



APLICAÇÃO DO NDVI NA AVALIAÇÃO DA APA DO RIBEIRÃO ARARAS, MUNICÍPIO DE PARANAÍ, PR, BRASIL

VILLWOCK, Fernando Henrique¹; COLELLA, Julio Cesar Tocacelli²; SILVA, Lucas Henrique
Maldonado da³; PINA, Ticiano Petean⁴

RESUMO

Os recursos hídricos são essenciais para o desenvolvimento da vida humana e de suas atividades econômicas, sendo que para sua utilização a água precisa ser de qualidade. No município de Paranaí, no noroeste do estado do Paraná, para garantir a qualidade da água distribuída para a população, foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) do ribeirão Araras. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação da vegetação na área da APA, se justificando pela necessidade de monitoramento da área. A avaliação foi realizada por meio da análise de imagens de satélite, sendo aplicadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os resultados obtidos apontam que a vegetação na área estudada não apresentou variações relacionadas a supressão da vegetação, sendo registradas apenas variações na densidade da vegetação, as quais podem estar relacionadas a variações dos índices pluviométricos.

Palavras-chave: Vegetação; Preservação; NDVI; Monitoramento.

APPLICATION OF NDVI IN THE EVALUATION IN THE APA OF THE ARARAS STREAM, MUNICIPALITY OF PARANAÍ, PR, BRAZIL

ABSTRACT

Water resources are essential for the development of human life and economic activities, and for their use water needs to be of good quality. In the municipality of Paranaí, in the northwest of the state of Paraná, to guarantee the quality of water distributed to the population, the Environmental Protection Area (APA) of the Araras stream was created. In this sense, the present work aims to evaluate vegetation in the APA area, justified by the need to monitor the area. The assessment was carried out through the analysis of satellite images, using Digital Image Processing (PDI) techniques, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The results obtained indicate that the vegetation in the studied area did not present variations related to vegetation suppression, with only variations in vegetation density being recorded, which may be related to variations in rainfall rates.

Key words: Vegetation; Preservation; NDVI; Monitoring.

¹ Doutor em Geografia; Professor do curso de Engenharia Agrônoma e Engenharia Civil do Centro Universitário UniFatecie, e-mail: fernando.villwock@fatecie.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5921-9312>.

² Doutor em Agronomia; Coordenador do curso de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UniFatecie, e-mail: julio.colella@fatecie.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6778-2420>.

³ Doutor em Agronomia; Professor do curso de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UniFatecie, e-mail: lucashm.silva@fatecie.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8835-3868>.

⁴ Doutora em Agronomia; Professora do curso de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UniFatecie, e-mail: ticiano.pina@fatecie.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0442-7684>.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida, possuindo diversas aplicações nas atividades humanas, sendo empregada no abastecimento público e industrial, na irrigação agrícola, dentre outras aplicações (FREITAS et al., 2001). No município de Paranavaí, o abastecimento de água provém prioritariamente de mananciais de água superficial, com destaque para o ribeirão Araras.

Com o objetivo de preservar a qualidade da água distribuída para a população de Paranavaí, no ano de 2003, foi instituída por meio de legislação municipal a Área de Proteção Ambiental (APA) do ribeirão Araras (PARANAVAÍ, 2003). A APA possui área de 1.919,45 hectares, se estendendo pela área rural e urbana (PARANAVAÍ, 2009).

De acordo com CONAMA (1988), a APA pode ser caracterizada como uma unidade territorial que visa proteger e conservar a qualidade ambiental, objetivando a melhoria da qualidade de vida da população local. De acordo com o órgão citado anteriormente, dentro da APA o uso dos sistemas naturais deve ser realizado de forma regulada, evitando que as atividades humanas ocasionem impactos ao meio ambiente.

Os objetivos da criação da APA do ribeirão Araras, são a preservação do manancial de água, controlar a expansão urbana e o uso do solo, além de recuperar áreas degradadas e monitorar a qualidade da água desse importante manancial (PARANAVAÍ, 2009). Sendo que a vegetação tem papel muito importante na preservação da qualidade da água e do solo, por este motivo é de grande valia a análise da vegetação na área estudada.

