

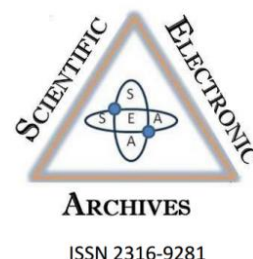
Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 16 (10)

October 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/161020231789>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1789>



Análise da saúde vegetal de manguezais com o uso de índices de vegetação através de técnicas radiométricas espectral multibandas

Analysis of the plant health of mangroves using vegetation indices using multiband spectral radiometric techniques

Corresponding author

Ralph Wendel Oliveira de Araujo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

ralpharaujo2015@gmail.com

Luiz Artur dos Santos da Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Ariston de Lima Cardoso

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Resumo. Os manguezais são ecossistemas que abrigam grande biodiversidade vegetal e animal, com papel importante na ciclagem de matéria orgânica e na manutenção dos ecossistemas costeiros, sendo inclusive considerados Áreas de Preservação Permanente. Compreender e caracterizar as propriedades das espécies vegetais do mangue a partir de medidas de reflexão da luz - fotogrametria - para ampliar o entendimento de processos naturais e antrópicos e seus efeitos sobre o manguezal é vital para a realização de previsões e políticas públicas. Este estudo foi realizado na localidade de Acupe, na cidade de Santo Amaro, Bahia, Brasil, utilizando técnicas de geotecnologia, como a aerofotogrametria e técnicas de processamento digital de imagens, além de sensores multiespectrais em multibandas de análise. A partir das coletas, foi verificada a saúde vegetal por meio do índice de vegetação por diferença normalizada. Os resultados apresentam os valores correspondentes à saúde vegetal da região, caracterizando áreas saudáveis e regiões potencialmente contaminadas, colaborando para a modelagem ambiental da área e levantamento de banco multiparâmetro da Baía de Todos os Santos.

Palavras-chave: Imagem Multiespectral; Geotecnologia; Levantamento Fotogramétrico.

Abstract. Mangroves are ecosystems that house great plant and animal biodiversity, with an important role in the cycling of organic matter and the maintenance of coastal ecosystems, being considered Permanent Preservation Areas. Understanding and characterizing the properties of mangrove plant species from measures of light reflection - photogrammetry - to expand the understanding of natural and anthropic processes and their effects on the mangrove is vital for making predictions and public policies. This study was carried out in the locality of Acupe, in the city of Santo Amaro, Bahia, Brazil, using geotechnology techniques, such as aerial photogrammetry and digital image processing techniques, as well as multispectral sensors in multiband analysis. From the collections, plant health was verified through the normalized difference vegetation index. The results present the corresponding values of the region's plant health, characterizing healthy areas and potentially contaminated regions, contributing to the environmental modeling of the area and the survey of the multiparameter database of Todos os Santos Bay.

Keywords: Multispectral Imaging; Geotechnology; Photogrammetric survey.

Introdução

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre a terra e o mar presentes em regiões tropicais e subtropicais. Eles possuem uma rica diversidade de fauna e flora e são considerados de extrema importância para o planeta Terra. No Brasil, esses ecossistemas ocupam cerca de 20.000 km² da costa, desde Oiapoque no Amapá até a Laguna em Santa Catarina, sendo protegidos por leis ambientais (lei, 12.651/12) (Correia e Sovierzski 2005; Carricho, 2003; Matias e Silva 2017).

As áreas de mangue desempenham um papel crucial na manutenção dos bens e serviços do planeta, como sequestradores de carbono, estocadores de biomassa no solo e auxiliares na redução das vulnerabilidades das zonas costeiras causadas pelas mudanças climáticas (ICMBio, 2018). Além disso, esses ecossistemas também possuem importância econômica, proporcionando o desenvolvimento de comunidades ribeirinhas com a extração de moluscos, crustáceos e peixes (Matias e Silva 2017).

No entanto, esses ecossistemas estão sofrendo pressões antrópicas, com uma redução estimada de 25% dos manguezais brasileiros desde o século 20. Muitos dos manguezais ainda existentes estão classificados como vulneráveis ou ameaçados de extinção (ICMBio, 2018). O monitoramento e acompanhamento desses ecossistemas são atividades complexas devido às condições de alagamento periódicas e dificuldade de acesso às regiões (Arasato et al, 2015).

