



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Padrões espaciais e usos da terra em manguezais do delta do Parnaíba

Davi Leal dos Santos Barbosa¹, Karoline de Sousa Almeida¹, Eduardo Lima de Sousa Júnior¹, Reurysson Chagas de Sousa Moraes², Bruna de Freitas Iwata³.

¹Graduandos, Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Piauí, Teresina, PI. davileal000@outlook.com (autor correspondente), karoline.almeida09@hotmail.com, eduardolimajunior@outlook.com. ² Professora do Instituto Federal do Piauí, Teresina, PI. iwata@ifpi.edu.br, ³ Professor do Instituto Federal do Piauí, Teresina, PI. reurysson@ifpi.edu.br

Artigo recebido em 09/06/2021 e aceito em 15/12/2021

RESUMO

As unidades de conservação em zonas costeiras e manguezais se distribuem em todo o litoral brasileiro, representando um sistema de preservação essencial às zonas frágeis. Os manguezais são parte dessa biodiversidade, sendo ecossistemas concessionários de variados serviços ecossistêmicos às espécies animais e humanas. As pressões da comunidade antrópica representam uma série de perdas em serviços ecossistêmicos, se estendendo aos mais variados usos e coberturas naturais decorrentes da distribuição ocupacional desta população, assim como os padrões destas, apresentam em parte os panoramas de distribuição, crescimento urbano e políticas de planejamento, haja vista que a dinâmica de sua distribuição espacial, assim como a velocidade que isso acontece responde a políticas de planejamento, quando aplicado a unidades de conservação torna-se ainda mais urgente sistemas eficazes de monitoramento ambiental de padrões de uso e ocupação da terra. O trabalho objetivou avaliar os padrões de cobertura e uso da terra na APA do Delta do Parnaíba ao longo das duas últimas décadas. Para tanto, foram utilizados dados abertos do projeto Mapbiomas, e imagens de satélite para geração de índices espectrais da vegetação. Foi identificado na APA do Delta do Parnaíba uma taxa de desflorestamento em torno de 64,8 Km² ao longo das duas últimas décadas (1999-2019). Áreas exploradas pelo agronegócio cresceram em 196,9 Km² e florestamento em torno de 194,4 Km², os padrões se distribuíram com melhor visibilidade em uso aquícola e crescimento urbano e sendo suas refletâncias essenciais para distinção de usos do solo, naturais e antrópicos.

Palavras-chave: Unidade de conservação; serviços ecossistêmicos; exploração agropecuária.

Spatial patterns and land uses in mangroves in the Parnaíba Delta

ABSTRACT

Conservation units in coastal and mangrove areas are found throughout the coast of Brazil and compose an essential preservation system for fragile areas. Mangroves are part of these areas with fragile biodiversity, and are ecosystems that provide different ecosystem services to animals and humans. Anthropogenic pressures cause a series of losses in ecosystem services, encompassing different land uses and natural soil coverings. These pressures are due to the occupancy distribution of the population and its patterns and, partly, show the distribution design, urban growth, and planning policies, since the dynamics and speed of the spatial distribution respond to planning policies. When these policies are applied to conservation units, the use of effective systems become even more urgent for environmental monitoring of land use and occupancy patterns. The objective of this work was to evaluate land use and cover patterns in the environmental preservation area (EPA) of the Delta do Parnaíba over the last two decades. Open data from the Mapbiomas project and satellite images were used to generate vegetation spectral indexes. A deforestation area of approximately 64.8 km² was found in the Delta do Parnaíba EPA over the last two decades (1999-2019). Areas explored by agribusiness showed an increase of 196.9 km² and forest areas showed an increase of 194.4 km². The distribution of the patterns was better noticed for aquaculture and urban growth, and their reflectance are essential to distinguish natural and anthropogenic land uses.

Keywords: Conservation unit. ecosystem services. agricultural exploitation.

Introdução

O Brasil é um dos países com maior biodiversidade do mundo, regida por leis que auxiliam na conservação de ecossistemas, a

exemplo das Zonas Costeiras, consideradas patrimônio nacional pela constituição brasileira, ainda sim, estão subsidiadas sob direção da versão mais atual da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Não obstante, esses espaços litorâneos são capitais

naturais fundamentais na manutenção de serviços ecossistêmicos.

As zonas litorâneas são ambientes de grande interesse ao uso e ocupação, tendo em vista as questões inerentes à paisagem e à produtividade destes ambientes, a ação antrópica se diversifica desde a ocupação para moradia e veraneio à exploração mineral, aquicultura, pesca, carcinicultura, atividades de recreação e turismo, sendo ainda explorada, atualmente com mais intensidade, para fins de geração de energia elétrica (Sousa, Valladares & Espíndola, 2016b; Ribeiro, Paiva, Lucas, Villacencio & Soares, 2020; Assis, 2020; Silva-Júnior, Nicacio e Rodrigues 2020). Fato gerador de uma série de impactos positivos, na economia, geração energética de emprego e renda.

Dentre esses impactos, Moschetto, Ribeiro & Freitas (2021) salienta que a regulamentação da ocupação promovida por essa população, em destaque os moradores irregulares majoritariamente em vulnerabilidade social, são atores importantes no processo de conservação do ecossistema manguezal, ainda que sua ocupação seja irregular, entretanto tal contribuição não exige que sua ocupação precisa ser considerada com cuidado, caso contrário, a flexibilização na legislação continuará colocando esses ambientes em risco de perder proteção. Ressalta-se também os riscos aos quais estão expostas essas comunidades em habitar essas áreas e sua percepção associada (Silva Júnior, Santos & Rodrigues, 2020; Santos, Silva & Andrade 2020; Pinheiro, Sarmento & Santos, 2021).

