Qualidade ambiental e comportamento de uso e ocupação do Delta do Parnaíba

O estudo teve como objetivo avaliar o estado de conservação do delta do Parnaíba por meio de análise da cobertura vegetal utilizando as técnicas e as ferramentas do geoprocessamento. O Delta do Rio Parnaíba localiza-se ao Norte do Piauí na divisa do Estado do Maranhão, na foz do rio Parnaíba. Para avaliação do índice de conservação da cobertura vegetal do Delta do Parnaíba foi realizado o levantamento de dados secundários e confeccionados mapas da área de estudo para verificação dos índices de cobertura vegetal (NDVI). A pressão antrópica nessas áreas tem gerado um 'efeito cascata' para a redução da vegetação, tendo em vista que a supressão da vegetação em áreas antes adensadas reduz a estabilidade dessas áreas. Além da perda da vegetação com o desflorestamento, o processo natural de deslocamento dos sedimentos dunários também pode vir a contribuir em parte na redução da vegetação. Além disso, a qualidade ambiental da APA tem sido comprometida pelo não cumprimento das normas adotadas pelo plano de manejo da unidade, o que promove o aumento da vulnerabilidade dessas áreas, que naturalmente já oferecem instabilidade ambiental por suas condições estruturais e ecodinâmicas.

Palavras-chave: Área de preservação ambiental; Vegetação Litorânea; Supressão Vegetal.

Environmental quality and behavior of use and occupation of the Parnaíba Delta

The study aimed to assess the conservation status of the Parnaíba delta by analyzing the vegetation cover using the techniques and tools of geoprocessing. The Parnaíba River Delta is located to the North of Piauí on the border of the State of Maranhão, at the mouth of the Parnaíba River. To assess the conservation index of the vegetation cover of the Delta do Parnaíba, secondary data were collected and maps of the study area were made to verify the vegetation cover indices (NDVI). The anthropic pressure in these areas has generated a 'cascade effect' for the reduction of vegetation, considering that the suppression of vegetation in areas previously densified reduces the stability of these areas. In addition to the loss of vegetation due to deforestation, the natural process of displacing dune sediments may also contribute in part to the reduction of vegetation. In addition, APA's environmental quality has been compromised by non-compliance with the standards adopted by the unit's management plan, which promotes an increase in the vulnerability of these areas, which naturally already offer environmental instability due to their structural and ecodynamic conditions.

Keywords: Environmental preservation area; Coastal Vegetation; Vegetal suppression.

Topic: **Conservação da Biodiversidade**

Received: **03/12/2020**

Approved: **23/12/2020**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ana Carla Ribeiro Maciel
Instituto Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8729583745117454>
<http://orcid.org/0000-0001-8742-4137>
anacarla.1993@hotmail.com

Tancio Gutier Ailan Costa
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9269110451831376>
<http://orcid.org/0000-0002-0635-2651>
gutierailan@gmail.com

Cristian Epifânio de Toledo
Universidade Estadual do Goiás, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6467222818127431>
<http://orcid.org/0000-0003-0099-2487>
cristian.toledo@ueg.br

Israel Lobato Rocha
Instituto Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6518724518793037>
<http://orcid.org/0000-0002-4496-9935>
israel.lobato@ifpi.edu.br

Mauro César de Brito Sousa
Instituto Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2049460389729603>
<http://orcid.org/0000-0002-0650-6577>
mauro.sousa@ifpi.edu.br

Lizandro Pereira de Abreu
Instituto Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2192289338587795>
<http://orcid.org/0000-0001-6427-3356>
lizandro.abreu@ifpi.edu.br

Bruno Lucio Meneses Nascimento
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6356823714550238>
<http://orcid.org/0000-0002-7196-6502>
bruno.nascimento@uemasul.edu.br

Bruna de Freitas Iwata
Instituto Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3036032785449787>
<http://orcid.org/0000-0002-6465-9731>
iwata@ifpi.edu.br

DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0017

Referencing this:

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.. Qualidade ambiental e comportamento de uso e ocupação do Delta do Parnaíba. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.7, p.179-187, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0017>

INTRODUÇÃO

A Zona Costeira do Brasil é uma unidade territorial que se estende, na sua porção terrestre, por mais de 8.500 km, abrangendo 17 estados e mais de quatrocentos municípios, distribuídos do Norte equatorial ao Sul temperado do país. Inclui também a faixa marítima formada por mar territorial, com largura de 12 milhas náuticas a partir da linha da costa. No litoral brasileiro encontra-se uma grande variedade de ecossistemas como manguezais, recifes de corais, dunas, restingas, praias arenosas, costões rochosos, estuários, entre outros que abrigam inúmeras espécies de flora e fauna, muitas das quais só ocorrem em nossas águas e algumas ameaçadas de extinção (MMA, 2019).

Na costa litorânea do estado do Piauí, que se estende do Delta do Parnaíba ao limite do estado do Ceará, a zona litorânea é constituída por ambientes diversos, que podem ser agrupados em duas grandes regiões: a região do Delta do Parnaíba, onde é encontrada a grande parte da população litorânea do Piauí; e a região de grande acúmulo arenoso que o arrasto das correntes marítimas deposita em toda parte setentrional do nordeste brasileiro. Estas duas regiões do litoral piauiense encontram-se em processo de transformação, em parte por apresentarem grande potencial turístico, e por serem alvos de uma recente e intensa ocupação desordenada, derivada de especulação imobiliária, agropecuária, entre outros (SOUZA, 2016).

O Delta do Parnaíba está localizado na divisa dos Estados do Maranhão e Piauí e sua importância tem despertado o interesse do governo em relação ao seu potencial e o seu principal ponto de entrada, o município de Parnaíba/PI, cidade litorânea com praias, além de ser um centro histórico datado do século XVIII (SILVA, 2004). A vegetação encontra na região do delta são de manguezais, um dos ecossistemas mais produtivos do planeta. No Brasil é considerada uma vegetação vulnerável por existir uma série de ameaças sobre a mesma, tais como a perda e fragmentação da cobertura vegetal, a danificação da qualidade dos habitats aquáticos, devido à poluição e a mudanças na hidrodinâmica, o que tem promovido a diminuição na oferta de recursos dos quais muitas comunidades tradicionais e setores dependem diretamente para sobreviver (ICMBIO, 2019).

E temos também a restinga, que são ecossistemas que se desenvolvem sobre formações geológicas recentes (Quaternário) em solos predominantemente arenosos (Neossolos Quartzarênicos). Sua vegetação, em geral, tem constituição parecida a dos ecossistemas, como floresta atlântica, tabuleiro, cerrado ou caatinga que apresenta paisagens que vão de dunas a campos herbáceos, abertos ou fechados, frutícetos inundáveis a não inundáveis e matas com porte médio a elevado. Além disso, é um ambiente de extrema fragilidade e caracteriza-se por apresentar o status de área em processo de sucessão ecológica (BACKES, 2010). Tanto o manguezal como a restinga vem apresentando uma grande importância ambiental. Mas durante anos esses tipos de vegetações vêm sendo explorado e perdendo seu espaço, devido à desordenada ocupação humana que resulta em desmatamento e perda da vegetação litorânea.

Desse modo pode se notar a existência da necessidade de analisar o nível de conservação da vegetação litorânea. Uma metodologia bastante eficaz para esse tipo de estudo é o sensoriamento remoto

e suas ferramentas, que possibilitam a confecção de mapas, obtenção de imagens de satélite, entre outros, nos permitindo ter uma visão mais ampla e rápida sobre os efeitos das ações antrópicas na área da vegetação de mangues e de restingas. Além disso, são alternativas viáveis e de custo relativamente baixo.

O sensoriamento remoto vem sendo utilizado nos estudos de recursos naturais desde a década de 70, para avaliar danos causados principalmente por ações antrópicas. Com o lançamento de satélites que levam a bordo sensores capazes de distinguir inúmeros objetos na superfície terrestre, devido à sua alta resolução, tornou-se possível fazer o mapeamento dos recursos naturais e também o monitoramento dos mesmos (TOEBE et al., 2011).

