

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NDVI, APLICADO AO SAMBAQUI DO COSTÃO, ILHA DAS GAMELAS, GUARAQUEÇABA, PARANÁ

Fernando Henrique Villwock¹

Universidade Estadual de Maringá

Tiago Vinícius Silva Athaydes²

Universidade Estadual de Maringá

Mauro Parolin³

Universidade Estadual de Maringá

Resumo

Como citar:

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, Ano 2022.

DOI: <https://doi.org/10.35416/geoatos.2022.8990>

Recebido em: 2021-07-10

Devolvido para correções: 2022-02-04

Aceito em: 2022-03-04

Publicado em: 2022-10-17

As atividades humanas têm ocasionado a redução das áreas florestais em todo o mundo, no entanto, se observa a crescente preocupação em alinhar o desenvolvimento econômico e o uso racional dos recursos naturais. A pesquisa foi realizada no Sambaqui do Costão, localizado na Área de Preservação Ambiental de Guaraqueçaba, no litoral paranaense, a área em pesquisa é protegida por lei, por se tratar de um monumento arqueológico e por estar em uma Área de Proteção Ambiental (APA). Portanto, a pesquisa teve como objetivo verificar a presença e a densidade da vegetação no Sambaqui do Costão e áreas adjacentes. A pesquisa teve caráter experimental com aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens, sendo aplicado o método Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em uma série temporal, possibilitando identificar possíveis alterações na densidade da vegetação. Os resultados indicam a vegetação possuía maior densidade no ano de 1985, ocorrendo a redução nos anos posteriores, ainda foram verificadas alterações nos corpos hídricos, sendo que no ano de 1985 e 2004 se tem maior quantidade de sedimentos depositados no entorno da área pesquisada. Quanto a vegetação localizada no pixel do sambaqui, os índices se mantiveram índices ≥ 5 entre os anos de 1985 e 2009, indicando a presença de vegetação densa ao longo do período.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Índice de vegetação; APA de Guaraqueçaba; Preservação.

¹ Doutorando pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

E-mail: fernandovillwock@hotmail.com

Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-5921-9312>

² Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

E-mail: tiagoathaydes@gmail.com

Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-8607-2384>

³ Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

E-mail: mauroparolin@gmail.com

Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-3934-5535>

VEGETATION INDEX NDVI, APPLIED TO SHELL-MIDDEN COSTÃO, ISLAND OF GAMELAS, GUARAQUEÇABA, PARANÁ

Abstract

Human activities have caused the reduction of forest areas around the world, however, there is a growing concern to align economic development and the rational use of natural resources. The research was carried out in shell-midden do Costão, located in the Environmental Preservation Area of Guaraqueçaba, on the coast of Paraná. Therefore, the research aimed to verify the presence and density of vegetation in the Sambaqui do Costão and adjacent areas. The research had an experimental character with the application of Digital Image Processing techniques, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method in a time series, making it possible to identify possible changes in vegetation density. The results indicate that the vegetation had a higher density in 1985, with a reduction in the following years, changes were still observed in the water bodies, and in 1985 and 2004 there was a greater amount of sediment deposited in the surroundings of the researched area. As for the vegetation located in the shell-midden pixel, the indices remained ≥ 5 between the years 1985 and 2009, indicating the presence of dense vegetation throughout the period.

Keywords: Remote sensing; Vegetation Index; Environmental Preservation Area of Guaraqueçaba; Preservation.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN NDVI, APLICADO A SAMBAQUI DO COSTÃO, ILHA DAS GAMELAS, GUARAQUEÇABA, PARANÁ

Resumen

Las actividades humanas han provocado la reducción de las áreas forestales en todo el mundo, sin embargo, existe una creciente preocupación por alinear el desarrollo económico y el uso racional de los recursos naturales. La investigación se llevó a cabo en Sambaqui do Costão, ubicada en el Área de Preservación Ambiental de Guaraqueçaba, en la costa de Paraná. Por lo tanto, la investigación tuvo como objetivo verificar la presencia y densidad de vegetación en Sambaqui do Costão y áreas adyacentes. La investigación tuvo un carácter experimental con la aplicación de técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes, utilizando el método del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en una serie de tiempo, lo que permitió identificar posibles cambios en la densidad de la vegetación. Los resultados indican que la vegetación tuvo una mayor densidad en 1985, con una reducción en los años siguientes, aún se observan cambios en los cuerpos de agua, y en 1985 y 2004 hubo una mayor cantidad de sedimentos depositados en los alrededores del área investigada. Cuanto a la vegetación ubicada en el píxel sambaqui, los índices se mantuvieron ≥ 5 entre los años 1985 y 2009, indicando la presencia de vegetación densa durante todo el período.

Palabras clave: Teledetección; Índice de vegetación; APA de Guaraqueçaba; Preservación.

Introdução

Desde o início do desenvolvimento da sociedade o homem vem causando impactos ao meio, seja pelo desenvolvimento da agricultura ou pela construção de suas moradias e comunidades. Com a colonização de novos territórios, os impactos aos recursos naturais foram intensificados, em especial a derrubada da vegetação nativa.

A colonização do município de Guaraqueçaba teve início há mais de 500 anos, porém, a região era ocupada por indígenas há mais de seis mil anos (PARELLADA, 1994). Dentre os vestígios dessa ocupação estão os sambaquis, que são caracterizados como morros artificiais construídos por povos sambaquianos, constituídos principalmente por conchas e restos de animais, tinham como função a proteção de oscilações do nível do mar, habitação, realização de rituais e sepultamentos (PARELLADA, 2006).

Quando a colonização de Guaraqueçaba teve seu início, os sambaquis e áreas adjacentes passaram a ser explorados, sendo parcialmente destruídos. A proteção dos sambaquis foi garantida pela Lei nº 3.924 de 26 de julho de 1961, visando a proteção dos monumentos arqueológicos ou pré-históricos (BRASIL, 1961). Enquanto a proteção da vegetação é garantida pelo Decreto Federal nº 90.883 de 31 de janeiro de 1985, que criou a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (BRASIL, 1985).

