

AVALIAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO DE GUARAPUAVA-PR, UTILIZANDO ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Data de submissão: 29/07/2023

Data de aceite: 01/09/2023

Paulo Nobukuni

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4440485848408171>

Clayton Luiz da Silva

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3145718166793003>

Renan Valério Eduvirgem

Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4616605941748948>

Diogo Yukio Uema

Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7620546996470016>

Edimar Moreira

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo aplicar os índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI 2 no perímetro urbano de Guarapuava, Paraná, para mensurar os valores que ocorrem em três áreas verdes, servindo esse estudo de ferramenta para os gestores municipais utilizarem a favor do

meio ambiente e conservação dessas áreas. Esse trabalho se justifica pela carência de estudos com a finalidade que foi proposta para a área em estudo, bem como para o ano em questão – 2021. Nos resultados são apresentados os mapas e valores dos índices do perímetro urbano de Guarapuava, e destacou-se também no mapeamento três áreas verdes urbanas, o Parque Municipal das Araucárias, área verde a noroeste e a sudeste. Além da variabilidade espacial foi determinado os valores mínimos, máximos, média, desvio padrão e coeficiente de variação. Nas considerações finais denotou-se que trabalhar com mais de um índice de vegetação foi vantajoso, pois cada índice cumpriu seu papel no perímetro urbano diferenciando as áreas com e sem vegetação, bem como a variação espacial da cobertura vegetal, da menor para a maior. Nos mapas apresentados foi possível visualizar a saturação do NDVI, bem como apresentar brevemente do que se trata essa temática. Determinou-se que os índices NDVI, SAVI e EVI 2 tiveram CV inferior ao SR.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação. Índices de vegetação. Landsat 8.

EVALUATION OF THE URBAN PERIMETER OF GUARAPUAVA-PR, USING VEGETATION INDICES

ABSTRACT: The present work aimed to apply the SR, NDVI, SAVI and EVI 2 vegetation indices in the urban perimeter of Guarapuava, Paraná, to measure the values that occur in three green areas, serving this study as a tool for municipal managers to use in favor of the environment and conservation of these areas. This work is justified by the lack of studies with the purpose that was proposed for the area under study, as well as for the year in question - 2021. The results show the maps and values of the indexes of the urban perimeter of Guarapuava, and highlighted also in the mapping three urban green areas, the Parque Municipal das Araucárias, green area to the northwest and southeast. In addition to spatial variability, minimum and maximum values, mean, standard deviation and coefficient of variation were determined. In the final considerations, it was noted that working with more than one vegetation index was advantageous, as each index fulfilled its role in the urban perimeter by differentiating areas with and without vegetation, as well as the spatial variation of vegetation cover, from the smallest to the largest. In the maps presented, it was possible to visualize the saturation of the NDVI, as well as to briefly present what this theme is about. It was determined that the NDVI, SAVI and EVI 2 indices had a lower CV than the SR.

KEYWORDS: Vegetation. Vegetation indices. Landsat 8.

1 | INTRODUÇÃO

Os índices de vegetação são fundamentais para análise espacial aplicada à degradação florestal, regeneração florestal e no monitoramento da vegetação em Área de Preservação Permanente (APP), bem como em áreas urbanas (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012; MAGALHÃES; CARVALHO JUNIOR; SANTOS, 2017).

Entre os índices presentes na literatura, alguns são utilizados com maior recorrência, tal como o índice Razão Simples - *Simple Ratio* - (SR), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) e o Índice de Vegetação Melhorado 2 (EVI 2).

Trabalhar com índices multiespectrais em áreas urbanas é essencial, pois os valores são registrados e servem de base para a gestão e planejamento territorial. Esses dados e informações geradas também servem de comparativo para estudos subsequentes, trabalhos técnicos, laudos e perícias.