Dentre as informações que podem ser obtidas por sensoriamento remoto para a análise e monitoramento do estado biológico da superfície, o Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas (NDVI) é um dos parâmetros mais amplamente utilizados na avaliação da vegetação, seja em produções agrícolas (POVH et al., 2008), monitoramento de desertificação e degradação do solo (MUTTI et al., 2020) ou monitoramento vegetação nativa em florestas (CARLSON et al., 1997; GAMON et al., 1995; WANG et al., 2005). De uma forma prática, o NDVI demonstra o vigor da vegetação, indicando a fitossanidade e a capacidade fotossintética dos vegetais (BEZERRA et al., 2009; FORKEL et al., 2013; TOMASELLA et al., 2018).

Diante disso, esse estudo tem como objetivo avaliar o estado de conservação do delta do Parnaíba por meio de análise da cobertura vegetal utilizando as técnicas e as ferramentas do geoprocessamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Delta do Rio Parnaíba localiza-se ao Norte do Piauí na divisa do Estado do Maranhão, na foz do rio Parnaíba, onde se estende por uma área de 2.700 km², sendo 65% Maranhão e 35% Piauí, indo de Oeste/Leste, da Barra do Igarauçu/PI à Barra de Tutóia/MA, formando aproximadamente 80 ilhas cobertas de florestas tropicais férteis, praias desertas com areias monazíticas, labirintos e igarapés, serpenteando entre as imensas dunas modeladas pelos ventos e as florestas de mangues e carnaubais, que abrigam uma rica fauna (MMA, 2019). Esta Área de Preservação Ambiental (APA) foi criada pelo decreto de 28 de agosto de 1996, que dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, nos Estados do Piauí, Maranhão, e Ceará, e dá outras providências (MMA, 2019).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo – Delta do Rio Parnaíba. **Fonte:** ICMBio (2019).

Quanto às características climáticas, Abreu et al. (2019) afirmam que a porção norte da bacia hidrográfica do rio Parnaíba, região determinada como baixo Parnaíba, parte do estado mais próxima ao oceano Atlântico, com precipitação variando entre 1000 e 1600 mm anuais e, por se localizar entre 2° e 6° de latitude Sul, a região tem como principal sistema atmosférico a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT.

Procedimentos metodológicos

Para avaliação do índice de conservação da cobertura vegetal do Delta do Parnaíba realizou-se o levantamento de dados secundários utilizando bibliografia referente ao tema e a área estudada. Ademais, foram confeccionados mapas da área de estudo, utilizando as ferramentas do geoprocessamento para verificação dos índices de cobertura vegetal (NDVI), assim como a avaliação do uso da área referente ao Plano de Manejo da APA do Delta do Parnaíba, e suas implicações, considerando o grau de vulnerabilidade dessas áreas.

O NDVI foi calculado usando dados de reflectância da superfície nas bandas vermelhas e infravermelhas visíveis do espectro eletromagnético, recuperadas por sensoriamento remoto (TUCKER, 1979). Para o cálculo do índice, Gamon et al. (1995) aponta que devem ser consideradas as bandas na faixa do vermelho e do infravermelho, conforme na equação (1), onde NDVI é o índice, ρ_{ir} é a reflectância da banda referente ao infravermelho e ρ_{red} é a reflectância da banda referente ao vermelho.

$$NDVI = \frac{\rho_{ir} - \rho_{red}}{\rho_{ir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