A cobertura vegetal nas paisagens costeiras sofreu um declínio significativo devido a eventos naturais em grande escala e continua supressão. A perda dessa cobertura resulta na formação de CO₂ e liberação de outros gases de efeito estufa o que torna evidente a importância socioambiental das zonas costeiras que pode ser evidenciada em diversos aspectos, como pela biodiversidade, que abriga diversas espécies de animais e vegetais, assim como pela geodiversidade, que apresenta aspectos diferenciados, principalmente relacionado às características geológicas e geomorfológicas (Fourqurean et al., 2012; Abdullah et al., 2019; Rabelo, 2018; Mota & Souza, 2021; Gonçalves, Lima & Rocha, 2020).

Além da extrema importância de preservação do ecossistema manguezal. Tendo em vista que o processo de sequestro de carbono por área de florestas de mangue é da mesma ordem de

grandeza do observado em outras florestas tropicais úmidas, fonte de recursos pesqueiros, processos físicos na linha costeira e proteção da linha da costa, sequestro de carbono, produção de alimento, filtro biológico, área de repouso, nidificação e berçários de espécies além de sua influência em ecossistemas adjacentes (ICMBIO, 2018; Jericó-Daminello, Gasparinetti & Seehusen 2018; Souza, Duarte, João & Pinheiro, 2018)

O litoral piauiense encontra-se em processo de transformação, em parte por apresentarem grande potencial turístico ainda que com planejamento fragmentado nos territórios, e por serem alvos de uma recente e intensa ocupação desordenada, neste litoral áreas próximas às praias, os canais fluviais, as áreas de manguezais são tipicamente mais vulneráveis (Sousa, Valladares & Espíndola, 2016a; Braga & Guzzi, 2021).

Medidas de combate e prevenção da degradação e apoio à restauração de habitats são fundamentais, visto que múltiplas pressões antropogênicas e impactos podem influenciar a perda de flora de manguezais, que variam consideravelmente em suas características e dinâmicas em diferentes contextos regionais e locais (Hayashi, Souza-Filho, Nascimento Jr & Fernandes, 2019; Benevides, Maia & Silva, 2021).

Essas pressões têm por consequência a alteração de padrões espaciais culminantes para desenvolvimento de impactos ambientais significativos. Para tanto, a difusão e inserção de ferramentas mais acessíveis de manipulação, como o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento têm sido amplamente usados por serem eficientes e adequados na execução de pesquisas sobre a observação de uso do solo e cobertura vegetal, gestão dos riscos de áreas susceptíveis a erosão, riscos ambientais, evolução costeira, modelagem de salinidade do solo, índices cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, análises temporais, monitoramento de ambientes costeiros, planejamento de gestão integrada entre outros. (Williams, 2015; Cenci, 2017; Prudêncio, 2019; Câmara, 2019; Barreto, 2019; Barros, Leite, Malzac & Silva, 2020; Souza Neto, Grégio & Carvalho, 2020; Heimann & Jesus Júnior, 2021).

Desta forma, o presente estudo buscou avaliar usos e padrões de ocupação da terra, assim como, o índice de vegetação e sua resposta espectral associada à avaliação espaço-temporal do uso e ocupação da terra da Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba nas duas últimas décadas.

Material e métodos

Área de Estudo

Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba (APA) (Figura 1) se localiza em parte do litoral do nordeste do Brasil, envolvendo os municípios do Maranhão, Piauí e Ceará, e foi criada por intermédio do Decreto Federal de 28 de agosto de 1996, abrangendo 313.809 hectares, acrescido de uma faixa de área marítima.

A unidade é gerenciada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e coordenada pelo núcleo regional de cada estado ao qual está compreendido. No território piauiense a respectiva área da APA inserida no estado, apresenta características

climáticas segundo a classificação de Kooper, proposta por Medeiros, Calvancanti & Duarte (2020) como do tipo “As” (Tropical chuvoso com verão seco), com solos dos tipos Gleissolos, Neossolos (Quartzarênicos e Flúvicos), Planossolos, Espodossolos, Cambissolos e Vertissolos segundo classificação de Cabral et al., (2019), na planície costeira.

Além dos relevos de agradação, tanto do tipo continental como é o exemplo da planície fluvial, quanto do tipo litorâneo como é o caso da planície costeira, da planície Fúlvio-marinha, das planícies colúvio-alúvio-marinhas e as planícies Flúvio-lagunares, além de dunas móveis, cordão arenoso e praias (Amorim, Valladares, Silva & Leal, 2019)