Para a realização da análise da vegetação, foram utilizadas imagens orbitais capturadas pelo satélite Landsat 8, nos anos de 2015 e 2022, sendo aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI é um modelo resultante da combinação do nível de reflectância das bandas do vermelho (radiação eletromagnética visível absorvida pelas plantas para realização da fotossíntese) e a banda infravermelho (radiação refletida pelas plantas) próximo em imagens de satélites (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010; SILVA, 2019).

No mesmo sentido, Moreira (2012) destaca que o índice é muito utilizado para verificar a biomassa da cobertura vegetal, além de indicar a fitossanidade da vegetação, por esse motivo a técnica é muito empregada na análise de áreas antropizadas.

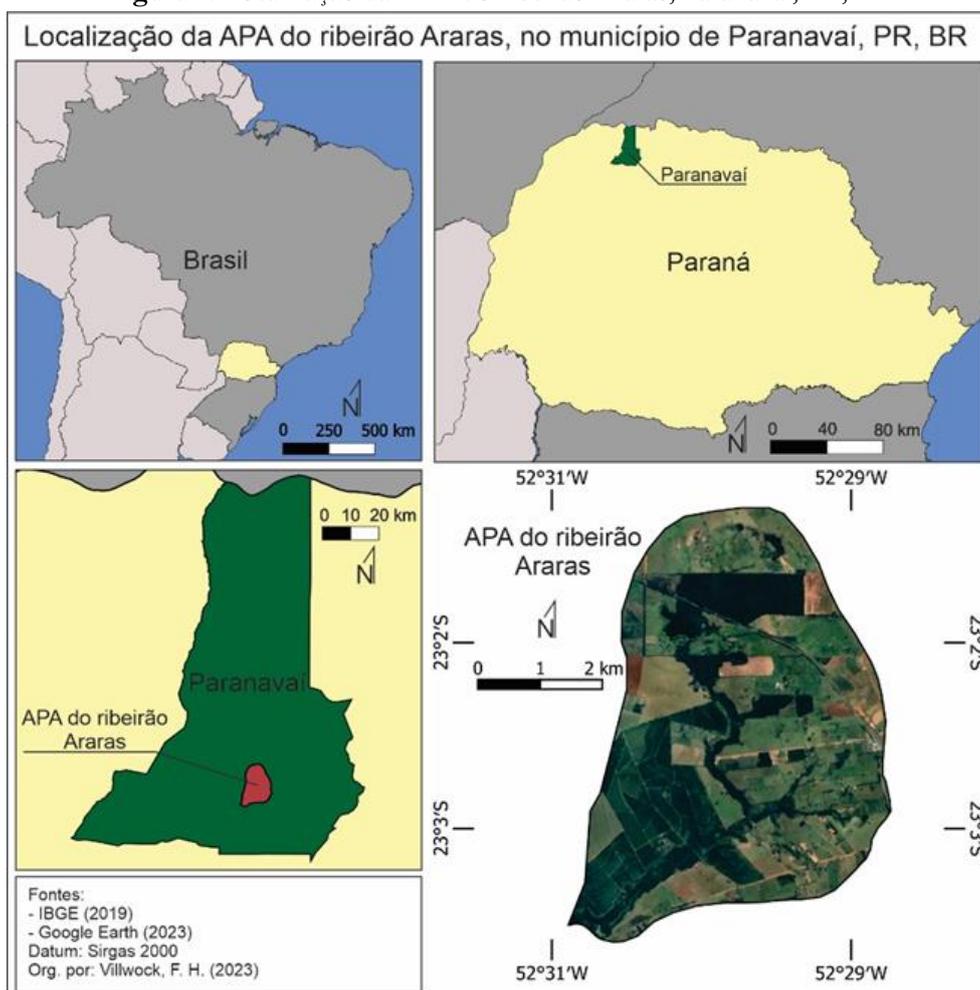
Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo a avaliação da vegetação na APA do ribeirão Araras, por meio da aplicação do NDVI em imagens de satélite dos anos de 2015 e 2022. Neste sentido, o trabalho se justifica pela necessidade de monitoramento da vegetação na área, visando observar a aplicação da legislação municipal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O trabalho foi realizado na APA do ribeirão Araras, no município de Paranavaí, na região noroeste do estado do Paraná (Figura 1).