A análise histórica das mudanças nos índices de cobertura vegetal foi baseada nas imagens de satélite obtidas nos anos de 2009 e 2018. A imagem de referência ao ano 2009 foi obtida pelo satélite Landsat 5 Thematic Mapper (TM) enquanto a imagem referente a 2018 foi obtida pelo satélite Landsat 8 Operational Terra Imager (OLI). Todas imagens são do sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) e baseadas no datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e adquiridas no site da Divisão de Geração de Imagens (DIDGI) integrante da Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os mapas temáticos foram obtidos para cada imagem por classificação supervisionada pelo Método da Máxima Verossimilhança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo vegetacional orientado pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) aplicado à região do Delta do Parnaíba pertencente ao estado do Piauí, permitiu identificar o comportamento da vegetação em função da sua espacialidade e evolução temporal na região (Figura 1). Conforme a figura 1 pode-se notar o índice de vegetação existente na área de estudo referente ao período de 2009 a 2018, com variação dos valores entre - 0.320 a 0.900. Em face a evolução temporal, percebeu-se uma expressiva redução do índice de cobertura vegetal para o ano de 2018 identificado pela redução da vegetação na amplitude dos valores próximo de 1 e aumento de áreas enquadradas nos demais índices, inclusive aqueles próximos a -1.

ÍNDICE NDVI PARA REGIÃO DO DELTA DO PARANAÍBA NO ESTADO DO PIAUÍ NOS ANOS DE 2009 E 2018

2009

2018

0 5 10 15 20 km

0 5 10 15 20 km

Landsat_8_2009

- 0.350 - (-0.700)
- 0.700 - 0.100
- 0.100 - 0.400
- 0.400 - 0.900

Landsat_8_2018

- 0.320 - (-0.700)
- 0.700 - 0.100
- 0.100 - 0.400
- 0.400 - 0.900

PIAUÍ

Sistema de coordenadas:
SIRGAS 2000 UTM Zona 24S
Fonte: DGI-INPE (2018)

Conforme observado na figura acima para o ano de 2018 verifica-se o aumento na reflectância dos índices pertencentes a faixa de cores verdes, amarelas e vermelhas. As zonas pertencentes aos índices 0.100 – 0.400 aumentaram expressivamente se comparado a 2009, isso evidencia um declínio acentuado de área com adensamento vegetal, porém ainda com uma representatividade mediana de cobertura vegetal. Essencialmente, houve também uma maior expressão de zonas com índices variando de -0.350 a 0.100, intervalo que integra a amplitude de reflectância das cores vermelhas e amarelas. Tais áreas representam zonas em que houve e há expansão da supressão da vegetação, pertencentes sobretudo à área de planície litorânea, de dunas e solo exposto.

A ênfase dada a pressão antrópica à redução da vegetação relaciona-se ao aumento da mancha urbana do município condicionada pela maior ocupação e urbanização nestas zonas litorâneas, além da extração de areia para fins de construção e extração de produtos vegetais, turismo predatório, especulação imobiliária e outros. Este são reflexos observados também em outras regiões litorâneas brasileiras e não apenas no litoral piauiense. Quanto a isso, Silva (2012) relata que em São Luís, particularmente, a especulação imobiliária é um agravante da depredação destas áreas, com a retirada de paleodunas e dunas e isso se

reflete na remoção da vegetação. Ainda corroborando a assertiva acima Costellani et al. (2007) apontam que no litoral potiguar a pressão antrópica se deu em função da ampliação de áreas urbanas, especulação imobiliária sem planejamento, áreas de cultivo, poluição e aumento do número de turistas, e isso resultou em consequências como supressão da vegetação nativa, assoreamento de mangues e também movimentação de dunas.

Outro aspecto a se observar quanto o aumento de zonas na amplitude de reflectância de baixa cobertura vegetal é que a pressão antrópica nessas áreas tem gerado um “efeito cascata” para a redução da vegetação, tendo em vista que a supressão da vegetação em áreas antes adensadas reduz a estabilidade dessas áreas. Isso significa que além da perda da vegetação decorrente principalmente de processos de desflorestamento para a expansão urbana ou para a expansão de novas áreas agrícolas e/ou de pastagens, o processo natural de deslocamento dos sedimentos dunários também pode vir a contribuir em parte na redução da vegetação. A vegetação de caatinga de baixo porte, por exemplo, pode se torna vulnerável a esse processo, sofrendo assim uma acentuada redução. Conforme Sousa et al. (2016a), partes da cobertura vegetal litorânea podem ser substituídas por dunas móveis por meio do processo natural de deslocamento dos sedimentos dunários em direção à vegetação.