Para lidar com essas dificuldades, áreas como geofísica ambiental, biologia vegetal e sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas para monitorar esses ecossistemas, uma vez que demandam menos logística quando trabalham com grandes áreas de manguezais (Santos, 2017; Silva 2019). O uso de tecnologias voltadas ao sensoriamento remoto, utilizando imagens, proporciona a detecção e o monitoramento de áreas e suas respectivas mudanças ambientais em diferentes escalas (Siravenha et al, 2013).

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), associado à utilização de sensores, tem se tornado uma ferramenta de extrema importância para a coleta de dados e extração de informações biofísicas da vegetação. Isso pode ter aplicações diversas, desde o monitoramento ambiental até auxiliar no entendimento da dinâmica dos ecossistemas de forma rápida e eficiente (Zhao et al., 2018; Barros, Farias e Marinho, 2020).

Com o uso de sensores espectroscópicos, é possível realizar desde o mapeamento até a extração de informações (através da captação de imagens em diferentes bandas espectrais) da vegetação, bem como utilizá-los para a construção de modelos capazes de estimar com precisão dados da área estudada (Dashpurev et al., 2021).

Dentre os índices disponíveis para a

avaliação de características fisiológicas da vegetação, o mais utilizado é o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Ele se baseia em combinações de reflectância de índices espectrais (Silva e Moreira, 2011).

O índice NDVI é a razão entre a diferença das bandas infravermelho próximo e vermelho visível pela soma das mesmas, sendo utilizado como indicador das condições da vegetação estudada (Gameiro et al., 2017). A utilização das bandas do vermelho visível e do infravermelho próximo se dá pela relação direta destas em processos vitais da planta, como a absorção de clorofila pela folha do vegetal, proporcionando verificar através da inserção da álgebra desse índice a condição fisiológica de uma dada vegetação (Siravenha et al., 2013).

A escala desse índice varia de -1 a 1, sendo descrito que, quanto mais próximo do valor máximo (1), a vegetação apresenta maior vigor e atividade fotossintética (Aquino e Oliveira, 2012). Junto a essa avaliação, ainda é possível verificar áreas com ausência ou falhas na vegetação (Ornellas e Lopes, 2020).

Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo analisar, com o uso de geotecnologias, como câmeras multibandas alocadas em VANTs a região de mangue localizada no baixo Subaé, distrito de Acupe, pertencente à cidade de Santo Amaro-BA. Isso será feito através do índice espectral NDVI, para verificar as condições da vegetação de mangue e delimitar possíveis áreas que denotam problemas relacionados às condições vegetais extraídas pelo índice, da região pertencente à Baía de Todos os Santos.