O geógrafo possui habilidades para execução dessa atividade, regulamentada pela lei n. 6.664 de 26 de junho de 1979, que conferiu o reconhecimento legal no território nacional. Para o caso do mapeamento, destaca-se o artigo 3º, que reconhece, na alínea “b”, como competências desse profissional, para o “equacionamento e solução, em escala nacional, regional ou local, de problemas atinentes aos recursos naturais do País”; e na alínea “m”, “no levantamento e mapeamento destinados à solução dos problemas regionais” (BRASIL, 1979).

Desse modo, o geógrafo tem amparo legal para trabalhar com mapeamentos,

utilizando sensoriamento remoto com índices multiespectrais.

2 | OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo de aplicar os índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI 2 no perímetro urbano de Guarapuava, Paraná, para mensurar os valores que ocorrem em três áreas verdes, utilizando cenas de outono e inverno – uma de cada estação –, servindo esse estudo de ferramenta para os gestores municipais, utilizarem a favor do meio ambiente e conservação dessas áreas.

Esse trabalho se justifica pela carência de estudos com a finalidade que foi proposta para a área em estudo, bem como para o ano em questão – 2021.

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Localização e descrição da área

O município de Guarapuava está localizado na região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil (Figura 01). Esse município possui população de 167.328 habitantes – dados do censo demográfico de 2010 –, e estimativa de 183.755 habitantes para 2021 (IBGE, 2022); aumento aproximado de 8,94% em 11 anos.

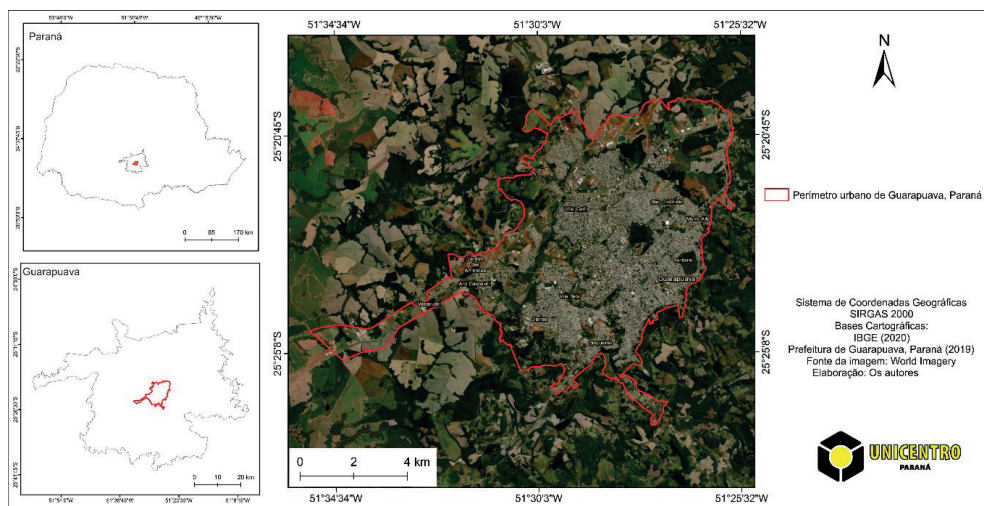


Figura 01. Mapa de localização do perímetro urbano de Guarapuava, Paraná

A vegetação original é composta por Floresta Ombrófila Mista (FOM). Em estudo desenvolvido em áreas de nascentes na zona rural por Lima et al. (2012), foram identificadas as seguintes famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Caprifoliaceae,

Clethraceae, Elaeocarpaceae, Erythroxylaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Laxmanniaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Solanaceae, Styracaceae, Symplocaceae.

Com relação ao clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, a área corresponde ao tipo Cfb - caracterizado por ser mesotérmico, sempre úmido, com verões brandos - com temperaturas médias anuais entre 14°C e 19°C; e precipitação anual entre 1.250 e 2.000 mm.

3.2 Procedimentos de laboratório

Nesse estudo utilizaram-se imagens do satélite Landsat 8 - *Operational Land Imager* (OLI). As cenas foram adquiridas no repositório do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O dado Landsat consiste em imagens multiespectrais para a observação dos objetos presentes na superfície terrestre; tal dado é desenvolvido pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço - NASA.