Figura 1: Localização da APA do ribeirão Araras, Paranavaí, PR, BR.



Fonte: Organizado pelos autores (2023).

A APA possui 1.922,45 hectares, sendo que a área é constituída por propriedades particulares (PARANAÍ, 2009). De acordo com dados da SANEPAR a APA é um importante ponto de captação de água superficial, sendo captados 195 litros de água por segundo, sendo utilizada para o abastecimento da população do município de Paranavaí (BARIZÃO, 2013). A vegetação na área estudada pode ser classificada como Floresta Estacional Semidecidual, sendo que de acordo com Barizão (2013), uma área de 334,90 hectares é composta por cobertura florestal nativa, estando principalmente próximo aos rios.

O solo na área de estudo é originário da formação geológica Arenito Caiuá, tendo como característica principal a textura arenosa. Sendo que os principais tipos de solos encontrados em Paranavaí são: LATOSSOLO, ARGISSOLO e NEOSSOLO (EMBRAPA, 2008). O clima na região, pode ser classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente), tendo como característica as temperaturas médias anuais variando entre 22 e 24°C enquanto a precipitação anual média fica entre 1200 e 1400mm (IAPAR, 2019). Com base nas características do meio físico, associado aos processos de ocupação da região noroeste do Paraná, a região possui tendência a alta ocorrência de problemas relacionados à erosão hídrica (WESTPHALEN 2008).

Metodologia

A pesquisa teve o caráter experimental, por meio Processamento Digital de Imagens (PDI), foi aplicado NDVI, em uma série temporal de imagens de satélite, com o intuito de verificar se ocorreu variação na densidade da vegetação.

Para a realização do NDVI, foi selecionado o satélite Landsat 8 – sensor OLI (Operational Land Imager), que possui resolução radiométrica de 16 bits e resolução espacial de 30 metros. Para realização da pesquisa foram gerados mapas contendo os índices de vegetação dos anos de 2015 (22/01, 12/04, 02/08 e 21/10) e 2022 (25/01, 15/04, 04/07 e 09/11), sendo que para a escolha das datas levou em consideração as estações do ano e a disponibilidade de imagens, pois a presença de nuvens impossibilita a análise.

As imagens do satélite Landsat 8 foram obtidas no Banco de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (earthexplorer.usgs.gov), sem nenhum nível de processamento. A área em estudo é abrangida pelas imagens de órbita 223 e ponto 76. Depois de baixadas, as imagens foram importadas para o software Qgis (versão 3.28), por meio do plugin semi-automatic classification, que realiza a importação e o pré-processamento (correção atmosférica e conversão para reflectância). Para geração do NDVI são utilizadas as bandas 4 (RED: vermelho / resolução espectral de 0.64-0.67 μm) e 5 (NIR: infravermelho próximo / resolução espectral 0.85-0.88 μm), sendo aplicada a seguinte equação raster:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})}$$

A partir da aplicação da equação foram gerados os mapas contendo os índices de vegetação nas datas descritas anteriormente. Com a calculadora raster foram geradas as médias aritméticas dos índices

de vegetação, por meio da soma das imagens e divisão pelo número de imagens, gerando assim a média do NDVI para o ano de 2015 e 2022.

Os valores resultantes da aplicação da equação variam entre -1 e +1. Sendo que os valores podem ser divididos em três classes: **1) < 0.2:** áreas sem presença de vegetação, solo exposto, afloramento de rochas, áreas construídas e corpos hídricos; **2) entre 0.2 e 0.5:** vegetação com menor densidade (vegetação em crescimento ou arbustiva, possuindo baixo teor de biomassa); **3) > 0.5:** presença de vegetação densa (vegetação nativa ou avançado crescimento, com alto teor de biomassa).