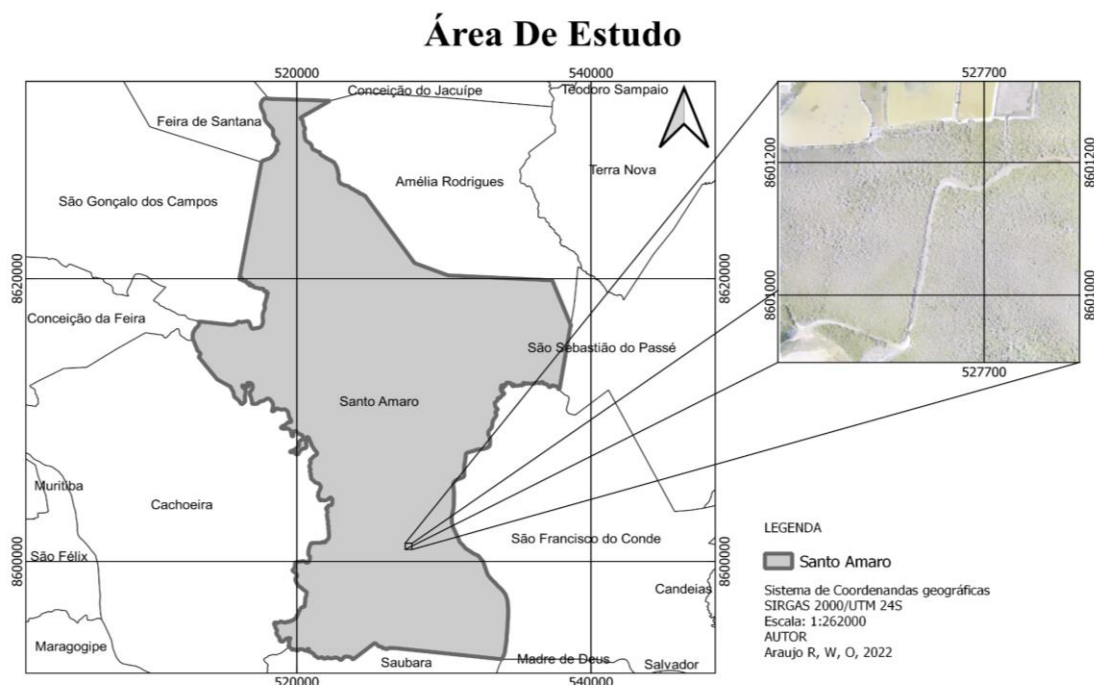
Materiais e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado no distrito de Acupe, situado em Santo Amaro-Bahia (conforme indicado na Figura 1). De acordo com Weather Spark (2022), a região apresenta uma amplitude térmica média de cerca de 20°C a 34°C, verão longo, média de 134 mm de precipitação mensal, umidade média de 86% e velocidade média do vento variando de 0,6 km/h a 10,4 km/h. A elevação média da região em relação ao nível do mar é de 11 metros e a vegetação predominante é de Mata Atlântica, com manguezais presentes em boa parte da zona litorânea.

A vegetação de mangue presente na área apresenta características típicas, tendo seu desenvolvimento majoritário em áreas sobre substrato lamoso, com mecanismos adaptativos à condição de salinidade a que são submetidas, como raízes pneumatóforas, que têm por especialidade a obtenção de oxigênio do ar e sustentação, bem como outras adaptações que garantem sua fixação na área, além de serem consideradas como halófitas facultativas (ICMBio, 2018).

Figura 1. Delimitação da área de estudo (Acupe-Santo Amaro-BA)



Fonte: Próprio autor

Coleta de dados

A coleta de imagens foi realizada em 29/10/2019, observando condições climáticas ideais para voo. Para o voo, foi utilizado um drone DJI Phantom 4 Advanced, equipado com uma câmera multiespectral Parrot Sequoia, que captura imagens

em quatro bandas: green, red, red edge e near infrared. Uma imagem foi coletada em cada sensor da câmera para cada ponto determinado. A tabela 1 apresenta as bandas e suas respectivas faixas de comprimento de onda.

Tabela 1. Bandas e respectivas faixas de comprimento de onda da câmera multiespectral Parrot Sequoia.

Banda	Faixa do comprimento de onda (nm)
Green	510-590
Red	620-700
Red Edge	725-745
NIR (Infravermelho Próximo)	750-830

Fonte: Parrot

Para garantir a uniformidade e parametrização na coleta das imagens foi utilizado o software de planejamento de voo autônomo DroneDeploy, neste foram inseridos os seguintes parâmetros: altura de voo 150 metros, sobreposição lateral e frontal de 75% e velocidade de 15m/s, através destas informações o software determina a quantidade de imagens a serem capturadas e os seus respectivos pontos.

Análise e processamento dos dados

Para processar os dados, foi necessário um conjunto de máquinas com chipset avançado, denominado cluster. A tabela 2 apresenta as máquinas utilizadas no processamento dos dados.

No cluster, foi utilizado o software Agisoft MetaShape, versão 1.5.1, compilação 7618 (64 bits), com a finalidade de realizar o processamento aerofotogramétrico por meio da técnica Structure from Motion (SfM). De acordo com Schonberger e Frahm (2016), essa técnica é uma estratégia para reconstrução de imagens de coleções não ordenadas, que garante precisão, integridade e escalabilidade..

