altas de NDBI em certos pontos dos municípios analisados, principalmente em comparação dos anos, quando 2020 possui áreas construídas de maior proporção que 2013, evidenciando o crescimento das cidades.

Embora os índices não apresentem 100% de eficácia, uma vez que o NDBI considera parte de solo exposto como alto valor, confundindo-se com área construída, é comprovado que, ainda assim, é considerado o melhor índice para identificar área urbana, não só por este trabalho, mas também pela literatura. Para simplificar a análise e evidenciar mais as áreas de solo exposto, foi realizado o método *Built-up* que foi comparado com os mapas de NDBI. O método *Built-up* se mostrou eficiente no objetivo para que foi elaborado, que consiste em identificar áreas permeáveis e impermeáveis.

Foi possível identificar a importância e limitações de cada índice abordado. Como apresentado na literatura, o NDBI não diferencia solo exposto de superfície construída. No entanto, o NDVI supre essa insuficiência; por sua vez, o *Built-up* apresentou potencial superior nos resultados. Não obstante, salienta-se que para uma abordagem segura o pesquisador pode utilizar os três, uma vez que um índice supre a limitação do outro, permitindo identificar com maior precisão as áreas construídas, além de promover a mensuração.

Atenta-se que, quando um índice é gerado para duas imagens diferentes, os valores máximos e mínimos são distintos, conduzindo os valores para cores que se diferenciam. Por fim, as classes de cores entre os mapas devem ser de total atenção para o pesquisador; classes distintas em diferentes mapas podem causar interpretações erradas, o que pode ser prejudicial ao trabalho.

Atenta-se, ainda, que Maringá possui problemas de planejamento ambiental e urbano quando se trata de escoamento superficial na área urbana. Isto porque a cidade foi planejada para despejar seus escoamentos provenientes de chuvas nos cursos de água de primeira ordem, que estão espalhadas na cidade, isso ocasiona problemas ambientais como processos erosivos, derrubada de árvores e outros tipos de vegetação. Esses fatos infelizmente não são do senso comum da população, já que estão dentro das APP's e outras áreas, onde dificilmente há visitação; cujos índices obtiveram êxito nessas áreas.

Principalmente, considerando o fato do parágrafo anterior, os métodos aqui utilizados são de fundamental importância para estudos de planejamento e zoneamento.

Ressalta-se que os resultados gerados neste trabalho podem auxiliar tanto na gestão pública, como em pesquisas de gabinete antes de saída a campo para analisar áreas com alterações ambientais.

Sugere-se que novos estudos sejam realizados com o objetivo de analisar a expansão urbana, e, ainda, que a diminuição da vegetação seja estudada em escala com maior detalhe. Tal abordagem é válida, uma vez que essa temática está relacionada à qualidade socioambiental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação CAPES pelas bolsas de doutorado que permitiram realizar esse estudo. Agradecemos também ao PGE-UEM por todo apoio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACIC, B. L. J. **Análise da mancha urbana a partir de séries temporais de imagens Landsat**: estudo de caso nos municípios do trecho oeste do Rodoanel Mário Covas. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BENÍCIO, P. C. D. **Análise de dados Aster e Topodata usando índices físicos**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

EDUVIRGEM, R. V.; FERREIRA, M. E. M. C. *Achatina fulica* na zona urbana de Maringá-PR: na perspectiva da análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 07, p. 2391-2411, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.07.p2391-2411>. Acesso em: 17 jun. 2020.

GOMES, D. S.; FARIAS, A. A. M.; TEIXEIRA, G. A.; CARDOSO, L. S. Análise multitemporal do processo de expansão urbana do município de Parnaíba, Piauí, no período de 2000 e 2018. In: I Simpósio Regional de Geoprocessamento, 2018, Teresina. **Anais [...]**. Teresina: IFPI, 2018.