Para verificar a diferença dos índices de vegetação entre as médias dos anos de 2015 e 2022, foi realizada a subtração das duas imagens, com objetivo de verificar a variação da vegetação, sendo aplicada a equação raster de subtração, que consiste em NDVI média 2022 menos NDVI média 2015. Com base no resultado da subtração, são geradas três classes: **1) redução densidade:** o resultado da subtração é negativo ($=> -0,05$); **2) não mudança:** o resultado da subtração é próximo de zero (entre $-0,05$ e $0,05$); **3) aumento da densidade:** o resultado da subtração tem valor positivo ($=< 0,05$).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores máximos registrados para o NDVI no período compreendido pelo estudo foi de 0.90, sendo que o valor foi registrado em duas imagens, as quais são datadas de 22/01/2015 e 09/11/2022, enquanto os valores mínimos registrados, foram de -0.36 no dia 12/04/2015 e de -0.34 no dia 15/04/2022 (Tabela 1).

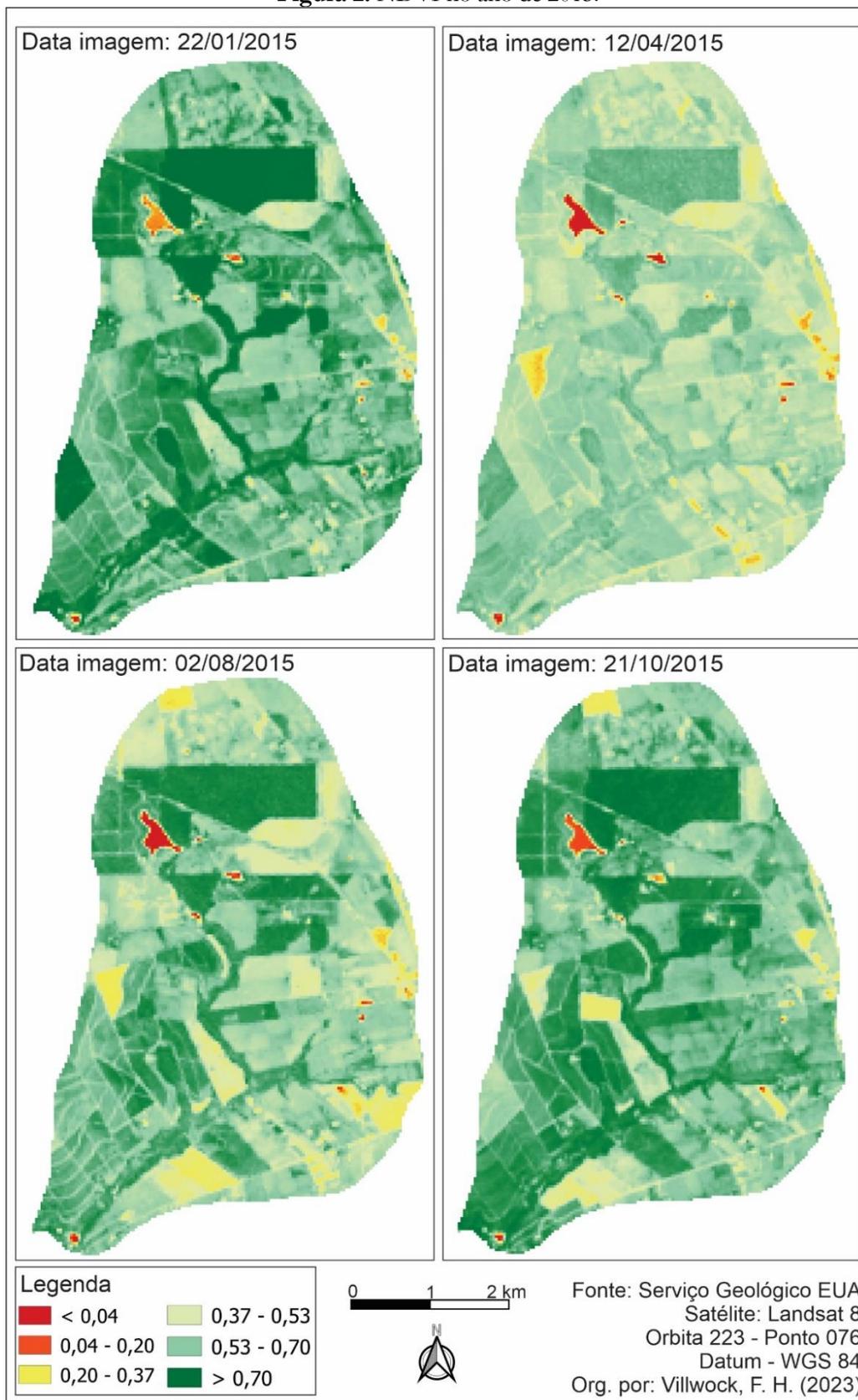
Tabela 1: Valores máximo e mínimo registrados pelo NDVI nas imagens de 2015 e 2022