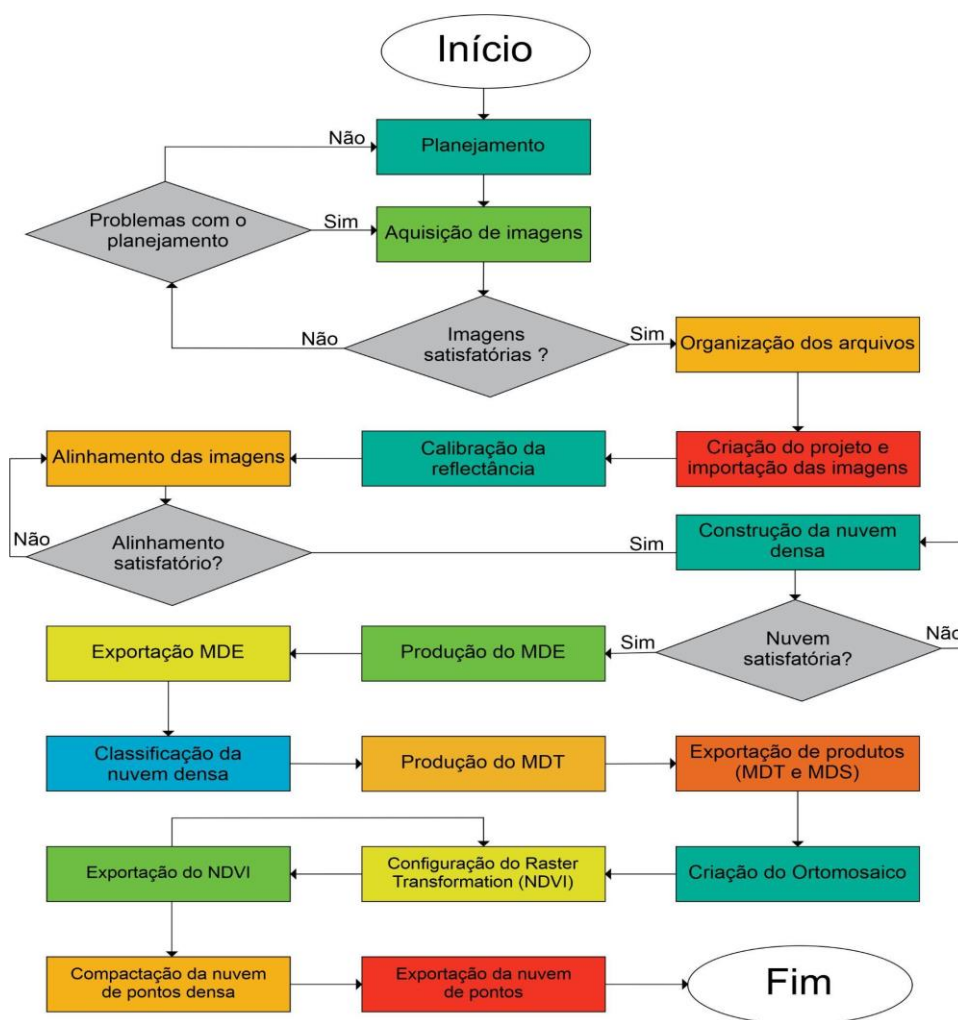
Após a realização do fluxo de trabalho (figura 2) foram obtidos os dados espectrais, a imagem multiespectral e a imagem em RGB para análise da área de estudo. A tabela 03 apresenta os produtos obtidos após o processamento.

Tabela 2. Cluster de máquinas utilizadas no processamento dos dados

Máquina	Descrição
Servidor	Processador: intel i9-9900K 3.60GHz; Memória: 64GB DDR4 2400MHz GPU: NVIDIA GeForce GTX1070 8GB
1° nó de processamento	Processador: intel i7- 4600U 2.1Ghz; Memória: 8GB DDR3 1600MHz GPU: Integrada
2° nó de processamento	Processador: intel xeon 2ª geração; Memória: 8GB DDR3 1800MHz GPU: AMD GT730 DDR3 4GB
3° nó de processamento	Processador: intel i5-3578 3.4Ghz; Memória: 12GB DDR3 1800Mhz GPU: AMD GT730 DDR3 4GB
4° nó de processamento	Processador: intel i5-3578 3.4Ghz; Memória: 20GB DDR3 1800Mhz GPU: AMD GT730 DDR3 4GB
5° nó de processamento	Processador: intel i5-3578 3.4Ghz; Memória: 24GB DDR3 1800Mhz GPU: AMD GT730 DDR3 4GB