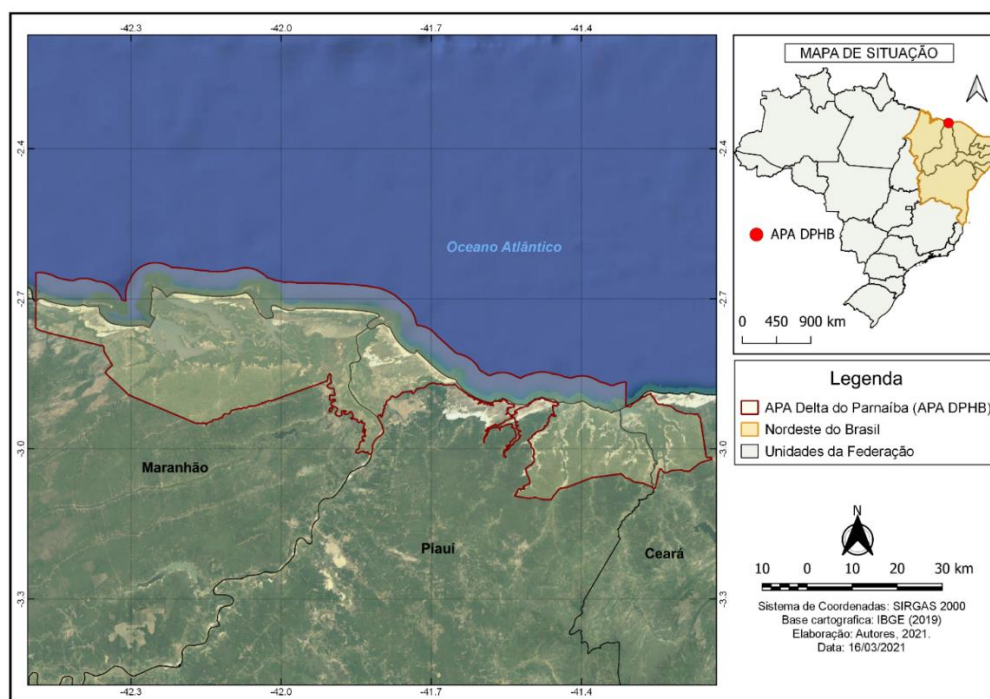


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo: Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba

Procedimentos metodológicos

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O estudo determinou o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com a finalidade de conhecer o índice de cobertura vegetal da APA, a partir de uma perspectiva distinta dos dados secundários, sua escolha se deu pela recorrência de usabilidade, e facilidade de processamento. Este é expresso pela relação de reflectância de superfície do infravermelho próximo (NIR) para a vermelha (RED), tendo-se assim a expressão de Rouse et al. (1974):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Onde: NDVI= índice de vegetação por diferença normalizada; NIR= banda infravermelho próximo; RED= banda do vermelho.

Foram utilizadas as bandas dos sensores Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ e Landsat 8 OLI fornecidos pela United States Geological Survey (USGS-EarthExplorer), e manipuladas por meio de calculadora raster utilizando o software QGIS 3.14. Por conseguinte, a expressão produto do NDVI

pode explicar as propriedades espectrais da vegetação a partir da diferença entre as refletâncias das bandas 3 (visível-vermelho) e 4 (infravermelho próximo) dividido pela soma das refletâncias das bandas do infravermelho com visível-vermelho. O resultado da combinação varia de -1 a 1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior indício de presença de solo exposto.

Coleta e análise de dados

Os dados de uso e ocupação do solo foram

coletados no Projeto MapBiomias (Coleção 5), em janeiro de 2021, dados disponíveis, referentes às duas últimas décadas (1999-2019) em toda área de estudo. Os dados coletados são caracterizados em áreas de ocupação natural e uso antrópico, além das definições e distinções por classes e suas respectivas subclasses (Tabela 1), os dados foram avaliados sistematicamente a partir do processamento via Plugin Semi-Automatic Classification (SCP) em software QGIS 3.14, e informações referentes ao desenvolvimento territorial ao longo dos anos, movimentação ao longo do território e alteração de usos naturais por antrópicos.

Tabela 01. Classes e subclasses apresentadas na plataforma MapBiomias. Fonte: Adaptado, MapBiomias (2019). Acesso em: 12/01/2021

CLASSE	SUBCLASSE
Floresta	Floresta natural Floresta plantada
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa Formação campestre Apicum Afloramento rochoso Outras formações não florestais
Agropecuária	Pastagem Agricultura Mosaico de agricultura e pastagem
Área não vegetada	Praia e Duna Infraestrutura urbana Mineração Outras áreas não vegetadas
Corpos D'água	Rio, lago e oceano Aquicultura
Não observado	

Resultados e discussão

As análises dos dados foram interpretadas conforme uso e cobertura da terra dos intervalos temporais selecionados a partir de sua avaliação foram correlacionadas as informações com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) nos mesmos intervalos temporais.

As avaliações de uso e cobertura da terra no intervalo 1999 e 2009 (Figura 2) demonstraram taxas de crescimento, em maior parte da APA DPHB, por ocupações antrópicas, distribuídas, principalmente, em usos extrativistas por atividades agropecuárias (pastagem, agricultura e mosaicos de ambas) que corresponderam

aproximadamente a um aumento de 116,90 Km² e 35,37% da taxa de alteração da área no mesmo período.

Entretanto, o plano de manejo da unidade prevê três áreas que legitimam a atividade, as zonas de uso comunitário, zonas de produção e zonas urbano-industriais, em termos de ocupação a área explorada pela agropecuária no ano de 2009 já ultrapassava em 411 ha do limite legal disponível nas zona urbano-industrial, por exemplo.

Além de usos antrópicos de menor cobertura, como a aquicultura, que corresponderam a menor taxa de aumento em área, mas que

determina um potencial de perda de serviços ecossistêmicos em manguezais que correspondem a perdas de grandes hectares de florestas de terras baixas brasileiras exercendo um contínuo processo de degradação (Kauffman et al., 2018; Assis, 2020). Oliveira Júnior, Gomes & Rocha (2021)

inferem que atividade produtiva da carcinicultura quando não desenvolvida de forma planejada e com manejo adequado em ambientes costeiros pode trazer impactos principalmente ao manguezal e aos corpos hídricos.