Para a realização da pesquisa foi selecionado o Sambaqui do Costão, localizado na porção sudoeste da Ilha das Gamelas, a escolha levou em consideração os impactos naturais e antrópicos sofridos por ele. Jaster (1989) destaca que no passado a vegetação sofreu diversos impactos antrópicos, dentre eles o desmatamento para conversão em áreas agrícolas, no entanto, no período que autor supracitado realizou sua pesquisa, ele indicou a recuperação da vegetação, com presença de diversas espécies arbóreas secundárias.

Para a verificação das condições da vegetação, foram utilizadas imagens do Satélite *Landsat 5*, por meio do Processamento Digital de Imagens (PDI) foi aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), cujo resultado do processamento corresponde à interação entre radiação solar e refletância, permitindo determinar as áreas de vegetação e sua densidade (MOREIRA, 2005; OTTO et al., 2011; FU; BURGHER, 2015). O índice NDVI permite a identificação, caracterização e verificação da evolução da cobertura do solo ao longo do tempo (ROSEMBACK et al., 2005).

Diante do exposto, o trabalho se justifica pela necessidade do monitoramento da vegetação, uma vez que a área em estudo está exposta a impactos antrópicos e principalmente

os naturais. Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo analisar a presença e a densidade da vegetação no Sambaqui do Costão e na Ilha das Gamelas.

Preservação dos recursos naturais na pauta global

Diante da degradação acelerada dos recursos naturais, biomas e fauna para atender aos interesses humanos foram surgindo conferências ligadas ao meio ambiente. Dentre elas se destacam a Conferências de Estocolmo em 1972, Rio+92, Rio+10, Rio+20. A Conferência de Estocolmo objetivou discutir a finitude para o desenvolvimento sustentável e a preocupação com a qualidade destes recursos (SOUZA et al., 2017).

No ano 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu oito objetivos, conhecidos como Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM) no almejo de alcançar o desenvolvimento social, econômico e ambiental, dentre os objetivos, o sétimo busca garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente. O objetivo trata da questão ambiental em três metas: incorporar os princípios de desenvolvimento sustentável dentro das políticas nacionais, buscando reduzir as perdas ambientais, reduzir pela metade a falta de saneamento básico (acesso à água potável, coleta e tratamento de esgoto, coleta e tratamento de resíduos sólidos, entre outros) até 2015 e melhorar até 2020 a qualidade de vida da população em áreas degradadas (CELETANO; VERISSIMO, 2007).

Os ODM não foram alcançados em sua totalidade, no entanto, a ONU no ano de 2015 elaborou e aprimorou novos objetivos a serem alcançados até o ano de 2030, conhecido como Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS foram aprovados por 193 países membros da ONU, ao qual o Brasil faz parte.

Os ODS são divididos em 17 objetivos e detém 169 metas que almejam alcançar o desenvolvimento sustentável. Dentre os objetivos, o ODS 15 (Vida Terrestre) atendeu a temática deste trabalho, ele está dividido em 9 metas. A primeira meta diz que até 2020 é necessário assegurar a conservação, recuperação e o uso sustentável dos ecossistemas terrestres e de água doce, com atenção especial em florestas, zona úmidas, montanhas e áreas com aridez, respeitando os acordos internacionais (ODS BRASIL, 2021). A segunda meta almeja reduzir o desmatamento, restaurar florestas desmatadas e garantir a gestão sustentável para o aumento do florestamento e reflorestamento (ODS BRASIL, 2021).

Cada vez mais o mundo sinaliza para o aprimoramento de acordos econômicos internacionais que respeitem as áreas de proteção ambiental e os povos originários que

possam residir nestas localidades. O Brasil necessita estar realinhado com esses acordos, pois é um dos exemplos para o mundo na construção de políticas ambientais.

Outras metas do ODS 15 requerem até 2030 o combate à desertificação, restauração de solos degradados, assegurar conservação de ecossistemas de montanha. Construir medidas urgentes para a redução de degradação de habitats naturais até 2020, garantir a repartição equitativa dos recursos genéticos, acabar com a caça ilegal e o tráfico de espécies da flora e da fauna que são protegidas, reduzir até o ano de 2020 a inserção de espécies exóticas em ecossistemas terrestres e aquáticas e promover a integração dos ecossistemas ao planejamento em escala nacional e local (ODS BRASIL, 2020).

As metas são desafiadoras e requerem maior tempo para alcançar melhores índices de implantação, visto os problemas relacionados ao meio ambiente na atualidade. Além do cumprimento dos ODS dispostos, o Brasil tem avançado do ponto de vista legislativo na constituição de políticas ambientais. Dentre as legislações, destaca-se o Código de Águas em 1934; A criação do Código Florestal em 1965; A Política Nacional do Meio Ambiente em 1981; A Política Nacional de Educação Ambiental em 1997; A Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997; A Política Nacional do Sistema de Unidades de Conservação (SNUC); O Plano Nacional de Recursos Hídricos em 2006; A Política Nacional de Saneamento Básico em 2007; O Plano Nacional de Saneamento Básico em 2013; A reformulação do novo Código Florestal de 2012; Programa Saneamento Brasil Rural em 2019 e o Novo Marco do Saneamento Básico em 2020.

Cumprir-se discutir a Política do SNUC, estipulada pela Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 e seus objetivos frente a proteção florestal no sambaqui do Costão, que estão presentes dentro da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (APA).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e a realidade da APA de Guaraqueçaba

Conforme salientado, a lei que estipula o SNUC é a Lei Federal nº 9.985/2000. A instituição da Lei estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão de unidades de conservação em todo território brasileiro.

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes,

legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção; [...] (BRASIL, 2000).

As unidades de conservação poderão ser geridas por parte dos três entes federativos. “Art. 3o O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais, de acordo com o disposto nesta Lei” (BRASIL, 2000).

O SNUC objetiva garantir a conservação, proteção, contribuição e promoção dos elementos biológicos, recursos genéticos, águas jurisdicionais e de espécies em extinção, promovendo o desenvolvimento social e econômico em respeito a estes elementos.

Art. 4º O SNUC tem os seguintes objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente (BRASIL, 2000).

