

## **A VARIAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE TEMPERATURA E VEGETAÇÃO DA BIORREGIÃO DO DELTA DO PARNAÍBA**

Vinicius Boneli Vieira<sup>1</sup>  
Lindberg Nascimento Júnior<sup>2</sup>  
Orlando Ednei Ferretti<sup>3</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A temperatura do ar é considerada como um parâmetro físico crucial relacionado ao fluxo de calor. A compreensão das interações entre a superfície e a atmosfera, bem como a modelagem da temperatura do ar nas camadas mais baixas da atmosfera, depende significativamente da incidência de energia proveniente do Sol.

Por isso, este elemento desempenha um papel fundamental em diversos estudos, incluindo a formulação de modelos climáticos e fornece importantes informações sobre as propriedades físicas do clima local. Além de sua relevância climática, a temperatura da superfície terrestre é empregada para identificar processos ambientais, como alterações na cobertura do solo, sendo altamente sensível à vegetação e à umidade do solo (ARANTES *et al.*, 2013).

Por meio do efeito que produzem no sombreamento (com impacto direto na insolação e na radiação solar direta) ou pela alteração nos fluxos de calor latente (a evapotranspiração é um dos principais processos biológicos da transformação do calor) as áreas com vegetação desempenham papel fundamental na melhoria do conforto ambiental, atuando fundamentalmente na redução da temperatura, na mitigação de eventos extremos de calor, e nos espaços urbanos, na amenização das ilhas de calor.

As mudanças de uso e cobertura da terra, resultantes do desmatamento ou transformações na paisagem, por outro lado, são os principais fatores que acarretam em modificações no balanço de radiação e que se impactam diretamente na temperatura e no regime térmico (SILVA *et al.*, 2023).

A biorregião do Delta do Parnaíba, localizada entre os Estados do Maranhão, Piauí e Ceará, caracterizada por uma zona de transição (AB'SABER, 1970), e associada pela dinâmica do clima tropical da zona equatorial (IBGE, 2002), tem apresentado nas

---

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, [viniciusboneli@ufdpar.edu.br](mailto:viniciusboneli@ufdpar.edu.br);

<sup>2</sup> Professor e Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, [lindberg.junior@ufsc.br](mailto:lindberg.junior@ufsc.br);

<sup>3</sup> Professor orientador: Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, [orlando.ferretti@ufsc.br](mailto:orlando.ferretti@ufsc.br)

últimas décadas transformações significativas na paisagem, impulsionadas pela urbanização e avanço do neoextrativismo (VIEIRA e FERRETTI, 2023). Grande parte dessas intervenções têm favorecido empreendimentos privados em detrimento de ambientes conservados, e podem diminuir radicalmente a qualidade ambiental e biodiversidade única desta paisagem.

Nesse sentido, partindo do argumento de que “[...] o efeito dos tipos de tempo sobre o espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática, também desiguais” (SANT’ANNA NETO, 2003, p. 60), qual a relação que existe entre vegetação e temperatura neste ambiente? Diante deste questionamento, a objetivo do artigo é analisar a relação entre temperatura e vegetação na biorregião do Delta do Parnaíba no período entre 2016 e 2022, com o intuito de fornecer contribuições para a compreensão da dinâmica climática e vegetacional na região de estudo.

O recorte da biorregião se justifica diante as características naturais e biogeográficas particulares com fortes ligações entre populações humanas, formas de vidas indissociáveis e a configuração física do território (GUDYNAS, 2002).

## **METODOLOGIA**

Neste estudo a relação entre temperatura e vegetação foi conduzida por uma análise descritiva da temperatura de superfície dos alvos (LST – *Land Surface Temperature*) e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)), obtidas por dados orbitais e técnicas de sensoriamento remoto. Para obter a estimativa da TSA foram obtidas imagens por meio da plataforma *Google Earth Engine* (SADECK, 2021) e extraídas da *United States Geologic Survey*. Utilizou-se o satélite *Landsat 8 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance* (CHANDER *et al.*, 2009). As bandas empregadas foram a 5 e 4 e 10 (correspondentes às bandas do vermelho, infravermelho e infravermelho térmico 1). Para o processamento dos mapas de NDVI utilizou-se imagens correspondentes ao mês de outubro, englobando o período com menor incidência de nuvens, e a disponibilidade de imagens do satélite LANDSAT 8.

A análise também contemplou avaliação da variação espaço temporal da TSA e NDVI, para isso foram consideramos a comparação dos resultados para os anos de 2016, 2018 e 2022 e relacionados a anos-padrões com pluviometria classificada como tendente a seca, habitual e tendente a chuvoso, conforme observações feitas por Ferreira e Kemenes (2023) e Zepner *et al.* (2020).