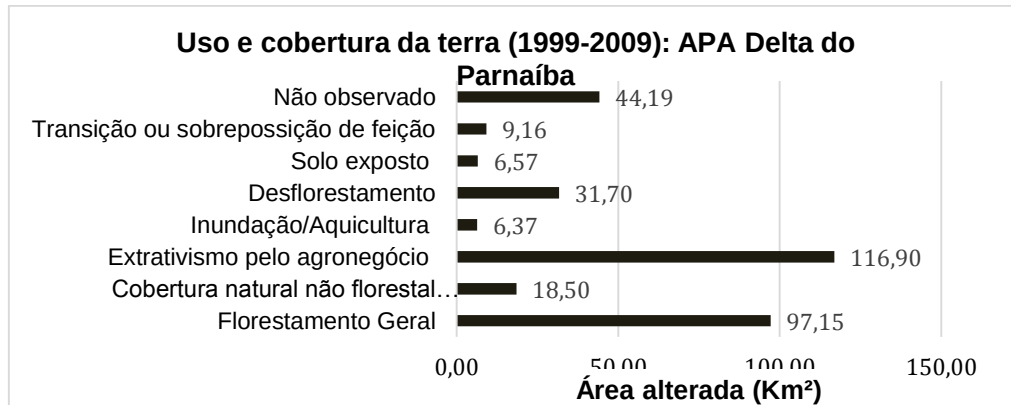


Figura 2. Uso e cobertura da terra em intervalo temporal de 1999-2009 da APA Delta do Parnaíba

Por conseguinte, as taxas de desflorestamento (31,70 Km²) e solo exposto (6,57 Km²) juntas apresentaram um acréscimo de aproximadamente 11,58%, em parte, pela ação de movimentação de dunas (9,59%), abandono de áreas de cultivo agropecuário (1,99%), o que torna importante as ações de fiscalização tanto do movimento dunar que só na planície costeira avançam em média 18,09 m/ano quanto nos setores zoneados a fim de compreender os padrões de ocupação e conformidade com o Plano de Manejo da unidade, uma vez que a substituição de padrões de vegetação podem ter implicações como perda de serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, suporte e culturais e mudanças nas comunidades da biota (Moschetto et al., 2021; Macambira, Sousa & Silva, 2019)

Em contraponto ao movimento de

ocupação antrópica, as taxas de florestamento geral tiveram um aumento em 97,15 Km² que correspondem 29,39% da área total alterada no intervalo, sendo uma parcela de 18,50 Km² desse total com cobertura natural não florestal, representada por apicuns (planície hipersalina areno-lamosa, segundo ICMBIO, 2018), formações campestres (tipicamente cerrado esparso), campos alagados (áreas de saturação de água no solo sazonal ou permanente, segundo Gibbs, 1995) e outras formações vegetais não florestais, além das áreas que sofreram transição natural de coberturas florestais a formações também naturais, mas não florestais com 9,16 Km² alterados. Quando avaliado os mesmos parâmetros no segundo intervalo temos características similares, conforme Figura 3.

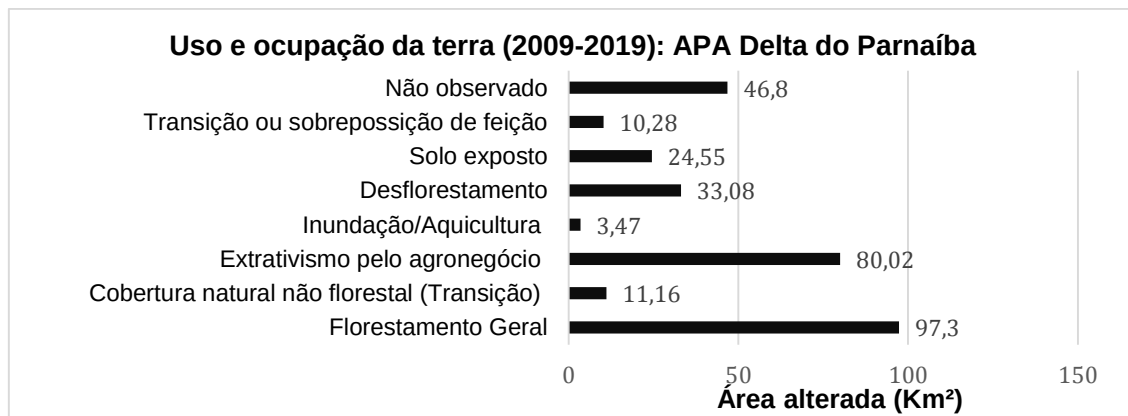


Figura 3. Uso e ocupação da terra em intervalo temporal de 2009-2019 da APA Delta do Parnaíba.

Nesta perspectiva, as taxas de florestamento se mostraram superiores às demais classes, entretanto a taxa de crescimento ainda está inferior ao primeiro intervalo sendo que 3,64% dessa área correspondente a coberturas naturais não florestais. O extrativismo ocasionado pelo agronegócio sofreu redução de sua expansão na APA DPHB assim como as atividades de aquicultura com uma redução de crescimento de 36,88 Km² e 2,9 Km², respectivamente, entretanto, foi gerado uma conversão de 30,5 Km² de área de uso agropecuário apenas em áreas florestais.

Ainda sim, as áreas de solos expostos (sem vegetação) aumentaram 3,7 vezes ao primeiro intervalo saltando de 6,57 Km² para 24,55 Km² (1999-2009) em decorrência majoritariamente da expansão urbana dos municípios na APA e crescimento populacional dos municípios pertencentes, além de movimentação dunar. Macambira et al. (2019) destacam a partir de uma análise empírica do município de Ilha Grande no estado do Piauí (município pertencente a APA DPHB) que, apesar do movimento de dunas ter grande influência advinda de processos naturais de formação dos solos e do clima da região, esse fenômeno pode ser acelerado em virtude da urbanização desordenada, do desmatamento e da pecuária extensiva. O maior crescimento populacional se mostrou maior nos municípios pertencentes APA DPHB inseridos no estado do Maranhão com um crescimento estimado de 13.594 habitantes, 10.836 para o estado do Piauí e 1.044 para o estado do Ceará (utilizado projeção estimada do censo 2020) (IBGE, 2010)

Ainda que as taxas de florestamento tenham aumentado, os valores de desflorestamento no segundo intervalo (2009-2019) persistiram em crescimento e se mostraram com 7,22% superior, quando comparado com o primeiro intervalo de tempo (1999-2009). O crescimento contínuo do desflorestamento ameaça áreas antes adensadas reduzindo a estabilidade dessas áreas e consequentemente acelerando o processo natural de deslocamento dos sedimentos dunares (Maciel

et al.,2020).