Ademais, ressalta-se ainda que esse processo natural pode se intensificar ainda mais quando ocorre uma perda de vegetação nas áreas de dunas, causando assim uma desestabilização dos sedimentos dunários. Assim, isso pode influenciar no levantamento dos dados de imagem (NDVI) de modo a modificar a paisagem pelo soterramento de áreas com vegetação mais rasteira e arbustiva e assim representar uma área onde antes existia a presença de vegetação sendo classificado como área de solo exposto. O fato sinaliza a importância da permanência da vegetação, especialmente a vegetação de restinga sobre as dunas funcionando como fixadoras e impedindo que as mesmas se desloquem e causem problemas na região por ação eólica. Rocha et al. (2009) relatam que a vegetação de restinga é o ecossistema que faz limite com a areia da praia, cuja vegetação tem a função principal de fixar o solo arenoso, protegendo da ação das ondas e do vento.

Apesar do aumento das áreas com baixo índice de cobertura vegetal para o ano de 2018, as áreas de amplitude mediana de 0.100 a 0.400 representada pela cor verde apresenta-se como zonas que também sofreram aumento significativo se comparado a 2009. O aumento destas zonas está ligado a redução acentuada das áreas de maior cobertura vegetal representadas pelo índice de reflectância da cor azul, provocada pela pressão antrópica anteriormente citada. Em todo caso, ainda prevalece uma ampla faixa de vegetação na região analisada para as cores verdes e uma pequena expressão de áreas com maior aporte de vegetação, tornando evidente que ações de suporte para manutenção da vegetação nessa região devem ser realizadas para evitar um declínio mais acentuado da vegetação nativa nessa faixa litorânea.

Tem-se na figura 3 as alterações sofridas ao longo dos anos sobre a cobertura vegetal da região. A comparação realizada entre os anos de 2009 e 2018 mostra o aumento no índice de vegetação na classificação “altíssimo” e uma redução na classificação de “baixo, médio e alto”. Esse aumento se originou de uma provável perda de vegetação ao longo dos anos nessa região. Com isso, provavelmente, foram

adotadas medidas de restabelecimento da vegetação perdida na região, causando, consequentemente, uma queda nas áreas do índice de vegetação de classe baixa, média e alta.

Figura 3: Índice de vegetação nos anos 2009 a 2018.

Com base na figura 2 nota-se que há uma correlação imediata do uso dessas áreas e o grau de conservação da cobertura vegetal, assim como a manutenção da estabilidade desses ambientes e manutenção da ecologia desses locais, verificados também na figura 1. O cenário de perda da cobertura vegetal nas áreas de proteção ambiental nos leva cada vez mais a necessidade da adoção de estratégias de preservação e/ou conservação dos recursos naturais disponíveis, para evitar certa “erosão da biodiversidade”. Braga (2010), afirmam que uma das preocupações mais relevantes em relação a isto é a elevada taxa atual de extinção das espécies, que embora seja um processo genuíno, tem sido intensificada devido à exploração desenfreada dos recursos naturais disponíveis.

Acrescenta-se ainda, que o intenso processo exploratório dos recursos naturais tem levado a fragmentação de habitat e que por diversas formas modificam grandes áreas naturais em ambientes perturbados com pequenos fragmentos de habitats dispersos podendo causar efeito de borda. Deste modo, a busca pela manutenção da biodiversidade deve estar pautada em ações que visem as causas e efeitos de sua perda, além de proporcionar sua manutenção ao longo do tempo (LANGE, 2005). Nesse viés, a tabela 1 retrata a consonância ou não do uso dessas áreas e seu plano de manejo e a partir disso pode-se observar que as proposições que regulam o uso da área não têm sido atendidas, acarretando diretamente no processo de vulnerabilidade dessas áreas.