Fonte: Próprio autor

Figura 2. Fluxograma de coleta e processamento dos dados



Fonte: Próprio autor

Tabela 3. produtos obtidos após o processamento

Produto	dimensões (Pixels)	Tamanho em disco (MB)
Ortomosaico RGB	16300 X 17112 pixels	998 MB
Ortomosaico NDVI	5202 X 4948 pixels	140 MB

Fonte: Próprio autor

Resultado e Discussões

O levantamento cobriu uma área de 24,24 hectares (ha), dos quais 17,11 ha são de manguezal e 7,13 ha são de área com água. Os resultados

obtidos para a área de estudo em relação ao índice NDVI foram apresentados na Tabela 05.

Tabela 5. Valores estatísticos do NDVI para a área de estudo

Índice	Média	Desvio Padrão	Moda	Mínimo	Máximo
NDVI	0,41419	0,12997	0,42063	-0,69686	0,81235

Fonte: Próprio Autor

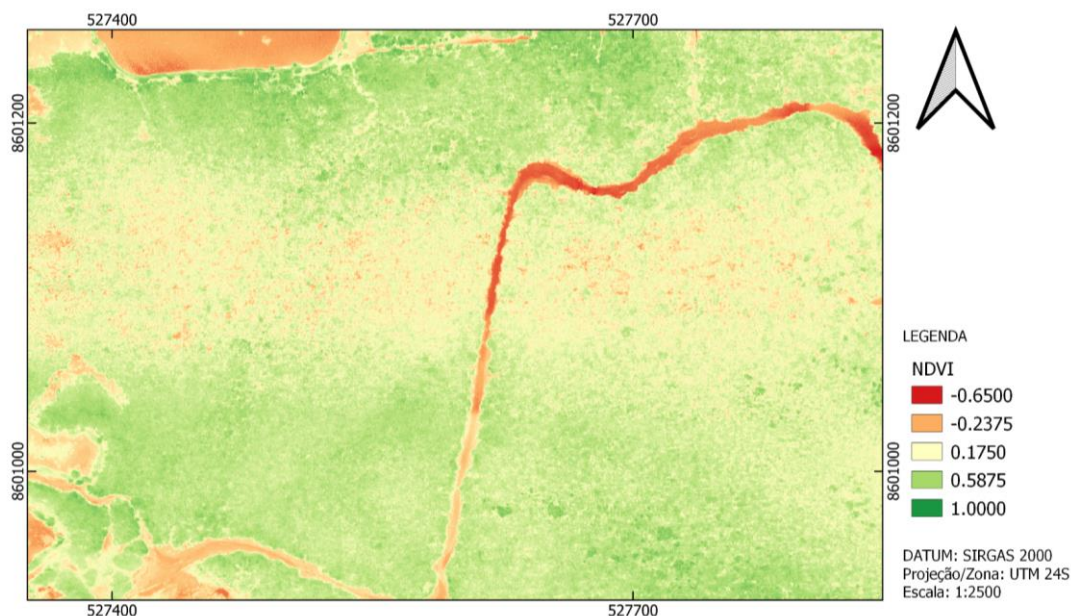
Em média, a vegetação apresentou valores de NDVI de 0,41419, o que é considerado normal e indica desenvolvimento e condição moderadamente sadia para a vegetação (Gameiro et al., 2017; Aquino e Oliveira, 2012). A moda apresentou um valor próximo à média, sendo de 0,42063, evidenciando que a maior parte da vegetação da região estudada apresenta saúde em condições moderadas de acordo com o índice NDVI.

Para o valor mínimo, o resultado foi de -

0,69686, o que ocorreu devido à presença de áreas alagadas e próximas aos corpos d'água da área de estudo. Os valores máximos para o índice foram de 0,81235, considerados bons, caracterizando um ótimo desenvolvimento e indicando que a vegetação da região estudada se apresenta em condições saudáveis.

A Imagem 02 apresenta a área de estudo, na qual o índice NDVI foi extraído, com a utilização de falsa cor para melhor visualização dos dados.