A resolução espacial para o sensor OLI é de 30 m, com exceção da banda pancromática que é 15 m. A resolução temporal é de 16 dias, e, a radiométrica de 16 *bits*.

Nesse estudo foram utilizadas duas cenas com datas de 23 de maio de 2021 para a estação de outono – órbita/ponto 222/078–, e 26 de julho de 2021 para a estação de inverno – órbita/ponto 222/077–. As imagens passaram por correção atmosférica no programa ENVI 5.3®, sendo utilizado o algoritmo de correção *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes* (FLAASH) (ARIAS; ZAMORA; BOLANOS, 2014). Ressalta-se que se elencaram as estações de outono e inverno, pelo fato de não ocorrer nuvens sobre a área de estudo para o ano analisado.

Os índices de vegetação foram calculados no programa Qgis 3.16.16. As equações abaixo (Eq. 01, 02, 03) foram extraídas do livro escrito por Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012) intitulado “sensoriamento remoto da vegetação”; a equação 04 de Jiang et al. (2008).

O índice Razão Simples (SR) é resultante da equação 01; o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi gerado conforme a equação 02; o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) de acordo com a equação 03; e o Índice de Vegetação Melhorado 2 (EVI 2) com a equação 04.

$$SR = \rho_{NIR} / \rho_{Red} \quad \text{Eq. 01}$$

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad \text{Eq. 02}$$

$$SAVI = [(\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red} + L)] * (1 + L) \quad \text{Eq.03}$$

$$EVI\ 2 = 2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.4 * RED + 1) \quad \text{Eq. 04}$$

Em que:

SR = Razão Simples;

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

SAVI = Índice de Vegetação Ajustado para o Solo;

EVI 2 = Índice de Vegetação Melhorado 2;

ρ_{NIR} = Reflectância na banda do infravermelho próximo;

ρ_{Red} = Reflectância na banda do vermelho;

No que tange ao SAVI, L = é a constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1. Segundo Huete (1988), os valores ótimos de L são: L = 1 para densidades baixas de vegetação, L = 0,5 para densidades médias e L = 0,25 para densidades altas. Nesse estudo, ao analisar espacialmente a área, optou-se pela constante de 0,5.

Foi realizado o cálculo da média aritmética simples utilizando a equação 05, e o desvio padrão com a equação 06.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Eq. 05}$$

Em que:

\bar{X} = representa a média de um conjunto de dados;

X = representa a variável em estudo;

x_i = representa o valor da variável em uma observação específica;

n = representa o número de dados envolvidos no cálculo da média.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{Eq. 06}$$

Em que:

s = desvio padrão da amostra;

\sum = somatório;

x_i = representa o valor da variável em uma observação específica;

\bar{X} = representa a média de um conjunto de dados;

n = representa o número de dados envolvidos no cálculo da média.

Calculou-se também o coeficiente de variação (CV), equação 07. De acordo com Pimentel-Gomes (1985), esse coeficiente apresenta uma noção de precisão do experimento. Souza et al. (2018) denotam que o CV é uma medida de dispersão. Doria filho (1999) descreve que o CV permite comparar dispersões de dados com unidades de medida diferentes.

$$CV = \frac{s}{\bar{X}} * 100 \quad \text{Eq. 07}$$

Em que:

CV = Coeficiente de Variação;
s = desvio padrão da amostra;
 \bar{X} = média da amostra.

Os índices NDVI, SAVI e EVI 2 possuem valores entre -1 e +1, em que quanto mais próximo de +1 maior a densidade de cobertura vegetal; o SR é adimensional. Os *layouts* de todos os mapas foram confeccionados nos programas ArcGIS 10® e CorelDraw X8®. Os cálculos das estatísticas descritivas foram realizados no ArcGIS 10® e Microsoft Excel 365®.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices multiespectrais de vegetação – SR, NDVI, SAVI e EVI 2 – apresentaram valores distintos, nas estações de outono e inverno. Os índices SAVI e EVI 2 expressaram valores máximos iguais 0,69 e 0,76 respectivamente, para as estações analisadas. O índice SR apresentou valor máximo de 31,03 no outono e 28,01 no inverno, o NDVI +1 e 0,93, na devida ordem para as estações (Figuras 02 e 03).