Conforme a tabela acima verifica-se que para as sete classes de atividades não permitidas na área em estudo, todas encontram-se em desconformidade com o documento norteador do uso da área, o PMU. Esse fato tem correlação direta com o aumento da vulnerabilidade dessas áreas, que naturalmente já oferece instabilidade ambiental pelas suas estruturas e ecodinâmica. O uso indevido desse ambiente, implica diretamente na redução significativa do índice de cobertura vegetal, com ressalva ao fato de que o decaimento da cobertura vegetal não é apenas quantitativo, como também qualitativo, havendo um impacto direto sobre a estratificação da vegetação e sobre a biodiversidade local.

Além disso, áreas litorâneas além de sofrer com impactos de nível natural como, por exemplo,

variação do nível do mar, elevação de temperatura, acidificação dos oceanos e outros, também sofrem pelo grande interesse de uso e ocupação do solo, tanto pela produtividade desse ambiente como pela as diversas ações antrópicas. Por isso a ação antrópica altera as relações de equilíbrio natural de um sistema ambiental, causando assim uma diminuição na resistência de um ambiente identificado, por exemplo, como de alta vulnerabilidade (SOUSA, 2016b).

Tabela 1: Avaliação da qualidade ambiental e do uso da APA do Delta do Parnaíba considerando o Plano de Manejo da Unidade (PMU).

Proposição PMU	Grau de estabilidade do ambiente	Componente ambiental diretamente afetado	STATUS	Implicações
I - Proibida implantação de indústria/ agroindústria	Moderadamente estável a vulnerável	Solos / Fauna local / Corpos hídricos / Dunas móveis	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
II - Vetados Terraplanagens/ aberturas de canais	Moderadamente estável a vulnerável	Campos de dunas fixas/ Dunas móveis / Solos / Linha de praia / Fauna local	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
II - Proibidos Projetos de urbanização	Moderadamente estável a vulnerável	Campos de dunas / Solos / Linha de praia / Fauna local / Comunidades locais	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
III - Vetadas atividades que possam gerar erosão ou assoreamento	Moderadamente estável a vulnerável	Solos / Fauna local / Corpos hídricos / Dunas móveis	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
IV - Proibidas atividades que impliquem matança, captura ou molestamento de espécies da fauna local	Moderadamente estável a vulnerável	Fauna local / Fauna regional / Habitats	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
V – Vetado o uso de biocidas ou fertilizantes	Moderadamente estável a vulnerável	Fauna local / Fauna regional / Habitats / Corpos hídricos	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
VI – Proibido despejo no mar, nos manguezais ou corpos hídricos de efluente ou resíduo	Moderadamente estável a vulnerável	Fauna local / Fauna regional / Habitats / Corpos hídricos / Linha de praia	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal
VII - Vetada retirada de areia que implique alteração ecológica do local	Moderadamente estável a vulnerável	Solos/ Campos de dunas	Desconformidade	Redução quali-quantitativa da cobertura vegetal

CONCLUSÕES

A partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), notou-se que um dos fatores que contribuíram para a redução da vegetação na APA foi à pressão antrópica, causando perda da vegetação decorrente principalmente de processos de desflorestamento de áreas antes adensadas reduzindo a estabilidade dessas áreas e consequentemente acelerando o processo natural de deslocamento dos sedimentos dunários, contribuindo em parte na redução da vegetação. A qualidade ambiental da APA tem sido comprometida pelo não cumprimento das normas adotadas pelo plano de manejo da unidade, o que promove o aumento da vulnerabilidade dessas áreas, que naturalmente já oferecem instabilidade ambiental por suas condições estruturais e ecodinâmicas.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. P.; MUTTI, P. R.; LIMA, K. C.. Variabilidade espacial | e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio

Parnaíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.2, p.82-97, 2019.

BACKES, K.. **Variações do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do sensor modis associadas a variáveis climáticas para o Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BRAGA, V. D.. **O papel dos espaços protegidos privados para a conservação da biodiversidade**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2010.