Figura	Data imagem	Valor máximo	Valor mínimo
2	22/01/2015	0,90	-0,24
	12/04/2015	0,81	-0,36
	02/08/2015	0,86	-0,12
	21/10/2015	0,73	-0,10
3	25/01/2022	0,84	0,08
	15/04/2022	0,74	-0,34
	04/07/2022	0,78	-0,24
	09/11/2022	0,90	0,05

Fonte: Organizado pelos autores (2023).

Os mapas resultantes da aplicação do NDVI no ano de 2015 são apresentados na figura 2, enquanto os mapas resultantes da aplicação no ano de 2022 são apresentados na figura 3.

Figura 2: NDVI no ano de 2015.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 3: NDVI no ano de 2022.



Fonte: Os autores (2023).

A partir da aplicação do NDVI na APA do ribeirão das Araras, fica evidente a eficiência do método para o mapeamento e avaliação ambiental. Dentre os elementos evidenciados pelo método estão os corpos hídricos, que por apresentarem baixa refletância possuem valores índices negativos ou próximos a zero (coloração vermelha).

A partir do mapeamento, também foi possível identificar as áreas com baixa densidade de vegetação – locais geralmente atrelados ao desenvolvimento de atividades agrícolas de culturas temporárias (coloração laranja e amarela nos mapas). Também foi possível identificar as áreas com densidade de vegetação intermediária – em muitos dos casos essas áreas podem ser correlacionadas a agricultura perene (eucalipto, cítricos, entre outros) (cor verde claro no mapa), além disso é possível identificar a presença de áreas florestais densas – essas áreas de vegetação se encontram prioritariamente próximo aos corpos hídricos, nos fundos de vales (cor verde escuro nos mapas)

Com base na análise dos mapas NDVI, fica evidente que as maiores oscilações nos índices de vegetação ocorrem justamente nas áreas com culturas temporárias, as áreas de destaque ocorrem nas faces leste e norte, onde é observada maior variação.

Nos meses de outono e inverno (período que vai do final de março até quase o final de setembro), observamos um agravamento nos índices, no entanto, essa queda ocorre de modo uniforme em toda a área estudada, fato ocorrido em decorrência da redução dos índices pluviométricos nessas estações do ano. De acordo com Villwock et al. (2022), a umidade influi diretamente nos valores obtidos pelo índice de vegetação, no mesmo sentido, Gurgel et al. (2003), no período de julho a outubro ocorre redução nos índices de vegetação em decorrência da redução na umidade, fato que pode ser observado na APA do ribeirão das Araras.

Para melhor comparação dos índices, foi realizada a média para os anos estudados, neste sentido, os valores máximos registrados foram 0,82 (2015) e 0,79 (2022). Os valores mínimos apresentaram maior variação, sendo registrado -0,22 no ano de 2015 e -0,05 no ano de 2022 (Tabela 2).