Os dados relacionados a biorregião (figura 3), referentes a delimitação das áreas protegidas, uso e cobertura da terra, e informações cartográficas no formato *shapefile* foram obtidos na base de dados do ICMBio, IBGE, e Projeto Mapbiomas. Todo o processamento foi desenvolvido em ambiente SIG, utilizando o software QGIS 3.24.2-Tisler.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima do Delta do Parnaíba é influenciado pela Zona de Convergência Intertropical, e apresenta precipitação que varia entre 1000 e 1600 mm anuais, em um regime quase semestral (ABREU, MUTTI e LIMA, 2019). Por isso, trata-se de uma paisagem dominada pelo clima tropical quente e úmido, com alto índice de pluviosidade, elevadas taxas de evotranspiração e grande aporte fluvial, derivam planícies flúvios-marinhas cortadas por uma rede de canais, que formam as ilhas do Delta.

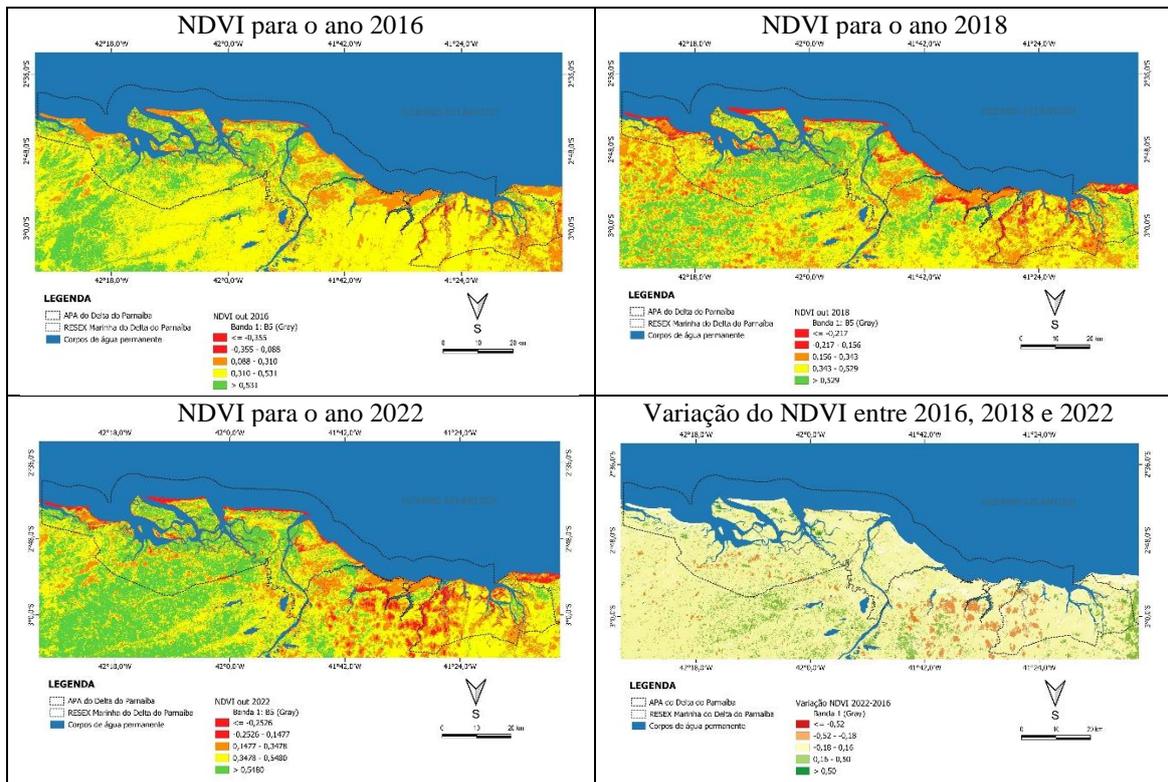
Nestas ilhas, a paisagem é formada por áreas de manguezais, praias arenosas e lamosas, restingas, dunas móveis no seu interior, lagoas temporárias durante a estação chuvosa, marismas e depressões inter-dunares que resultam em campos fixados por vegetação herbácea e arbustiva, assim como áreas de transição formadas por sistemas marinhos, caatinga e cerrado (CASTRO, 2007; SOUSA, RODRIGUES NETA, 1996; EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Nas áreas de transição que correspondem ao bioma da caatinga e cerrado, há uma grande variação da presença de folhas, resultante da própria condição adaptativa das espécies que promovem a decídua, como a *Copaifera langsdorffii* (LEMOS e PINHO, 2020), sobretudo na estação menos chuvosa ou seca.