BEZERRA, B. G.; AND J. F. F.. Growth Analysis of a Cotton Crop Irrigated with Wastewater. **Revista de Ciências Agrônômicas**, v.40, n.3, p.339-345, 2009.

CARLSON, T. N.; RIPLEY, D. A.. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index, **Remote Sensing of Environment**, v.62, p.241-252, 1997.

COSTELLANI, R.; PETTA, R. A.; FERNANDES, R. C.; DUARTE, C. R.; ARAÚJO, L. P.. Mapeamento geoambiental do estuário do rio Ceará-Mirim, com base em imagens de alta resolução do satélite IKONOS II. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 23. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007, p.2126.

FORKEL, M. N.; CARVALHAIS, M. D.; JAN VERBESSELT, C. S. R.; MAHECHA, N.; AND M. R.. Trend Change Detection in NDVI Time Series: Effects of Inter-Annual Variability and Methodology. **Remote Sensing**, v.5, n.5, p.2113-2144, 2013.

GAMON, J. A.; FIELD, C. B.; GOULDEN, M. L.; GRIFFIN, K. L.; HARTLEY, A. E.; JOEL, G.; PENUELAS, J.; VALENTINI, R.. Relationships between ndvi, canopy structure, and photosynthesis in three californian vegetation types. **Ecological Applications**, v.5, n.1, p.28-41, 1995.

ICMBio. **Projeto Manguezais do Brasil**. ICMBio, 2019.

LANGE, M. B. R. A.. A conservação da natureza: conceitos e breve histórico. In: RIOS, A. V. V.. **O direito e o desenvolvimento sustentável**: curso de direito ambiental. Brasília: IEB, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Zona Costeira e Marinha**. Brasília: MMA, 2019.

MUTTI, P. R.; LÚCIO, P. S.; DUBREUIL, V.; BEZERRA, B. G.. NDVI time series stochastic models for the forecast of vegetation dynamics over desertification hotspots, **International Journal of Remote Sensing**, v.41, n.7, p.2759-2788, 2020.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V.. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008.

RIBEIRO, L.; SILVEIRA, R. M. P.; NUCCI, J. C.. O crescimento populacional como fator de risco à perda florestal no município de Pontal do Paraná, litoral paranaense, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v.25, p.120-139, 2013.

ROCHA, J. M. S.; SOARES, M. C. S.; MOURA, J. P.. Estudo etnobotânico para preservação da área de restinga da praia de Guriri em São Mateus/ES: Aspectos de licenciamento ambiental. **Revista Águas Subterrâneas**, v.23, n.1, 2009.

SILVA, M. F. L.. **O Ecoturismo no Delta do Parnaíba - PI e Entorno: Turismo e Sustentabilidade**. Monografia (Especialização para Turismo e Hospitalidade) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SILVA, Q. D.. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012.

SOUZA, R. S.; VALLADARES, G. S.; ESPINDOLA, G. M.. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra da planície costeira do estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.05, p.1606-1620, 2016a.

SOUZA, R. S.; VALLADARES, G. S.; ESPINDOLA, G. M.. Análise do índice de vegetação (NDVI) e vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira do Estado do Piauí. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v.18, n.2, p.82-99, 2016b.

TOEBE, D.; LÚCIO, L. T.. **Análise Temporal Da Cobertura Vegetal Arbórea do Município de Foz do Iguaçu/PR utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Foz do Iguaçu: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, 2011.

TOMASELLA, J. R. M.; SILVA, P. V.; BARBOSA, D. A.; RODRIGUEZ, M.; OLIVEIRA, S.; AND, M. F. S.. Desertification Trends in the Northeast of Brazil over the Period 2000–2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.73, p.197-206, 2018.

TUCKER, C. J.. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, n.2, p.12750, 1979.

WANG, Q.; ADIKU, S.; TENHUNEN, J.; GRANIER, A.. On the relationship of NDVI with Leaf Area Index in a deciduous forest site. **Remote Sensing of Environment**, v.94, n.2, p.244-255, 2005.