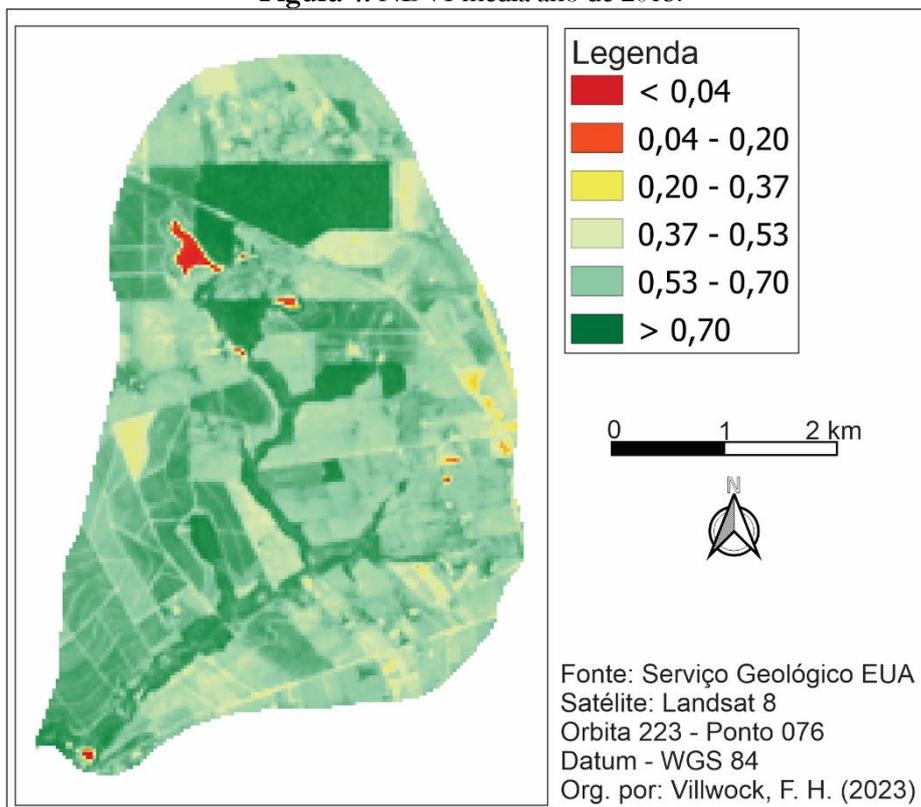
Tabela 2: Valores máximo e mínimo registrados na média NDVI de 2015 e 2022.

Figura	Ano	Valor máximo	Valor mínimo
4	2015	0,82	-0,22
5	2022	0,79	-0,05

Fonte: Os autores (2023).

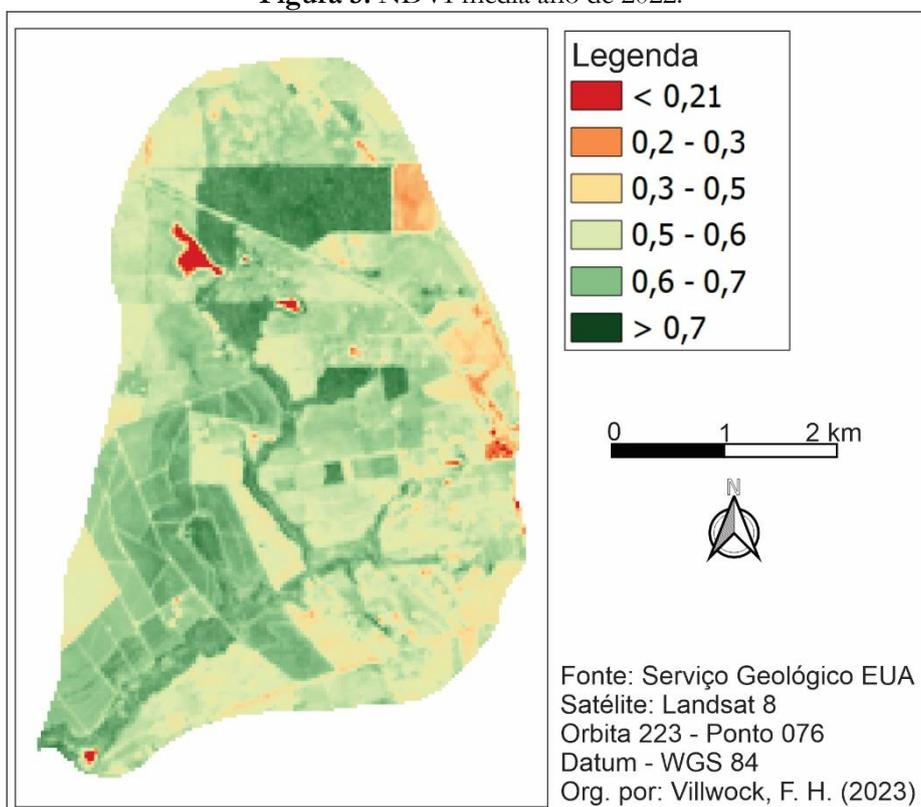
Os mapas contendo as médias do índice NDVI, são apresentados nas figuras 4 e 5. A partir da média, fica evidente a constante presença de vegetação com maior densidade nas áreas de fundo de vale, próximo aos corpos hídricos. Além disso, é possível identificar as áreas agrícolas perenes, bem como as áreas com culturas temporárias, principalmente na porção leste e norte da área de estudo.