Ressalta-se que um dos maiores problemas nas taxas de desflorestamento, decorre da supressão da cobertura de manguezais, que desempenham serviços ecossistêmicos essenciais. Neste sentido, ainda que as taxas de crescimento extrativista na APA tenham decaído, as crescentes pressões de crescimento na zona costeira e o aumento de acessos aos bosques de mangue são determinantes de impacto antrópico em solos de manguezais (Hayashi et al., 2019; Souza, Duarte, João & Pinheiro, 2018)

Para tanto, o índice de vegetação respondeu eficientemente aos dados de cobertura (Figura 4 e 5), as áreas de solo exposto que representam majoritariamente aglomerações urbanas, pastagens e áreas agrícolas em estágio de solo descoberto, quando avaliado em zonas litorâneas representam também cobertura de dunas móveis. Assim, a dinâmica dunar pode justificar a sobreposição de feições já que partes da cobertura vegetal litorânea podem ser substituídas por dunas móveis por meio do processo natural de deslocamento dos sedimentos dunares em direção à vegetação (Sousa, Valladares & Espíndola., 2016a).

Frota et al., 2017, destacam que a visualização dos fatos no espaço, melhora a compreensão das interações existentes e aponta as ações necessárias. Portanto, reconhecer esses padrões favorece a tomada de decisão. O entendimento de uso e ocupação e seus padrões são corriqueiramente propostos pela literatura na qual subsidiam a compreensão de características ecológicas do manguezal, a fim de evitar impactos irrevogáveis na estabilidade e no desenvolvimento desse ecossistema (Hayashi et al., 2019), prognósticos de degradação ambiental e vulnerabilidade a danos ambientais (Hermon, Ganefri, Putra & Oktorie., 2018) grau de proteção e fragilidade (Trombeta, Garcia, Nunes, Gouveia & Leal, 2014) e mudanças climáticas e paisagem (Etemadi, Smoak & Karami, 2018)

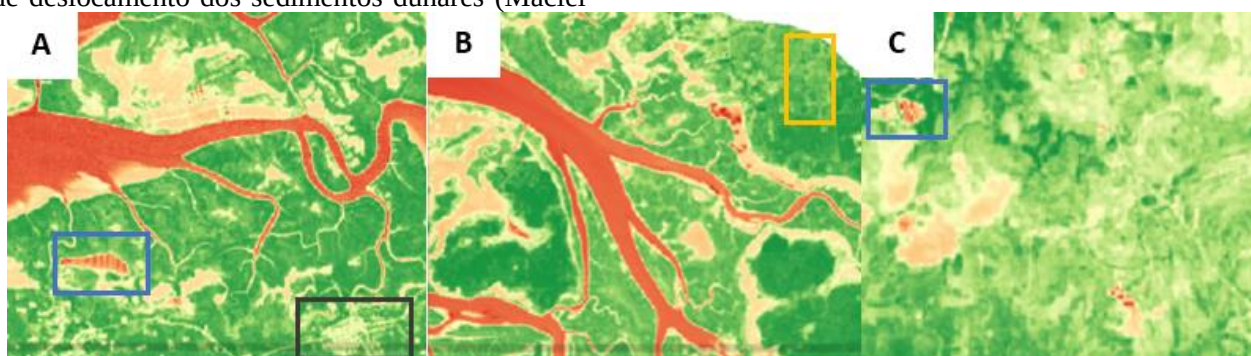


Figura 4. Padrões de uso da terra a partir de resposta espectral (NDVI). A) área da APA DPHB no estado do Maranhão; B) área da APA DPHB no estado do Ceará; C) área da APA DPHB no estado do Piauí. (Destaque, “retângulo azul” - Aquicultura, “retângulo preto” - Área urbana, “retângulo amarelo” - Agricultura)