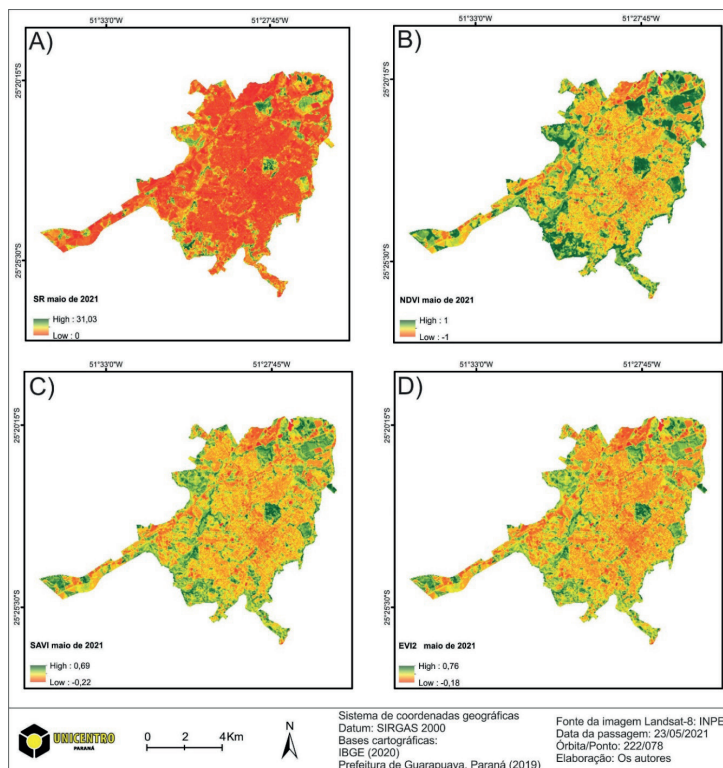


Figura 02. Índices espectrais do mês de maio. A) SR, B) NDVI, C) SAVI, D) EVI 2

A distribuição espacial dos valores dos índices apresentou diferenças, principalmente do SR que é adimensional. Os demais também expressaram diferenças, com maior rigor na intensificação dos valores, uma vez que apresentam variações devido as equações (Figuras 02 e 03). É importante ressaltar que o SR mesmo sendo adimensional, cumpre o papel na identificação da vegetação com maior densidade para as de menor, bem como para alvos que não possuem cobertura vegetal.

O NDVI foi proposto na década de 1970 por Rouse et al. (1973) e, na década seguinte, Sellers (1985) discutiu a saturação desse índice. Tal fato ocorre devido ao fechamento do dossel, havendo retenção da radiação proveniente do solo (MAGALHÃES, 2022); nas figuras 02 e 03 pode-se observar a saturação.