Figura 2. NDVI gerado a partir do sensor multiespectral



A Imagem 02 apresenta a área de estudo, onde foi extraído o índice NDVI utilizando falsa cor para uma melhor visualização dos dados. Observa-se que, na região central da imagem, a coloração apresenta tons amarelados e alaranjados, representando índices baixos de NDVI (0,1750 a -

0,2375), demonstrando que a vegetação encontra-se em condições de saúde vegetal e vigor baixa. Na região superior e inferior da área, a coloração varia de um verde claro a pontos com verdes mais vivos, demonstrando índices bons a elevados para o NDVI (0,5875 a 1,0). Valores de NDVI nessa escala

representam que a vegetação da área apresenta condições de saúde vegetal boa e atividade fotossintética elevada. A coloração alaranjada e avermelhada indica valores de NDVI negativos (-0,2375 a -0,6500), e se dá pela presença de áreas alagadas e do rio que passa pela região estudada.

Após a análise da área para o índice NDVI, foi possível verificar que cerca de 62.986 m², equivalente a 6,29 hectares, apresenta redução na densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa no solo, indicando uma redução na saúde da vegetação na região analisada. Essa informação foi identificada na região central do mapa, onde o valor de NDVI varia entre -0,2375 e 0,1750 (tons amarelados e alaranjados). Oliveira (2022) afirma que a diminuição do NDVI indica a degradação da vegetação, tornando-se uma ferramenta eficiente para identificar áreas degradadas ou em processo de degradação.

Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho são satisfatórios, fornecendo informações importantes sobre a saúde vegetal da área de estudo, destacando a importância do uso de geotecnologias e sensoriamento remoto na análise e compreensão do comportamento das condições vegetais das regiões de mangue.

A análise do NDVI revelou que, de modo geral, a saúde vegetal do local está em boas condições, com a maior parte da vegetação apresentando valores de NDVI em torno de 0,41, classificando-as como vegetação moderadamente saudável.

A aplicação de índices como NDVI também possibilita a identificação de áreas degradadas, facilitando o manejo e otimizando os processos de monitoramento para reduzir os potenciais impactos ambientais. Ademais, os dados gerados tornam-se uma base de informações relevante para monitorar o avanço ou redução das áreas degradadas.

A utilização das geotecnologias aplicadas à análise de manguezais demonstrou ser eficiente na análise espacial da vegetação. Recomenda-se, portanto, o desenvolvimento de novos estudos que contemplem áreas de manguezais em uma escala temporal mais ampla, a fim de monitorar e compreender melhor as áreas costeiras com o uso dessas tecnologias. A utilização dessas técnicas possibilita uma otimização na coleta de dados e no monitoramento periódico das áreas em estudo, o que pode trazer benefícios significativos na gestão ambiental.

Nesse sentido, é importante destacar a importância de se realizar estudos interdisciplinares que envolvam a participação de diferentes atores, como pesquisadores, gestores públicos e comunidades locais, a fim de garantir a sustentabilidade e o uso racional dos recursos naturais presentes nos manguezais.

Por fim, conclui-se que a análise da saúde vegetal com o uso de geotecnologias e sensoriamento remoto é uma ferramenta importante

para o monitoramento e gestão ambiental de áreas de mangue, podendo auxiliar na identificação de áreas degradadas e na promoção de ações que visem à conservação desses ecossistemas costeiros podendo fornecer informações para a implementação de políticas públicas voltadas para a conservação e gestão das áreas de manguezais.

Referências

AQUINO, Cláudia Maria Saboia; OLIVEIRA, Jose Geraldo Beserra. Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI. São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/74261/77904>. Acesso em: 19 jul. 2022.

ARASATO, Luciana Satiko *et al.* Uso do sensoriamento remoto óptico de alta resolução para a caracterização e monitoramento qualitativo de manguezais. Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1014.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BARROS, Antônio Soares *et al.* Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro do Norte – CE. Revista Brasileira de Geografia Física, 2020. Acesso em: 13 dez. 2022.

OLIVEIRA, Bianca Duarte. Sistema de informações geográficas para monitoramento das mudanças temporais em solos hidromórficos no cerrado. 2022. 22 p. Dissertação — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/35907/1/SistemaInformacoesGeograficas.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

CARICCHIO, Camilla. Manguezais. Bahia, 2019. Disponível em: <http://www.zonacosteira.bio.ufba.br/Manguezais.htm>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CORREIA, Monica Dorigo; SOVIERZOSKI, Hilda Helena. Ecossistemas Marinhos: Recifes, praias e manguezais. Maceió, Alagoas, 2005. Disponível em: https://daffy.ufs.br/uploads/page_attach/path/9358/ciencias2.pdf. Acesso em: 19 jul. 2022.