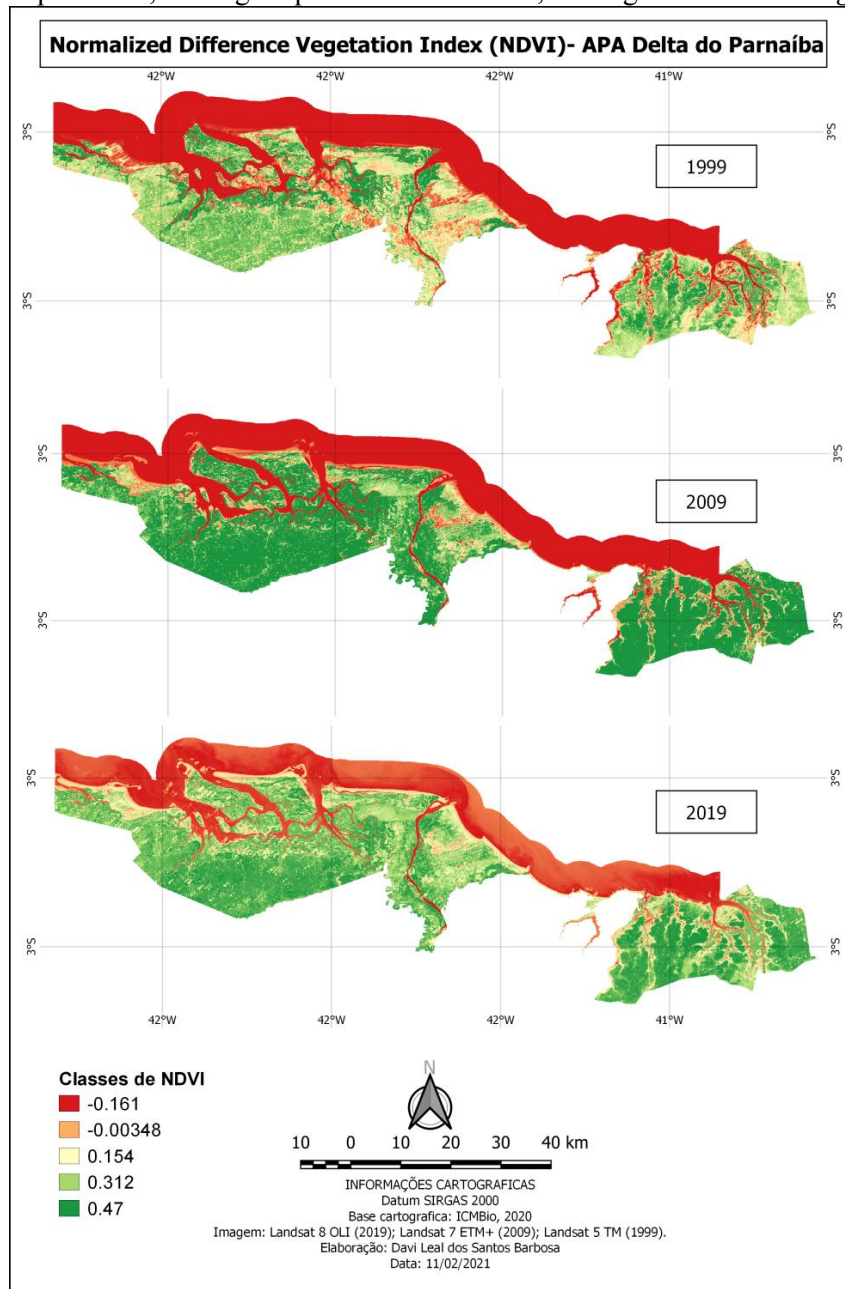


Figura 5. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) da APA Delta do Parnaíba

Os usos do solo a partir de imagem do projeto MapBiomass correspondem ao NDVI, a resposta espectral do NDVI para os usos e padrões de Corpos d'água apresentaram-se satisfatórios representando a mudança de uso através da alteração da reflectância, deste modo os corpos D'água e usos pela aquicultura se mostraram mais visíveis, os usos pela agricultura em parte apresentaram com resposta espectral similar aos solos de dunas móveis, entretanto com padrão distinto das coberturas por corpos D'água naturais o qual auxiliou na identificação visual remota.

Quando aplicado às coberturas vegetais, o índice demonstrou boa resposta espectral em vegetações menos densas, quando aplicada a vegetações densas como as de manguezais apresentou saturação de pixel, dificultando a visualização de desflorestamento e consecutivo solo exposto.

As áreas de solo exposto demonstraram redução entre 1999 e 2009 de aproximadamente 41,9%, em contraponto ao período de 2009 a 2019, na qual apresentou crescimento de 32,2% na mesma classe. Inversamente ao decréscimo de área de solo exposto no intervalo 1999-2009, às áreas de

vegetação densa cresceram em 172,5% e decresceram em 51,02% (2009-2019) com saldo positivo de 33,47% (1999-2019). Em estudos em unidades de conservação no norte do Brasil, Duarte et al., (2019) destacam que a criação das UCs não impediu que ocorresse supressão de floresta nativa em áreas de proteção integral e sustentável.

Mochetto et al., (2020) em estudos no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente no estado de São Paulo verificaram uma taxa de degradação mais lenta na região de vegetação de manguezais, o que pode ser parcialmente atribuído ao sucesso da implementação das políticas ambientais locais de regularização fundiária implantadas na região após a implementação da UC. Tal proposição é provada a partir do corrente estudo, uma vez que a implementação da APA DPHB demonstrou significativo aumento de áreas florestais e avanço urbano mais lento em relação a outras cidades costeiras.

Os usos antrópicos que demandam desflorestamento na APA DPHB aumentaram em 261,7 Km² entre 1999 a 2019. Hayashi et al., (2019) elencam que torna ainda mais relevante políticas e unidades de conservação em zonas costeiras em decorrência de pressões antrópicas, dado que essas pressões geram uma rápida expansão das populações urbanas nas zonas costeiras resulta no aumento de áreas construídas (para atender a demanda) por moradias e equipamentos públicos, além da degeneração de espaços ecológicos como os ecossistemas de manguezais (Al et al., 2020). Uma vez que os padrões de acesso aos ecossistemas de mangue e antropização de ambientes costeiros naturais ainda são visualizados pela sua resposta espectral através de sensoriamento remoto.

Conclusão

A Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba apresentou alta taxa de desflorestamento que somadas correspondem aproximadamente 64,8 Km² ao longo do tempo nos intervalos estudados a exploração pelo agronegócio se mostrou como crescente dentro da APA (196, 9 Km²), as taxas de florestamento (194,4 Km²) tiveram crescimento menor que atividades exploratórias pelo agronegócio nos intervalos, se comportando proporcionais ao longo do tempo com 29,39% (1999-2009) e 31,73% (2009-2019), o que demonstra uma boa resiliência natural da vegetação.

O índice de vegetação e padrões de uso avaliados pelo Índice de Vegetação por Diferença

Normalizada (NDVI) apresentaram bons resultados, ainda resposta espectral levemente saturada em vegetações mais densas foram identificados padrões espaciais antrópicos a partir da resposta espectral dos usos e coberturas, sendo sugerido a implementação de políticas mais eficazes de monitoramento, fiscalização de áreas de manguezais que lentamente vem sendo pressionadas pelas atividades extrativistas na APA DPHB.