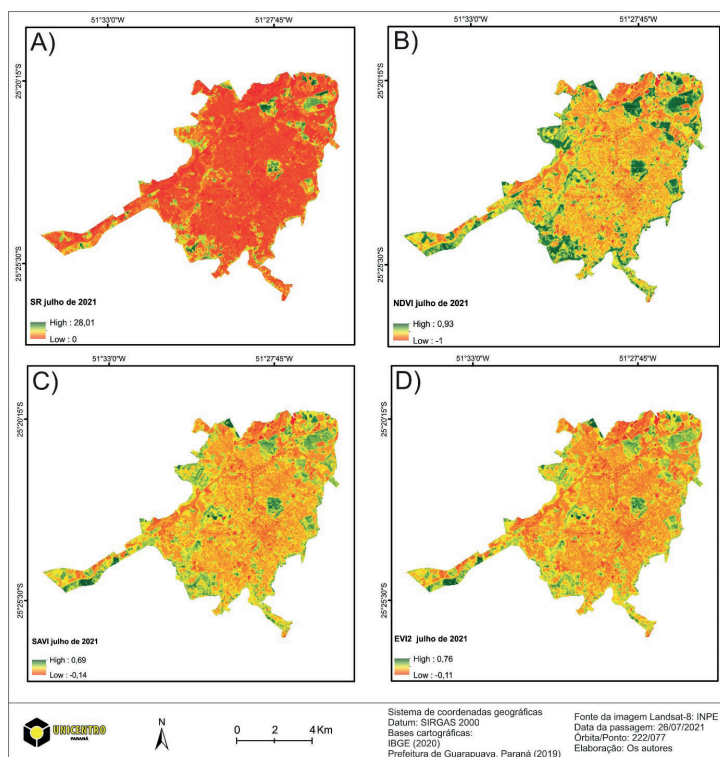


Figura 03. Índices espectrais do mês de julho. A) SR, B) NDVI, C) SAVI, D) EVI 2

Sobre a saturação Zanzarini et al. (2013, p. 610) denotaram: “Uma peculiaridade atribuída ao NDVI é sua rápida saturação que o torna insensível ao aumento da biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento, ou seja, o índice estabiliza em um patamar apresentando um mesmo valor, embora com o aumento da densidade do dossel”.

Eduvirgem et al. (2022) utilizaram o NDVI e o SR em um parque urbano na cidade de Maringá, Paraná, e nos mapas confeccionados pelos autores, nota-se a saturação do

NDVI, e a melhor distinção em algumas áreas do parque pelo SR.

Na figura 04 é possível observar que os índices apresentaram bom desempenho para diferenciar as áreas com maior densidade de cobertura vegetal, em relação ao entorno que é composto por fixos urbanos.

As duas áreas verdes (Figura 04) correspondem ao domínio do exército. A localizada a noroeste apresenta densidade superior de cobertura florestal em relação a localizada a sudeste, que possui ampla cobertura por gramíneas concomitante aos indivíduos arbóreos. A interpretação da análise espacial é corroborada pelos valores dos índices apresentados na tabela 01.

Determinou-se para essas áreas verdes, e também para o Parque Municipal das Araucárias, os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão de cada índice e para cada estação – outono e inverno –, na respectiva ordem (Tabela 01).

Área verde a noroeste								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,21	20,33	9,12	4,49	1,22	17,71	6,70	3,70
NDVI	0,09	0,90	0,73	0,16	0,10	0,89	0,66	0,18
SAVI	0,04	0,62	0,40	0,10	0,06	0,52	0,34	0,09
EVI 2	0,03	0,65	0,40	0,11	0,05	0,53	0,33	0,09
Área verde a sudeste								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,62	15,34	8,03	2,94	1,52	12,22	5,76	2,59
NDVI	0,23	0,88	0,74	0,10	0,20	0,84	0,65	0,14
SAVI	0,12	0,52	0,38	0,06	0,10	0,47	0,31	0,07
EVI 2	0,11	0,53	0,37	0,06	0,09	0,48	0,30	0,07
Parque Municipal das Araucárias								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,39	19,99	11,01	3,56	0,51	16,88	8,57	3,55
NDVI	0,16	0,90	0,80	0,09	-0,31	0,88	0,74	0,13
SAVI	0,05	0,57	0,38	0,06	-0,03	0,48	0,34	0,06
EVI 2	0,04	0,60	0,37	0,07	-0,03	0,49	0,32	0,07

Tabela 01. Valores dos índices para as estações de inverno e outono

Os maiores valores dos índices de vegetação foram determinados na estação de outono, nas três áreas verdes. O maior valor de SR (20,33) foi identificado na área verde

a noroeste, valor próximo do Parque Municipal das Araucárias 19,99. No entanto, quando se verifica o valor médio, a primeira obteve SR 9,12 e a segunda 11,01. Na área verde a sudeste quantificou-se os menos valores máximos (15,34 no outono e 12,22 no inverno) e médio (8,03 no outono e 5,76 no inverno) de SR (Tabela 01).