A gestão das unidades de conservação perpassa também as entidades dos três entes federativos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) será o órgão deliberativo e que irá fiscalizar o processo de implantação do sistema, o Ministério do Meio Ambiente será o coordenador do Sistema, atuando com principal órgão, o Instituto Chico Mendes (ICMBio) será suplente e os órgãos estaduais e municipais tem o papel de implementar o

SNUC e irá subsidiar propostas de criação e da administração das UC federais, estaduais e municipais, dentro das suas esferas de atuação (BRASIL, 2000).

As UC são divididas em dois grupos, as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. Diante das duas classificações, a APA de Guaraqueçaba é definida como Unidade de Uso Sustentável.

Art. 14. Constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de unidade de conservação:

I - Área de Proteção Ambiental; [...]

Art. 15. A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. [...]

(BRASIL, 2000).

A criação da APA de Guaraqueçaba, onde está localizado o Sambaqui do Costão, foi constituída por meio do Decreto do Governo Federal nº 90.883, de 31 de janeiro de 1985. A criação da APA de Guaraqueçaba teve por objetivo a preservação da vegetação, sendo que a região é caracterizada como o maior remanescente contínuo de mata atlântica.

Art. 1º. Fica declarada Área de Proteção Ambiental (APA), denominada Guaraqueçaba, localizada nos Municípios de Guaraqueçaba, Antonina e Paranaguá, no Estado do Paraná, com o objetivo de assegurar a proteção de uma das últimas áreas representativas da Floresta Pluvial Atlântica, onde encontram-se espécies raras e ameaçadas de extinção, o complexo estuarino da Baía de Paranaguá, os sítios arqueológicos (sambaquis), as comunidades caiçaras integradas no ecossistema regional, bem como controlar o uso de agrotóxicos e demais substâncias químicas e estabelecer critérios racionais de uso e ocupação do solo na região.

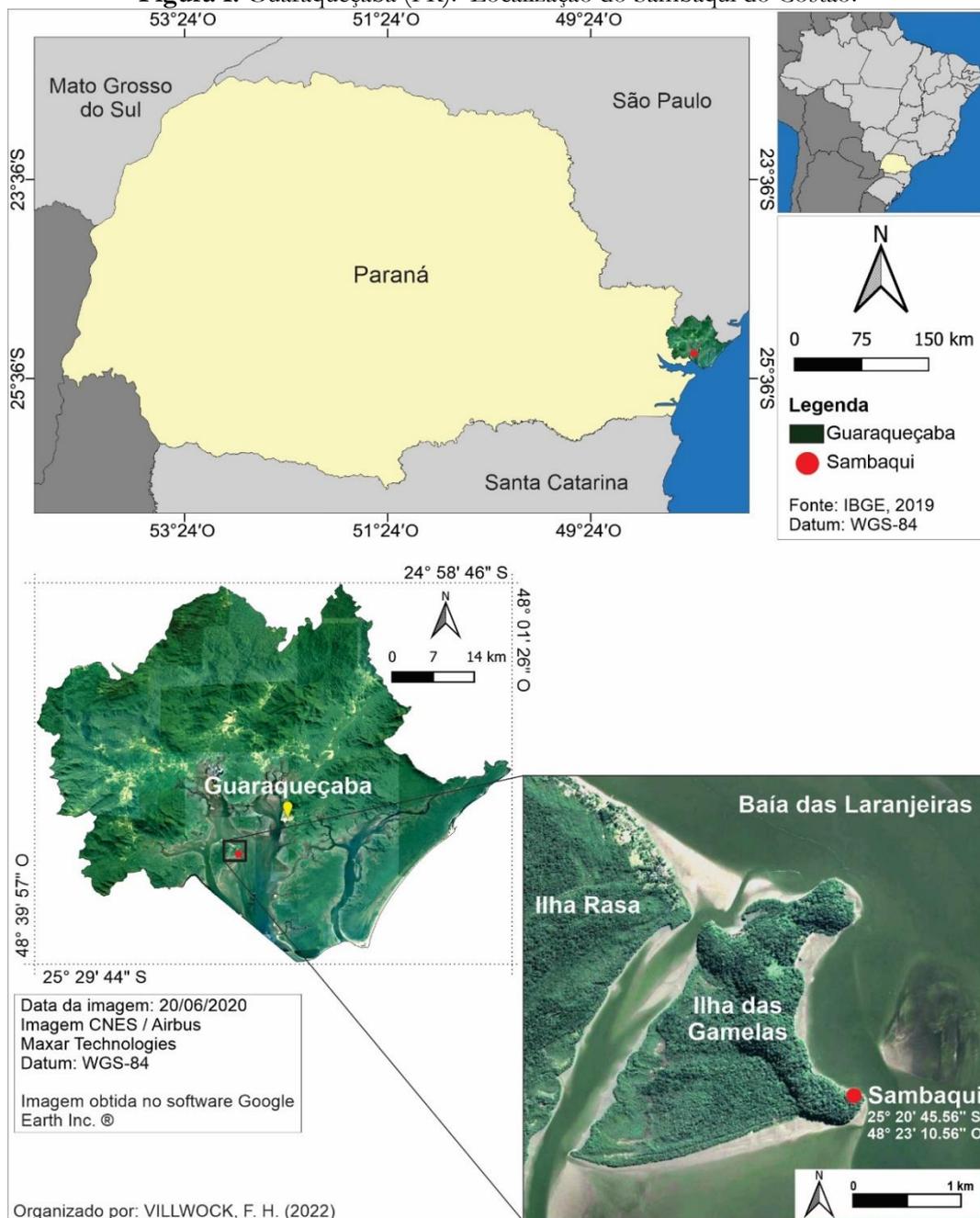
Art. 2º. A APA de Guaraqueçaba tem também por finalidade proteger o entorno da Estação Ecológica de Guaraqueçaba (BRASIL, 1985).

A criação da APA aconteceu antes da criação do SNUC. A administração da área ficou a cargo da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA), Instituto de Cartografia do Paraná (ITC), da Prefeitura de Guaraqueçaba e da Marinha do Brasil (BRASIL, 2000). As atribuições entre vários órgãos públicos ajudam na gestão descentralizada entre os entes federativos. O ITC foi reformulado pelo Governo do Estado do Paraná no ano de 2019, sendo fundido no órgão Instituto Água e Terra (IAT).