Agradecimentos

Agradecemos ao Grupo de Pesquisa Edáficos do Nordeste e Grupo de Pesquisa em Qualidade Ambiental e Monitoramento em detrimento das riquíssimas contribuições à pesquisa.

Referências

- Abdullah, A.Y.M.; Masrur, A.; Adnan, M.S.G. Baky, M.A.A.; Hassan, Q.K.; Dewan, A., 2019. Spatio-temporal patterns of land use/land cover change in the heterogeneous coastal region of Bangladesh between 1990 and 2017. Remote Sensing 11. <https://doi.org/10.3390/rs11070790>
- Al B.; Chunlei M.A.; Zhao J., Zhang R., 2020. O impacto da rápida expansão urbana nos manguezais costeiros: um estudo de caso na província de Guangdong, China. Front. Earth Sci.14(1),37–49. <https://doi.org/10.1007/s11707-019-0768-6>
- Amorim, J. V. A.; Valladares, G. S.; Silva, F. J. L. T. DA; Leal, J. M., 2019. Uso da banda termal do TM/Landsat 5 e NDVI no Mapeamento Digital de Solos do Delta do Parnaíba – Piauí. Revista de Geociências do Nordeste (Online) 5, 17-29
- Assis, D.M.S., 2020. O efeito das mudanças climáticas e das atividades econômicas na perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos dos manguezais. In: Martins, M.B.; Jardim, M.A.G.; Sabino, W. O.; Barros, M. F. G. S. (Orgs.), Reflexões em Biologia da Conservação. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp. 155-165
- Barreto, A., 2019. Modelagem da salinidade do solo com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto. Tese (Doutorado). Mossoró, Universidade Federal Rural do Semiárido
- Barros, M.C.V.; Leite, J.A.P.C.; Malzac, M.E.; Silva, T.C. 2020. Mapeamento do uso e ocupação do solo da zona costeira Sul do estado da Paraíba. Brazilian Journal of Development 6,

- 31876–31886.
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-585>
- Benevides, J.A.J.; Maia, R. C.; Silva, I.H.C.V., 2021. Monitoramento fenológico para avaliação de impacto ambiental em manguezais estuarinos no Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal* 31, 1631-1653.
<https://doi.org/10.5902/1980509839683>
- Braga, S.S.; Guzzi, A., 2021. Organização espacial da atividade turística no litoral piauiense. *Mercator* 20, 1-22.
<https://doi.org/10.4215/rm2021.e20024>
- Cabral, L.R.; Valladares, G.S.; Pereira, M.G. Pinheiro Júnior, C.R.; Lima, A.M.; Frota, J.C.O. Amorim, J.V.A. 2019. Classificação dos solos da Planície do Delta do Parnaíba, PI. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12, 1466–1483
- Camara, M.R. ; Scudelari, A.C. ; Amaro, V.E. ; Matos, M.F.A. ; Rabelo, T. 2019. Geotecnologias como subsídio para gestão de ambientes costeiros: análise do recuo em falésias/arribas no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, e suas implicações socioambientais. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*. v. 16, p. 52-79.
<http://dx.doi.org/10.17127/got/2019.16.003>
- Cenci, L.; Disperati, L.; Persichillo, M.G.; Oliveira, E.R.; Alves, F.L.; Phillips, M., 2017. Integrating remote sensing and GIS techniques for monitoring and modeling shoreline evolution to support coastal risk management. *GIScience & Remote Sensing*, 1-21
<https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1376370>
- Duarte, M.; Silva, T.; Cerqueira, C.; Silva Filho, E., 2019. Pressões ambientais em unidades de conservação: estudo de caso no sul do estado do Amazonas. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território* 18, 108-125
- Etemadi, H.; Smoak, J. M.; Karami, J., 2018. Land use change assessment in coastal mangrove forests of Iran utilizing satellite imagery and CA–Markov algorithms to monitor and predict future change. *Environmental Earth Sciences* 77(5), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7392-8>
- Fourqurean, J.W.; Duarte, C.M.; Kennedy, H.; Marbà, N.; Holmer, M.; Mateo, M.A.; Apostolaki, E.T.; Kendrick, G.A.; Krause-Jensen, D.; Mcglathery, K.J.; Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* 5, 505–509.
<https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
- Frota, J.C.O., 2017. Potencial de expansão urbana na planície costeira do Estado do Piauí. Dissertação (Mestrado). Teresina, Universidade Federal do Piauí
- Gibbs, J.P., 1995. Hydrologic needs of wetland animals. In: Nierenberg, W.A. (Eds.) *Encyclopedia of environmental biology* 2. Academic Press, New York, pp. 267-276
- Gonçalves, J. N. A.; Lima, M S.; Rocha, W.A. 2020. Dados preliminares da biodiversidade do litoral piauiense. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente* 1, p. 67. Disponível:
<https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/121>. Acesso em: 22 nov. 2021
- Hayashi, S. N.; Souza Filho, P.W.; Nascimento Júnior, W.R.; Fernandes, M.E.B., 2019. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLoS ONE* 14(6), 1–20
- Heimann, J. P.; Jesus Júnior, F. S., 2021. Análise temporal da cobertura florestal e uso da terra na APA de Guaratuba-PR. *Biofix Scientific Journal* 6, 38-45.
<https://dx.doi.org/10.5380/biofix.v6i1.76076>
- Hermon, D.; Ganefri; Putra, A.; Oktorie, O., 2018. The modelo f mangrove land cover change for the estimation of blue carbon stock change in belitung island.-Indonesia. *International Journal of Applied Evironmental Sciences* 13, 191-202
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2021. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 de Fev 2021
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes De Conservação E Biodiversidade, 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília
- Jericó-Daminello, C.; Gasparinetti, P.; Seehusen, S. E., 2018. Manguezais: Importância e situação no contexto brasileiro. In: Gasparinetti, P.; Jericó-Daminello, C.; Seehusen, S. E.; Vilela, T. (Orgs.), *Os valores dos serviços ecossistêmicos dos manguezais brasileiros , instrumentos econômicos para a sua conservação e o estudo de caso do Salgado paraense*. Documento de Trabalho, pp.10-22
- Kauffman, J. B.; Bernardino, A.F.; Ferreira, T.O.; Bolton, N.W.; Gomes, L.E.O. Nóbrega, G.N., 2018. Shrimp ponds lead to massive loss of soil carbon and greenhouse gas emissions in northeastern Brazilian mangroves. *Ecology and evolution* 8(11). 5530–5540.
<https://doi.org/10.1002/ece3.4079>
- Macambira, D. M.; Sousa, K. A.; Silva, E. G. A., 2019. Análise empírica do problema das dunas