GOMES, J. F.; LUNA, V. F.; SILVA, C. C. J.; SILVA, J. M. O. Evolução das diferenças térmicas de temperatura da superfície da zona urbana do município do Crato/CE (1984-2011). **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 2, p. 993-1005, 2019. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/569/451>. Acesso em: 17 jun. 2020.

HE, C.; SHI, P.; XIE, D.; ZHAO, Y. Improving the normalized difference Builtup index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. **Remote Sensing Letters**, v. 1, n. 4, p. 213-221, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Brasília: IBGE, 2010.

LEITE, A. C. S. **Análise térmica temporal e influência urbana utilizando índices espectrais e parâmetros biofísicos por sensoriamento remoto**. 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

LEITE, A. C. S.; OLIVEIRA, L. M. M.; SILVA, B. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; BEZERRA, U. A. Mudança Espaço Temporal do Uso e Cobertura do Solo e Estimativa da Temperatura da Superfície no Município de Teresina – Piauí,

Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 3, p. 42-51, 2019.

MALIK, M. S.; SHUKLA, J. P.; MISHRA, S. Relationship of LST, NDBI and NDVI using Landsat-8 data in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, India. **Indian Journal of Geo Marine Sciences**, v. 48, n. 01, p. 25-31, 2019. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/3>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MARTINS, M. H.; MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S. Mapeamento de Superfícies Impermeáveis Utilizando Ortofotos, Imagens de Satélite e Regressão Linear. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 91-101, 2018.

MOREIRA, J. L.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano de Penápolis-SP através da temperatura da superfície e de índices radiométricos. **Geosaberes**, v. 6, número especial (3), p. 190-202, 2016.

OLIVEIRA, C. B. S.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JÚNIOR, J. R. Utilização de índices físicos a partir de imagens OLI – TIRS para o mapeamento de uso e cobertura da terra no entorno do aeroporto internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freire. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 03, p. 1039-1053, 2019.

QUESADA, H. B.; REDONDO, G.; VERNASQUI, L. G.; MAGNONI, P. H. J.; ARANTES, E. J. Análise da vegetação ripária em bacia hidrográfica utilizando Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) no município de Maringá-PR. **Geo UERJ**, v. 31, p. 439-455, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2017.26737>. Acesso em: 17 jun. 2020.

REZENDE, P. S.; ROSA, R. Análise temporal de superfícies impermeáveis em área Urbana através do índice *Built-up* (BU). In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. **Anais [...]**. São Paulo: INPE, p. 328-331, 2019.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, **Proceedings**, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.

SAKUNO, N. R. R.; KAWAKUBO, F. S.; SPALEVIC, V.; MINCATO, R. L. Mapeamento de Superfícies Impermeáveis em Áreas Urbanas Utilizando Imagens Índices Geradas Pelo Sistema Landsat-5 *Thematic Mapper*. **Revista do Departamento de Geografia**, v. Especial, p. 190-198, 2017.

SANTOS, G. R.; LEITE, A. P.; LEDA, V. C. Análise Temporal de Índices Radiométricos no Município de Bebedouro, São Paulo. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 04, p. 64-74, 2017. Disponível em: [http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/issue/view/162/showToc](http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/issue/view/162/showToc). Acesso em: 18 jun. 2020.

SEKERTEKIN, A.; MARANGOZ, A. M. An Erdas Imagine Model To Extract Urban Indices Using Landsat 8 Satellite Imagery. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 6, n. 1, p. 62-67, 2017.

SOUZA, S. B.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA'EGA**, v. 26, p. 75-99, 2012.

TOFFOLLI, T. N.; RODRIGUES JÚNIOR, R.; FERREIRA, J. H. D. Padrão Espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) no Município de Campo Mourão/PR. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 4, p. 182-188, 2019. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13502>. Acesso em: 17 jun. 2020.

UNITED NATIONS. **2018 Revision of World Urbanization Prospects**. United Nations, New York, 2018. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>. Acesso em: 13 jun. 2020.