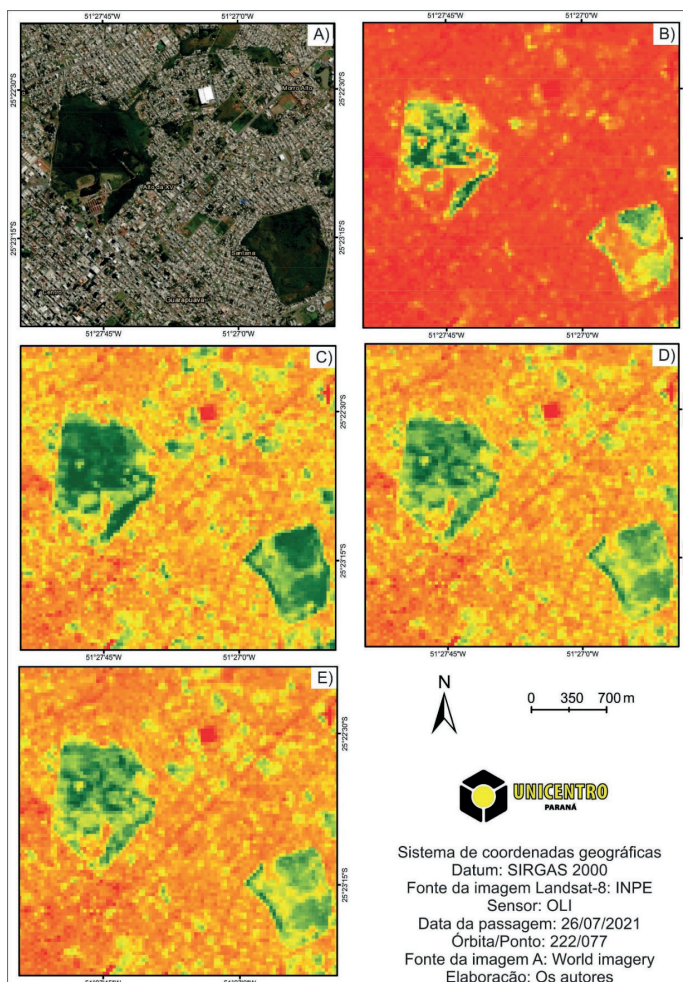


Figura 04. Destaque para o bairro Alto da XV e entorno, com as áreas verdes. A) Visível, B) SR, C) NDVI, D) SAVI, E) EVI 2

Com relação ao NDVI os valores máximos foram superiores a 0,83 e médios 0,64, para o SAVI 0,46 e 0,30, e o EVI 2 0,47 e 0,29, respectivamente (Tabela 01).

Na figura 05, se pode verificar que há variabilidade espacial da vegetação, sendo expressiva a maior quantidade de vegetação densa principalmente na porção central e oeste do Parque Municipal das Araucárias.

O maior valor médio de NDVI das áreas verdes, foi registrado no Parque

Municipal das Araucárias, possivelmente por apresentar a maior cobertura vegetal, e pelas características da formação florestal. Cordeiro e Rodrigues (2007) realizaram a caracterização fitossociológica desse remanescente de FOM, sendo determinada as espécies com maior valor de importância (VI). Os autores destacaram que a espécie com maior VI foi a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, sequenciada por *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., *Casearia decandra* Jac., *Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni, e entre outras espécies. Ibidem (p. 547) denotou ainda que as [...] “parcelas instaladas perfizeram uma área de 0,32 ha, onde foram mensurados 447 indivíduos que proporcionalmente representam uma média de 1.397 indivíduos/ha”.

Ainda com relação ao Parque Municipal das Araucárias, Cordeiro, Roderjan e Rodrigues (2011) promoveram o levantamento florístico das espécies lenhosas e identificaram 107 espécies, pertencentes a 77 gêneros e 41 famílias botânicas. Os autores também identificaram *Araucaria angustifolia*, e mencionaram que as espécies *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss & Cambess.) Hieron. ex Niederl., *Casearia decandra* Jacq., *Cedrela fissilis* Vell., *Cinnamodendron dinisii* Schwacke, *Jacaranda puberula* Cham., *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Ocotea pulchella* (Nees) Mez, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H. Rob. e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam, podem ser consideradas companheiras da *Araucaria angustifolia*.