- em Ilha Grande, Piauí. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental* 8(4), 80-109. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e4201980-109>
- Maciel, A. C. R.; Costa, T. G. A.; Toledo, C. E.; Rocha, I. L.; Sousa, M. C. B.; Abreu, L. P.; Nascimento, B. L. M.; Iwata, B. F., 2020. Qualidade ambiental e comportamento de uso e ocupação do Delta do Parnaíba. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* 11(7), 179-187. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0017>
- Medeiros, R.M.; Cavalcanti, E.P.; Duarte, J. F. M., 2020. Classificação climática de köppen para o estado do Piauí –Brasil. *Revista Equador* 9(3), 82–99
- Mota, L.S.O.; Souza, R.M., 2020. Cenários ambientais prospectivos para a gestão da paisagem costeira urbana em Aracaju/SE. *Sociedade e natureza* [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-56305>
- Oliveira Júnior, M. A. C.; Gomes, E. R.; Rocha, G. C., 2021. Impactos ambientais (negativos e positivos) da carcinicultura em ambientes costeiros: avaliação a partir de análise bibliométrica. *Revista geociências do nordeste* 7, 193-201
- Pinheiro, C. P. S.; Sarmiento, I. C. C.; Santos, D. S., 2021 Análise dos riscos de erosão costeira em uma praia localizada no Nordeste do estado do Pará. *Nature and Conservation* 14, 62-70. <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.001.0007>
- Projeto Mapbiomas. Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021. Disponível em https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em 12 de Jan 2021
- Prudêncio, M.C.; Amaro, V.E.; Scudelari, A.C., 2019. Coastal Evolution Analysis Between the Years 1984 and 2014 on a Stretch of Rio Grande do Norte Eastern Coast, Northeast Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências* 42, 189-205. http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_189_205
- Rabelo, T. O., 2018. Geodiversidade em Ambientes Costeiros: discussões e aplicações no setor sudeste da Ilha do Maranhão, MA-Brasil. Dissertação (Mestrado) Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- Ribeiro, E. M. Paiva, S.V.; Lucas, C. C.; Villacencio, C. B.; Soares, M. O., 2020. Unidades de Conservação costeiras e marinhas no Brasil. In: MUEHE, D.; LINS-DEBARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (Orgs.), *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. PGGM, Rio de Janeiro, pp. 402-437
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W.; Harlan, J.C. 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC 3, Final Report, Greenbelt
- Santos, I. R.; Silva, C. V.; Andrade, M. M. N., 2020. Avaliação da vulnerabilidade social e percepção de risco à erosão costeira na Ilha do Mosqueiro – PA, *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales* [Online] 70, Disponível: <https://www.eumed.net/rev/cccs/2020/08/ilha-mosqueiro.html>. Acesso: 22 nov. 2021
- Silva Junior, O. M.; Santos, L. S.; Rodrigues, M. C. 2020. Panorama Dos Riscos Costeiros No Estado Do Amapá: Conhecer Para Agir. In: *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. São Paulo, pp. 454–472
- Silva-Júnior, J.J.; Nicacio, G.; Rodrigues, G.G., 2020. A carcinicultura nos manguezais do nordeste brasileiro: Problemáticas socioambientais nas comunidades tradicionais. *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais* 9, 70-84. <https://doi.org/10.46802/rmsde.v9i2.245816>
- Sousa, R. S.; Valladares, G. S.; Espindola, G. M., 2016a. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra da planície costeira do estado do Piauí. *Revista Brasileira de Geografia Física* 09(5)
- Sousa, R. S.; Valladares, G. S.; Espíndola, G. M. De., 2016b. Análise do índice de vegetação (NDVI) e vulnerabilidade ambiental da planície costeira do estado do Piauí. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 18, 82-99
- Souza, C.A.; Duarte, L.F.A.; João, M.C.A. & Pinheiro, M.A.A., 2018. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. In: Pinheiro, M.A.A. & Talamoni, A.C.B., 2018. (Org.). *Educação Ambiental sobre Manguezais*. Universidade Estadual Paulista, São Vicente, pp. 16-56
- Tavernard, L.; Neto, D. S., 2020. Identificação e análise dos padrões de uso do solo e cobertura vegetal do município de Portalegre/RN. *Revista pensar geografia* 01, 55–70
- Trombeta, L. R.; Garcia, R. M; Nunes, R. S; Gouveia, I. C. M. C.; Leal, A. C., 2014. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. *Caderno de prudentino de geografia* 1(36), 159-173

Williams, A.; Rangel-Buitrago, N. G.; Pranzini, E.; Anfuso, G., 2017. The management of coastal erosion. Ocean & Coastal Management 156.<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>