DASHPUREV, Batnyambuu *et al.* A cost-effective method to monitor vegetation changes in steppes ecosystems: A case study on remote sensing of fire and infrastructure effects in eastern Mongolia. Munich, Germany, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21009961?pes=vor#!>. Acesso em: 19 jul. 2022.

GAMEIRA, Samuel *et al.* Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI,

SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terrae/V13/PDFv13/TE067-2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE- ICMBIO. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília, 2018. Disponível em: https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_ata/content/14085/atlas%20dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

MATIAS, Lidiane; SILVA, Milena Dutra da. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. Penedo, Alagoas, 2017. Disponível em: <http://journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1447/1408>. Acesso em: 19 jul. 2022.

OLIVEIRA, Bianca Duarte. Sistema de informações geográficas para monitoramento das mudanças temporais em solos hidromórficos no cerrado. 2022. 22 p. Dissertação — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/35907/1/SistemaInformaçõesGeográficas.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

ORNELLAS, Joaquim Lemos; LOPES, Reis Nascimento. NDVI aplicado nas alterações da reserva extrativista marinha baía do Iguape. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/XI-015.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

PARROT DRONE SAS. Parrot Sequoia. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.parrot.com/uk/shop/accessories-spare-parts/other-drones/sequoia>. Acesso em: 19 jul. 2022.

SOUZA, Marcus Vinicius *et al.* Processamento de dados multiespectrais e álgebra de mapas no mapeamento de coberturas lateríticas no sudeste de Tocantins, BRASIL. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/processamento-de-dados-multiespectrais-e-algebra-de-mapas-no-mapeamento-de-coberturas-lateriticas-no-sudeste-de-tocantin>. Acesso em: 19 jul. 2022.

SANTOS, Camila Américo. Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo da evolução espaço temporal da dinâmica vegetal do manguezal Barra de Guaratiba – RJ. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Ciência Ambiental da Universidade Federal Fluminense, 2017.

SILVA, Joselane Priscila Gomes da *et al.* Caracterização dendrológica de *Rhizophora mangle* L., RECIFE – PE. Recife, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1340-2.pdf>. Acesso em: 31 maio 2020.

SILVA, Luiz Artur dos Santos da. Modelagem geoambiental em manguezais: detecção de áreas contaminadas via método eletromagnético indutivo no baixo Subaé, Baía de Todos os Santos. 2019. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Bahia, 2019.

SILVA, Anderson Messias; MOREIRA, Elvis Bergue Mariz. Avaliação espaço temporal do índice de vegetação (NDVI) no manguezal de Maracaípe – PE, através de imagens do satélite Landsat 5 TM. Curitiba, Paraná, 2011. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.08.19.03/doc/p1334.pdf?metadatarepository=dpi.inpe.br/marte/2011/07.08.19.03.28&mirror=dpi.inpe.br/banon/2003/12.10.19.30.54>. Acesso em: 17 jul. 2022.

SIRAVENHA, Ana Carolina Quintão *et al.* Uso de índices de diferença normalizada na detecção de nuvens e sombras em imagens Landsat-5 TM. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.18.39/doc/p0331.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SCHONBERGER, Johannes L.; FRAHM, Jan-Michael. Structure-From-Motion Revisited. [S. l.], 2016. Disponível em: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/html/Schonberger_Structure-From-Motion_Revisited_CVPR_2016_paper.html. Acesso em: 19 jul. 2022.

WEATHER SPARK. Clima e condições meteorológicas médias em Santo Amaro no ano todo. Weather Spark, 2022. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31053/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Santo-Amaro-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 5 abr. 2022.

ZHAO, Kunrong *et al.* Application research of image recognition technology based on CNN in image location of environmental monitoring UAV. Guangdong, China, 2018. Disponível em: <https://link.springer-com.ez278.periodicos.capes.gov.br/article/10.1186/s13640-018-0391-6#author-information>. Acesso em: 19 jul. 2022.