Descrição da área em estudo

O sambaqui do Costão se localiza na porção sul da ilha das Gamelas, na Baía das Laranjeiras, município de Guaraqueçaba, estado do Paraná (Figura 1). O sambaqui foi parcialmente destruído pela ação das marés, o material retrabalhado formou uma praia com 33 metros na frente do sambaqui (PARELLADA; MACEDO, 1990).

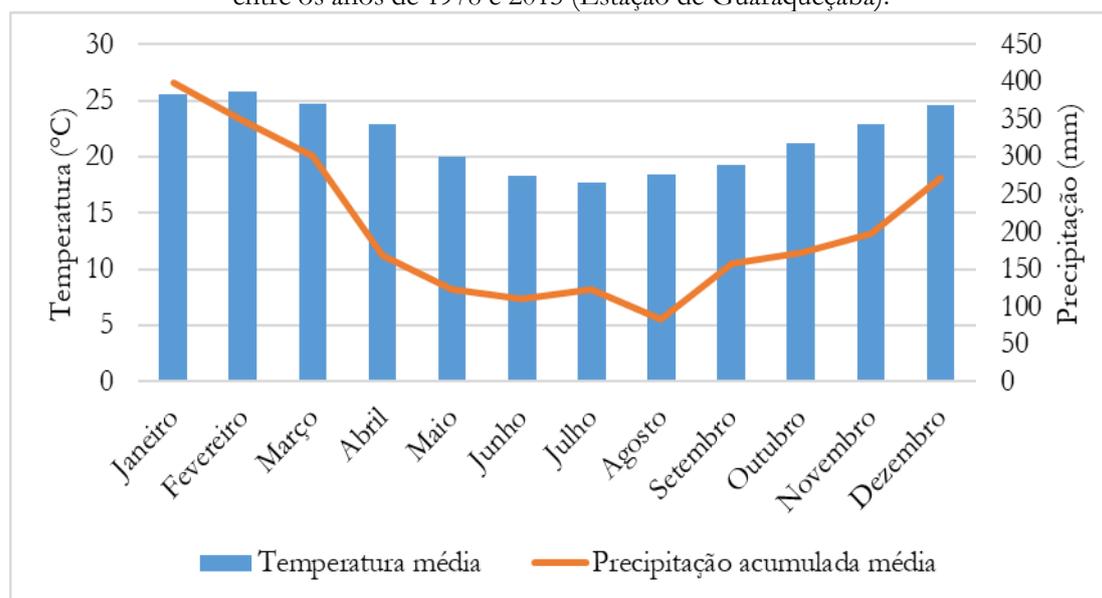
Figura 1: Guaraqueçaba (PR): Localização do Sambaqui do Costão.



A descrição inicial do sambaqui foi realizada por Oldemar Blasi (1920 – 2013) no ano de 1987. Quanto ao tamanho, pode ser classificado como pequeno, possuindo formato de semicircular, orientação noroeste-sudeste e dimensões de: 30 metros de comprimento, 15 metros de largura e 2,5 metros de altura, composto principalmente por fragmentos de valvas de moluscos, sendo registrada ainda a presença de estruturas de fogueiras (carvão), artefatos líticos (lâmina de machado lascada de diabásio e talhador de diabásio) e ossos de animais (dentre eles dentes de golfinhos) (PARELLADA; MACEDO, 1990).

O clima no município de Guaraqueçaba pode ser caracterizado pelos verões com temperaturas variam entre 24 e 25°C, inexistência de períodos secos e índices pluviométricos anuais que variam entre 2.000 e 3.000 mm (IAPAR, 2000; BLUM et al., 2011). As características apresentadas anteriormente são comprovadas pelo climograma referente as médias de 1978 a 2015 (temperatura mensal média e precipitação acumulada mensal média – dados coletados na estação de Guaraqueçaba) (Figura 2).

Figura 2: Climograma – temperatura média mensal e precipitação acumulada mensal média entre os anos de 1978 e 2015 (Estação de Guaraqueçaba).



Fonte: IDR – Paraná (2022).

A vegetação no município em estudo, pode ser classificada de modo mais abrangente como Floresta Atlântica, sendo que 98% do território do município é constituído por vegetação (ROCHADELLI et al., 2015). Ainda sobre a vegetação, Jaster (1989) realizou o levantamento florístico da Ilha das Gamelas, classificando a vegetação como Floresta

Ombrófila Densa de Terras Baixas ou de Planície Quaternária, tendo característica de mata secundária (área já foi desmatada para o cultivo agrícola). A lista de espécies registradas no levantamento florístico é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Lista das espécies registradas no Sambaqui do Costão.

| Família | Espécie | Nome vulgar |
|----------------|--|------------------------|
| Acanthaceae | <i>Avicennia schaueriana</i> Stapf & Leechm. | Mangue preto |
| Arecaceae | <i>Bactris setosa</i> Mart. | Tucum |
| | <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Beccari | Jerivá |
| Combretaceae | <i>Laguncularia racemosa</i> Gardn. | Mangue branco |
| Euphorbiaceae | <i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong | Leiteiro |
| Fabaceae | <i>Inga edulis</i> Mart. | Ingá |
| Fabales | <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake | Guapuruvú |
| Malvaceae | <i>Hibiscus pernambucensis</i> Arr. | Algodoeira da praia |
| Moraceae | <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | Embaúba |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i> L. | Candapuva |
| Verbenaceae | <i>Cytharexylum Myrianthum</i> Cham. | Jacataúva/Pau-de-viola |

Fonte: Jaster (1989).

Metodologia

A pesquisa teve o caráter experimental com aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens, a partir de uma série temporal com o intuito de verificar a densidade da vegetação e a variação ao longo do período.

Os dados de precipitação foram obtidos junto ao IDR - Paraná que possui estação climática no município de Guaraqueçaba, sendo que os dados foram tabulados no Excel.