No que tange ao CV, ele foi maior para o SR em relação aos demais índices de vegetação, tanto para a estação de outono quanto de inverno. Ademais, com exceção do EVI 2 na área verde a noroeste, o CV foi maior na estação do inverno (Tabela 02).

Área verde a noroeste		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	49,23	55,22
NDVI	21,92	27,27
SAVI	25,00	26,47
EVI 2	27,50	27,27
Área verde a sudeste		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	36,61	44,97
NDVI	13,51	21,54
SAVI	15,79	22,58
EVI 2	16,22	23,33
Parque Municipal das Araucárias		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	32,33	41,42
NDVI	11,25	17,57
SAVI	15,79	17,65
EVI 2	18,92	21,88

Tabela 02. Coeficiente de variação das áreas analisadas

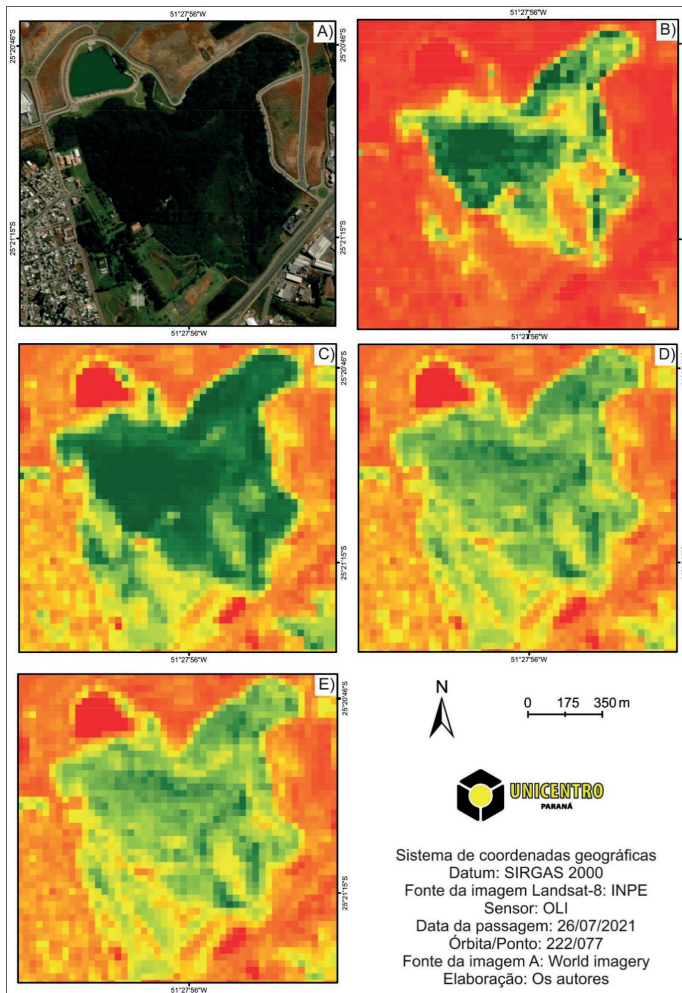


Figura 05. Destaque para o Parque Municipal das Araucárias e entorno. A) Visível, B) SR, C) NDVI, D) SAVI, E) EVI 2

Estudos presentes na literatura com valores próximos ao deste trabalho, foram determinados por Wu et al. (2019), Santos et al. (2020), Rigoldi, Sousa e Caraminan (2020) e Eduvirgem et al. (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu atender ao objetivo proposto. Trabalhar com mais de um índice de vegetação foi vantajoso, pois cada índice cumpriu seu papel no perímetro urbano diferenciando as áreas com e sem vegetação, bem como a variação espacial da cobertura vegetal, da menor para a maior.