Figura 4: NDVI média ano de 2015.



Fonte: Os autores (2023).

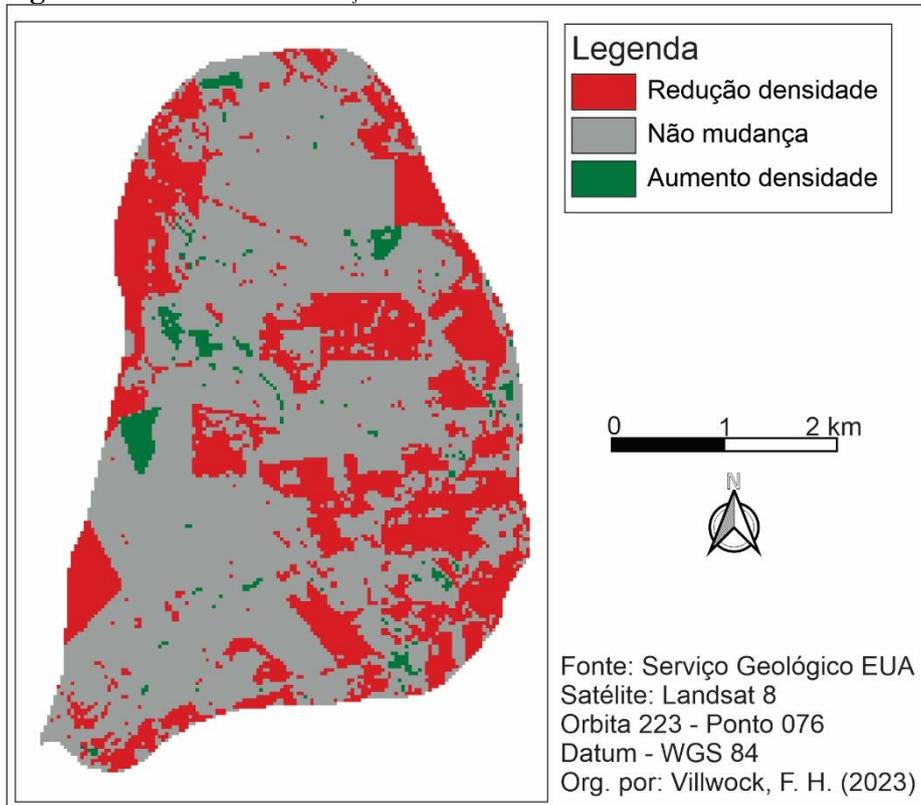
Figura 5: NDVI média ano de 2022.



Fonte: Os autores (2023).

Para auxiliar na visualização da variação dos índices de vegetação, foi realizado a subtração das médias do NDVI, sendo que os resultados são apresentados na figura 6. Ao observar o mapeamento, na maior parte da APA não ocorreram mudanças significativas na densidade da vegetação, esses locais são caracterizados por apresentarem coloração cinza. O segundo maior destaque vai para as áreas com redução na densidade da vegetação, possuindo coloração vermelha no mapa, essas áreas se encontram nas extremidades da APA, estando atreladas as áreas de desenvolvimento de atividades agrícolas e de urbanização. Com menor representatividade, as áreas com aumento de densidade, essas áreas podem estar relacionadas a recomposição da vegetação ou conversão da área para culturas perenes como eucalipto ou cítricos.

Figura 6: Resultado da subtração das médias NDVI do ano de 2022 menos 2015.