O satélite selecionado foi o *Landsat 5 – sensor TM (Thematic Mapper)* (8 bits com resolução espacial de 30 metros), as cenas foram coletadas nas datas 06/05/1985, 18/07/1994, 30/08/2004 e 05/03/2009 (a disponibilidade de imagens é afetada diretamente pela cobertura de nuvens, pelo fato de a área de estudo situar-se na região litorânea a disponibilidade de imagens é muito baixa). O processamento das imagens teve por finalidade verificar a presença de vegetação na área de estudo e área adjacente.

A obtenção das imagens orbitais foi realizada no Banco de Imagens do USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos (earthexplorer.usgs.gov), as imagens foram baixadas sem nenhum nível de processamento. Para abranger a área em estudo, foram utilizadas imagens com órbita 220 / ponto 78.

As imagens de satélite foram importadas para o *software Qgis* (versão 3.4), onde foi realizado o pré-processamento das imagens pelo *plugin semi-automatic classification* (correção atmosférica e conversão para reflectância). Para geração do NDVI foram utilizadas as seguintes bandas do *Landsat 5* foram: Banda 3 (RED: vermelho / resolução espectral: 0.63-0.69 μm) e Banda 4 (NIR: infravermelho próximo / resolução espectral: 0.76-0.90 μm), sendo que para a geração do índice de vegetação foi aplicada uma equação.

A equação raster utilizada:

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

Sendo:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR = Banda infravermelho próximo

RED = Banda vermelha

Os valores obtidos no NDVI são indicativos de cobertura vegetal, sendo que os valores variam entre -1 e +1. Os valores do NDVI podem ser divididos em três classes: i) ≤ 0.2 indicam as áreas sem presença de vegetação, solo exposto, afloramento de rochas, áreas construídas e corpos hídricos; ii) entre 0.2 e 0.5 indicam a presença de vegetação com menor densidade (vegetação em crescimento, arbustiva possuindo baixo teor de biomassa); iii) ≥ 5 indicam a presença de vegetação densa (formações com características florestais que apresentam alto vigor em termos de biomassa).

Resultados e discussões

O NDVI se demonstrou eficaz no mapeamento, possibilitando a visualização dos corpos hídricos e os sedimentos suspensos, identificação das áreas de vegetação e a verificação da densidade dessas áreas. Quanto aos índices de vegetação, levando em consideração toda a cena, sendo que o valor mínimo foi de -0.760 no ano de 1994, enquanto o valor máximo registrado foi de 0.878 no ano de 1985 (Tabela 1).

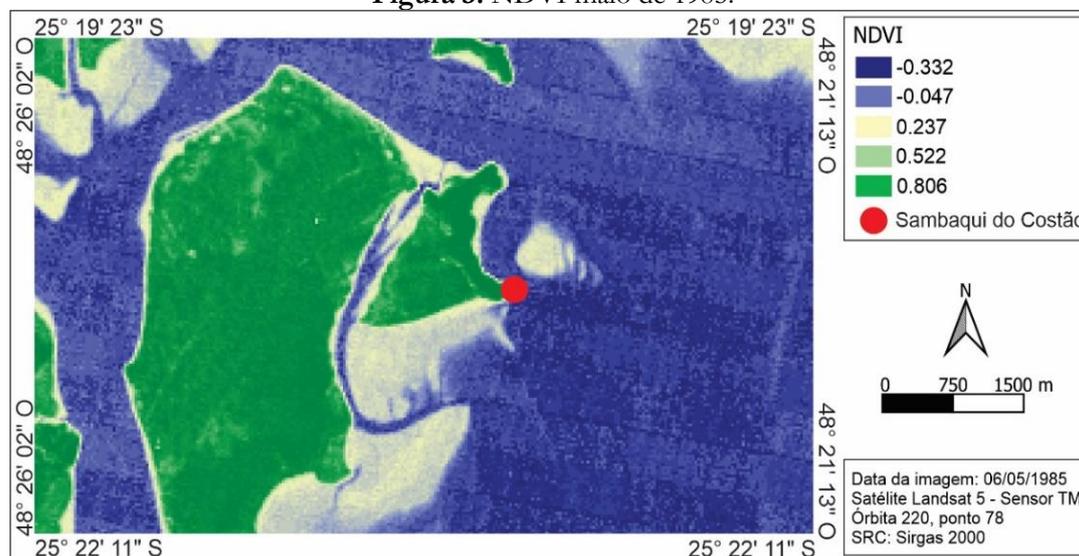
Tabela 1: Valores máximos e mínimos do NDVI.

| Data da imagem | Valor mínimo | Valor máximo |
|----------------|--------------|--------------|
| 06/05/1985 | -0.503 | 0.878 |
| 18/07/1994 | -0.760 | 0.844 |
| 30/08/2004 | -0.408 | 0.788 |
| 05/03/2009 | -0.411 | 0.799 |

Fonte: Os autores.

Os índices indicam que a vegetação no Sambaqui do Costão e áreas adjacentes apresentaram baixa variação ao longo do período analisado, a maior parte da vegetação manteve índices iguais ou superiores a 5 indicam a presença de formações florestais densas, no mesmo sentido, Jaster (1989) realizou a classificação da vegetação como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ou de Planície Quaternária. As áreas de verde escuro e verde claro representam as áreas com vegetação, enquanto as áreas com coloração bege nos mapas compreendem as faixas antepraia, áreas construídas, solo exposto e sedimentos suspensos, à medida que os corpos hídricos são classificados pela coloração azul nos mapas.

Na imagem datada de 06/05/1985 apresentou maior quantidade de sedimentos suspensos, principalmente na borda leste da Ilha Rasa e Ilha das Gamelas (Figura 3). A área para o período analisado apresenta vegetação preservada em toda localidade da APA, não sendo possível detectar a presença de ocupação humana.