Nos mapas apresentados foi possível visualizar a saturação do NDVI, bem como

apresentar brevemente do que se trata essa temática. Determinou-se que os índices NDVI, SAVI e EVI 2 tiveram CV inferior ao SR.

Guarapuava é um município pouco explorado no âmbito do sensoriamento remoto, principalmente no que tange aos índices de vegetação. Desse modo, sugere-se que novos estudos sejam realizados tanto na zona rural quanto urbana.

Por fim, esse trabalho documentou os valores de SR, NDVI, SAVI e EVI 2 para o ano de 2021, servindo esses dados e informações geradas como ferramenta para os gestores públicos utilizarem a favor da conservação ambiental. Recomenda-se que novos trabalhos sejam realizados no perímetro urbano com enfoque para as áreas verdes, uma vez que existem outras áreas para serem analisadas. Existe também a carência de estudo multitemporal das áreas verdes de Guarapuava. Desse modo, evidencia-se a necessidade de mais pesquisas.

REFERÊNCIAS

ARIAS, H. A.; ZAMORA, R. M.; BOLANOS, C. V. Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spor 2 y Landsat 8 con el modulo FLAASH del software ENVI. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 53, p. 39-59, 2014.

BRASIL. Lei nº. 6.664, de 26 de junho de 1979. **Disciplina a profissão de Geógrafo e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l6664.htm>. Acesso em: 02 dez. 2022.

CORDEIRO, J.; RODERJAN, C. V.; RODRIGUES, W. A. Plantas lenhosas da Floresta Ombrófila Mista do Parque Municipal das Araucárias – Guarapuava (PR). **Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 441-460, 2011.

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.

DORIA FILHO, U. **Introdução à Bioestatística**: para simples mortais. Editora Elsevier, 1999.

EDUVIRGEM, R. V.; UEMA, D. Y.; GERMANO, P. J. M. M. T.; ZEIDAN, D. N. M.; PERIÇATO, A. J.; SOARES, C. R. Parque do Ingá, Maringá, Paraná: análise da vegetação utilizando o Landsat 8 OLI. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 16, n. 2, p. 198-215, 2022.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/guarapuava/panorama>. Acesso em: 24 nov. 2022.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3833-3845, 2008.

LIMA, T. E. O.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. A.; KLOCK, U. Caracterização fitossociológica da vegetação no entorno de nascentes de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana na bacia do rio das Pedras, Guarapuava (PR). **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 229-244, 2012.

MAGALHÃES, I. A. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SANTOS, A. R. Análise comparativa entre técnicas de sensoriamento remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 1, p.156-177, 2017.

MAGALHÃES, L. P. **Imageamento aéreo por aeronave remotamente pilotada e satélite na cultura do milho: saturação de índices vegetativos e alternativos**. 2022. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: USP/ESALQ, 1985.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 176 p.

RIGOLDI, K. C.; SOUSA, J. P.; CARAMINAN, L. M. Análise da vegetação de 2008 e 2018 do município de Sarandi: Aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 6, p. 75-84, 2020.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: FREDEN, S. C.; MERCANTI, E. P.; BECKER, M. (Eds) **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Volume 1: Technical Presentations, p. 309-317, 1973.

SANTOS, A. P.; SIMIONATTO, H. H.; FELICI, E. M. Variação do índice NDVI e da temperatura da superfície terrestre na malha urbana do município de Paracatu–MG entre 1985 e 2005. **Colloquium Exactarum**, v. 12, n. 2, p.119-129, 2020.

SELLERS, P. J. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration, **International Journal of Remote Sensing**, v. 6, n. 8, p. 1335-1372, 1985.

SOUZA, D. V.; OLIVEIRA, T. W. G.; PIVA, L. R. O.; SANTOS, J. X.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. **Introdução ao R: Aplicações Florestais**. Curitiba: Ed. do Autor, 2018.

WU, Z.; CHEN, R.; MEADOWS, M. E.; SENGUPTA, D.; XU, D. Changing urban green spaces in Shanghai: trends, drivers and policy implications. **Land Use Policy**, v. 87, 104080, 2019.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p.608-614, 2013.