Fonte: Os autores (2023).

4. CONCLUSÃO

A partir da realização da pesquisa, fica evidente a eficácia do NDVI quando aplicado no monitoramento, a partir da metodologia é possível a identificação de variações na densidade da vegetação,

áreas que apresentam solo exposto e atuação de impactos antrópicos. Sendo possível ainda a aplicação de outras metodologias que enriquecem a análise do índice, como a média e a subtração.

De modo geral, os índices relativos as áreas com presença de vegetação, se mantiveram presentes em ambos os períodos analisados, sendo que a vegetação adensada se localiza nas proximidades dos corpos hídricos. Foi possível ainda identificar as áreas agricultáveis dentro da área estudada, bem como a variação nos índices atrelados as culturas plantadas na área.

Por final, salientamos a necessidade da realização de novos estudos, principalmente nas áreas em que foi registrado a redução da densidade a partir da subtração dos índices, pois o constante monitoramento consiste em uma das mais eficazes maneiras de impedir a degradação de áreas em que temos a prioridade da preservação do meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

BARIZÃO, D. A. O. **Gestão da Área de Proteção Ambiental da captação de água no município de Paranavaí.** Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, p. 52, 2013. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22702>. Acessado em 21/08/2024.

CONAMA. **Resolução nº 010, de 14 de dezembro de 1988.** Estabelece normas gerais relativas as Áreas de Proteção Ambiental - APA's. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0010-141288.PDF>. Acessado em 21/08/2024.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acessado em 21/08/2024.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. B.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17 (3), p. 651 - 660, mai - jun, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000300019>

GURGEL, H. C. **Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos: INPE, 2000. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_a1876be3c29775081bf5976567181640. Acessado em 21/08/2024.

IAPAR (Instituto Agrônomo do Estado do Paraná). **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** 1994. Londrina, IAPAR, 2019. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acessado em 21/08/2024.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 4 ed. Viçosa/MG: UFV, 2012.

PARANAVAÍ. **Lei nº 2436, de 24 de julho de 2003.** Cria Área de Proteção Ambiental do ribeirão Araras e dá outras providências. Curitiba, PR: Diário Oficial dos municípios do Paraná, 2003. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/p/paranavai/lei-ordinaria/2003/244/2436/lei-ordinaria-n-2436-2003-cria-area-de-protecao-ambiental-do-ribeirao-araras-e-da-outras-providencias>. Acessado em 21/08/2024.

PARANAVAÍ. **Lei nº 4787, de 06 de dezembro de 2019.** Altera dispositivos da Lei Municipal nº 2.436/2003 que cria a área de proteção ambiental do Ribeirão Araras reduzindo-a no Município de Paranavaí e dá outras providências. Curitiba, PR: Diário Oficial dos municípios do Paraná, 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/p/paranavai/lei-ordinaria/2019/479/4787/lei-ordinaria-n-4787-2019-altera-dispositivos-da-lei-municipal-n-2436-2003que-cria-a-area-de-protecao-ambiental-do-ribeirao-araras-reduzindo-a-no-municipio-de-paranavai-e-da-outras-providencias>. Acessado em 21/08/2024.

PONZONI, F. J. SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação.** São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2010.

SILVA, D. K. C. Análise da relação entre temperatura da superfície e NDVI nos anos 2015 e 2019 do município de Balneário Piçarras/SC. **Metodologias E Aprendizado**, 1, 7–11, 2019. <https://doi.org/10.21166/metapre.v1i0.640>

VILLWOCK, F. H.; ATHAYDES, T. V.S.; PAROLIN, M. Índice de vegetação NDVI, aplicado ao sambaqui do costão, Ilha das Gamelas, Guaraqueçaba, Paraná. **Revista Geografia em Atos (Online)**, v. 6, p. 1 -18, 2022. <https://doi.org/10.35416/2022.8990>

WESTPHALEN, L.A. **Avaliação e Hierarquização da Erodibilidade dos Solos do Noroeste do Estado do Paraná: subsídios ao planejamento ambiental.** Dissertação (Mestrado em Geografia Paraná.). 90f. Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2008. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/77688>. Acessado em 21/08/2024.