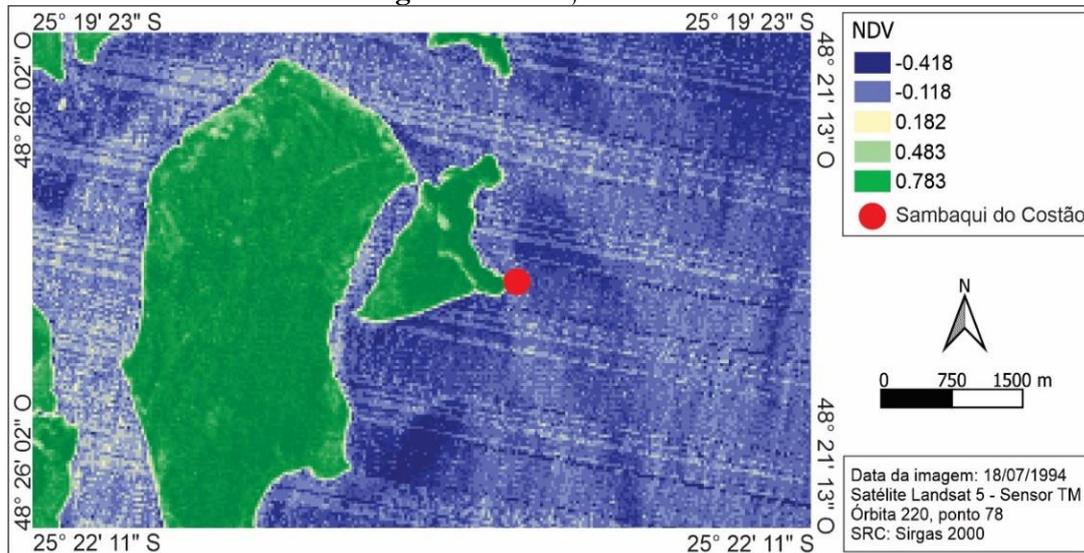
Figura 3: NDVI maio de 1985.

Fonte: Os autores.

Enquanto na imagem datada de 18/07/1994 se observa a redução na quantidade de sedimentos suspensos em relação a imagem anterior (Figura 4). Quanto a vegetação, ela

apresentou semelhança com a primeira imagem, não observadas variações que indiquem a ocupação humana.

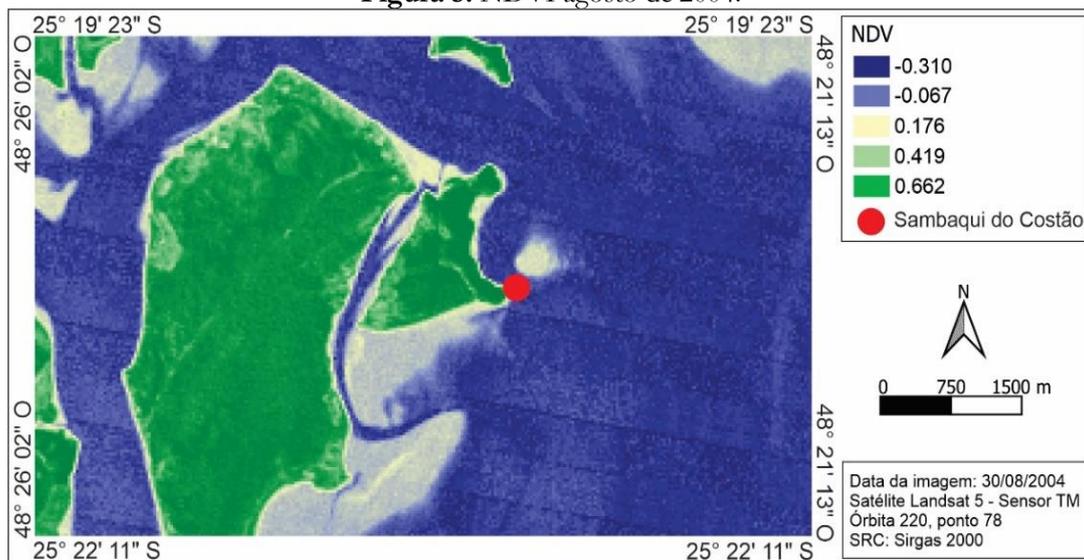
Figura 4: NDVI julho de 1994.



Fonte: Os autores.

A imagem de 30/08/2004 apresenta elevação na quantidade de sedimentos suspensos no entorno da Ilha das Gamelas e Ilha Rasa (Figura 5). Outro fato observado são os pontos com redução na densidade da vegetação, principalmente na porção leste da Ilha das Gamelas e na porção leste e oeste da Ilha Rasa, sendo que na porção norte da Ilha Rasa são observadas variações nos índices relacionados a ocupação humana.

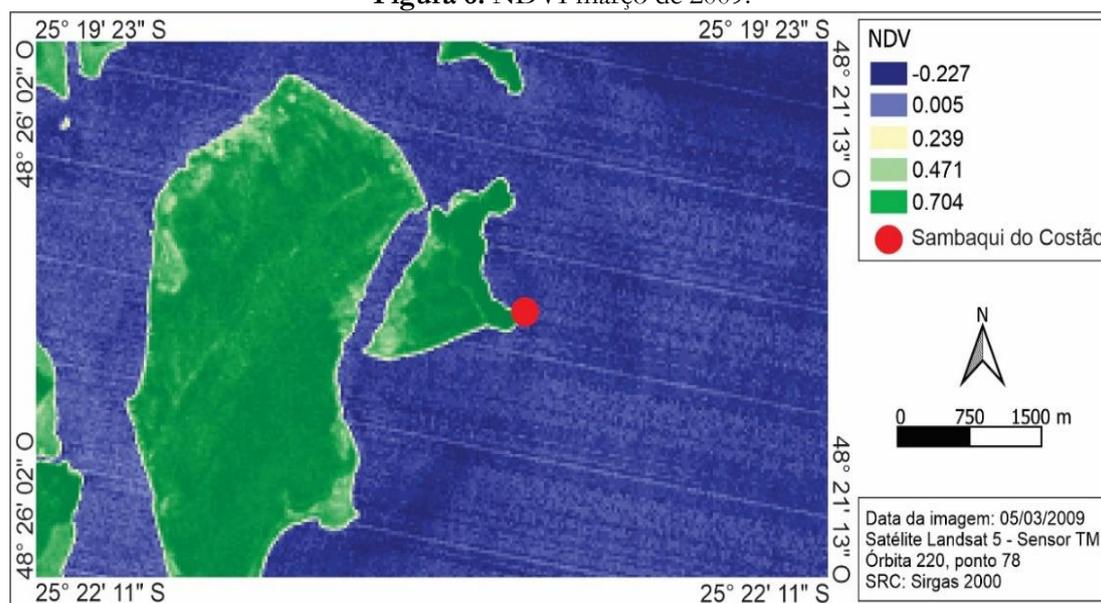
Figura 5: NDVI agosto de 2004.



Fonte: Os autores.

Em 05/03/2009 é observado a redução da quantidade de sedimentos suspensos no entorno das ilhas estudadas (Figura 6). Em relação a densidade da vegetação, os índices se mantiveram semelhantes a imagem anterior, apresentando pontos com menor densidade na porção leste da Ilha das Gamelas e na porção leste e oeste da Ilha Rasa. As áreas de ocupação humana não apresentaram variação em relação a imagem anterior, vale ressaltar que o controle da ocupação humana é fruto da criação da APA de Guaraqueçaba, que permite esta ocupação, mas que deve cumprir exigências de preservação dos recursos naturais.

Figura 6: NDVI março de 2009.



Fonte: Os autores.

Quanto à vegetação no Sambaqui do Costão, foi coletado o valor referente a vegetação no pixel onde ele está localizado, sendo que o valor mínimo de 0.644 (30/08/2004) e o valor máximo de 0.827 (06/05/1985). Apesar das variações registradas ao longo do período, os índices registrados indicam a presença de vegetação densa (≥ 5) sobre o sambaqui no período analisado, indicando a estabilidade da vegetação.

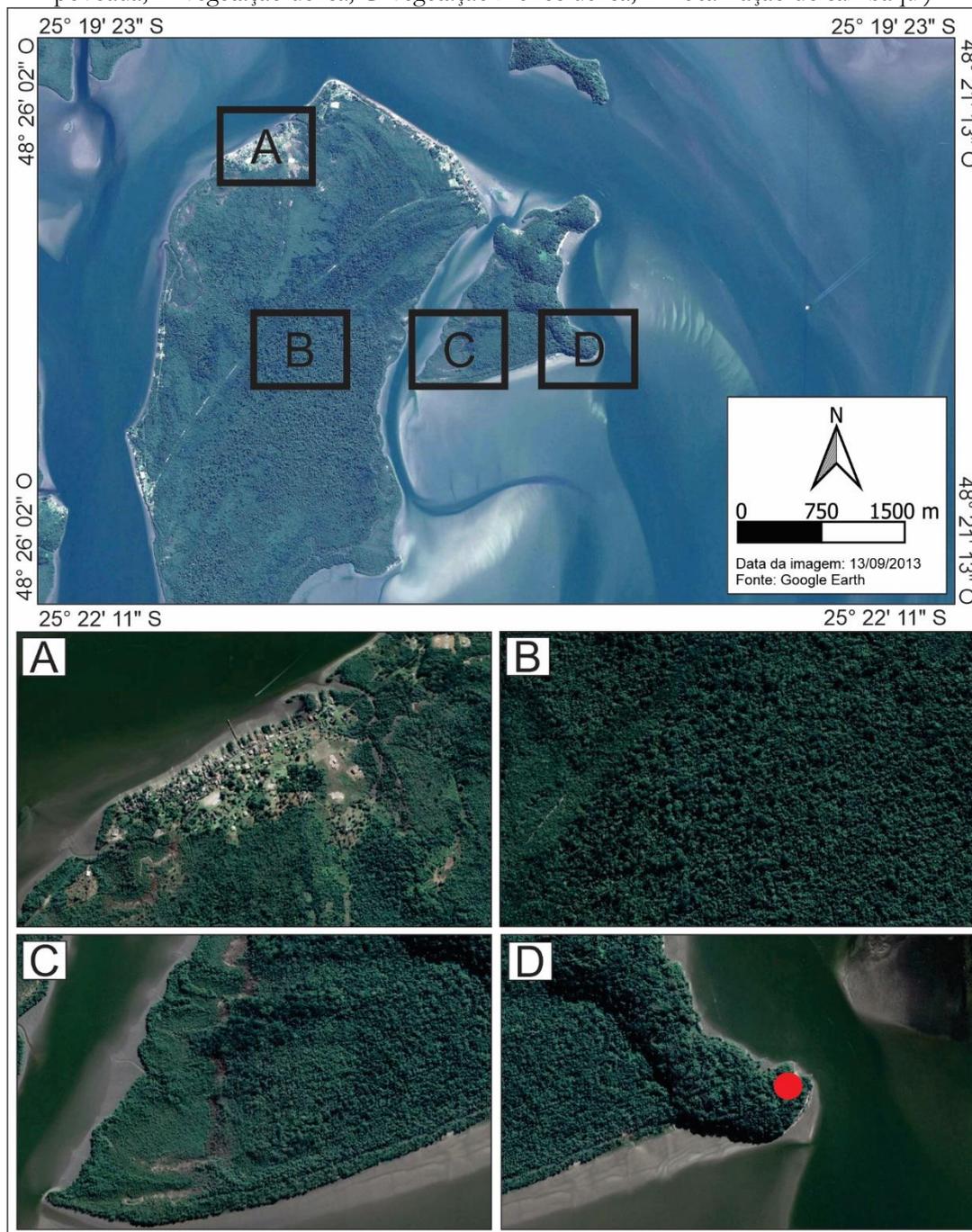
Tabela 2: Valor do índice de vegetação no pixel do sambaqui do Costão

| Data da imagem | Valor |
|----------------|-------|
| 06/05/1985 | 0.827 |
| 18/07/1994 | 0.761 |
| 30/08/2004 | 0.644 |
| 05/03/2009 | 0.728 |

Fonte: Os autores.

Na figura 7 é apresentada uma imagem de satélite da área pesquisada, identificando os principais elementos da paisagem, corroborando os resultados obtidos pela pesquisa.

Figura 7: Imagem de satélite do ano de 2013, apresentando as características da área (A: área povoada; B: vegetação densa; C: vegetação menos densa; D: localização do sambaqui).



Fonte: Google Earth Inc. (2013); Organizado pelos autores.

A umidade influi diretamente nos valores obtidos pelo índice de vegetação, sendo que os dados de precipitação da estação climática de Guaraqueçaba são apresentados na tabela 3. Em relação aos dados de precipitação, em ambas as datas que as imagens foram coletadas, a quantidade de dias sem chuva foi baixa, sendo que nas datas 06/05/1985 e 30/08/2004 foi registrado um dia sem chuva, enquanto nas datas 18/07/1994 e 05/03/2009 não foi registrado nenhum dia sem chuva. Quanto a precipitação acumulada nos 30 dias que antecederam a captura da imagem, o menor valor registrado foi de 102.3 mm (06/05/1985), enquanto o maior valor registrado foi de 451 mm (05/03/2009).

Tabela 3: Dados de precipitação, constando dias sem chuva antes da coleta da imagem e precipitação acumulada nos 30 dias que antecederam a coleta da imagem (Estação de Guaraqueçaba – PR)

| Data | Dias sem chuva | Precipitação acumulada (30 dias) |
|------------|----------------|----------------------------------|
| 06/05/1985 | 1 | 102.3 mm |
| 18/07/1994 | 0 | 116.3 mm |
| 30/08/2004 | 1 | 144.1 mm |
| 05/03/2009 | 0 | 451.0 mm |

Fonte: IAPAR (2022).

Os valores de precipitação apresentaram grande variação nos períodos analisados, a variação pode ser correlacionada ao fato dos períodos estarem em diferentes estações. Gurgel et al. (2003) realizaram pesquisa na Floresta Ombrófila Densa, indicando que os maiores índices de vegetação ocorrem aproximadamente dois meses após o período de chuvas, no caso de Guaraqueçaba o período com maiores índices pluviométricos ocorre entre janeiro e março, confirmando os maiores índices em 06/05/1985 e 18/07/1994, por consequência os dados obtidos no período chuvoso são menores, como observado na imagem de 05/03/2009. Ainda de acordo com Gurgel et al. (2003), no período de julho a outubro ocorre redução nos índices de vegetação em decorrência da redução na umidade, fato observado na imagem do dia 30/08/2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização da pesquisa, fica evidente a eficácia do NDVI no monitoramento de: áreas de vegetação (identificação das variações na densidade da vegetação, assim como áreas desmatadas), corpos hídricos (identificação da variação na

quantidade de sedimentos suspensos) e os impactos antrópicos (impactos ocasionados pela ocupação e desenvolvimento de atividades humanas).

De modo geral, os índices NDVI indicam que a vegetação possuía maior densidade no ano de 1985, ocorrendo a redução da densidade nas imagens posteriores, outro fato observado foi a redução na densidade da vegetação na porção norte da Ilha Rasa, local associado a presença de uma vila de pescadores. Ainda foram verificadas alterações nos corpos hídricos, sendo que no ano de 1985 e 2004 se tem maior quantidade de sedimentos depositados no entorno das ilhas estudadas. Outro ponto, com a criação da APA de Guaraqueçaba a ocupação humana tem sido feita de forma controlada, respeitando a legislação que determina o uso sustentável dos recursos naturais.

Quanto à vegetação localizada no pixel do sambaqui, os índices se mantiveram índices ≥ 5 entre os anos de 1985 e 2009, indicando a presença de vegetação densa ao longo do período. A estabilidade nos índices pode ser correlacionada ao Decreto nº 90.883 do Governo Federal de 31 de janeiro de 1985, que garante a proteção da região. Apesar da eficácia dos índices de vegetação na detecção de variações na densidade da vegetação e desmatamento, podendo ser aplicado como ferramenta auxiliar ao processo de fiscalização.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná pelo fornecimento dos dados climáticos; ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam; ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA).

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre - Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do departamento de Geografia**, v. 33, 2017. <https://doi.org/10.11606/rdg.v33i0.128171>
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Composição florística e distribuição altitudinal de epífitas vasculares da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000400015>
- BRASIL. **Decreto Federal Nº 90.883, 31 de janeiro de 1985**. Brasília, DF, 1985.

BRASIL. **LEI Nº 3.924, 26 de julho de 1961.** Brasília, DF, 1961.

BRASIL. Lei nº 9.985/2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** Brasília: MMA/SBF, 2002.

CELENTANO, D.; VERISSIMO, A. **A Amazônia e os Objetivos do Milênio.** Belém: Imazon, 2007. v. 01. 47p.

FU, B.; BURGHER, I. Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. **Journal of Arid Environments**, v.113, p. 59-68. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.010>

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo de variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100014>

IAPAR (Instituto Agrônomo do Estado do Paraná). **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná.** IAPAR, Londrina, 1978.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Guaraqueçaba - Paraná.** Dados infográficos do município. 2019.

JASTER, C. B. **Relatório preliminar do levantamento florístico da Ilha das Gamelas.** Relatório interno do Museu Paranaense, 1989.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3ª edição. 2005. Editora UFV.320p.

ODS BRASIL. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Instituto Brasileiro de Geografia – IBGE. 2021. Disponível em: < <https://odsbrasil.gov.br/> >. Acesso em 01 de outubro de 2021.

OTTO, M.; SCHERER, D.; RICHTERS, J. Hydrological differentiation and spatial distribution of high altitude wetlands in a semi-arid Andean region derived from satellite data. **Hydrology and Earth Systems Science**, v. 15, 2011.

PARELLADA, C. I.; MACEDO, C. M. A. S. Sambaqui do Costão: uma visão ambiental. **Revista do CEPA**, v. 17, n. 20, 1990.

ROCHADELLI, R.; SANTOS, A. J.; SCHNEIDER, A. V. O contexto socioambiental das unidades de conservação no município de Guaraqueçaba – PR: percepções da população local. **Comunicação & Mercado**, vol. 04, 2015, p. 91-103.

ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A. A. S.; FLORENZANO, T. G. Análise Comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS e TM/ Landsat5 em uma área urbana. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2005. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.16.17.49/doc/1075.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2021.

SOUZA, G. O; et al. A saúde na agenda das conferências internacionais sobre o meio ambiente. **Aréte (Manaus)**, v. 10, p. 72-86, 2017.