Essa dinâmica é em parte representada pelas respostas espectrais da vegetação obtida pelos NDVIs que é bastante homogêneo em praticamente toda a área de estudo, quando associada ao período chuvoso (Figura 3). Destaca-se ainda que em algumas áreas da biorregião, no período seco, a vegetação perde as folhas e o índice é menor, corroborando com os estudos de Albuquerque *et al.* (2014).

Há algumas áreas com valores mais elevados que estão associados à mata ao longo do curso d'água e ao ambiente de manguezal. Assim, nota-se necessário analisar a resposta espectral deste tipo de cobertura vegetal que se enquadra em um ecótono da região semiárida do Nordeste brasileiro.

A variação da vegetação na biorregião do Delta do Parnaíba (figura 1), analisada entre 2016 e 2022, confirmou a estabilidade dos ambientes vegetacionais, predominando os valores de -0,18 e 0,16. Entretanto, diversos fragmentos apresentaram índices negativos de vegetação, com variação de -0,52 a -0,18, indicando pouca ou nenhuma vegetação, especialmente nos municípios de Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia, no Piauí.



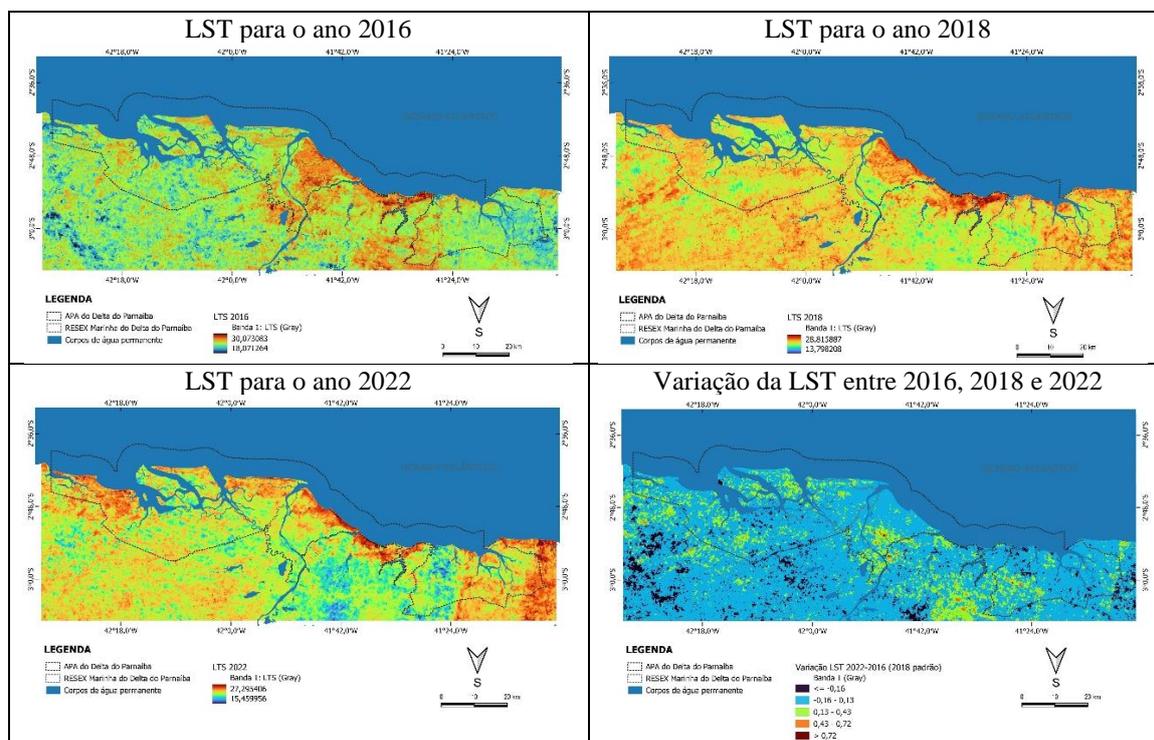
**Figura 1:** Coleção de mapas de NDVI na biorregião do Delta do Parnaíba entre os anos de 2016, 2018 e 2022

No setor leste, no Ceará, próximo à Barroquinha, houve maior concentração de fragmentos com variação positiva entre 0,16 e 0,50. No noroeste da biorregião, no Maranhão, houve uma distribuição mais ampla de variação positiva, com alguns fragmentos apresentando valores superiores a 0,50 na Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba, na Reserva Particular de Patrimônio Natural Ilha do Caju, e nos municípios de Água Doce do Maranhão e Tutóia.

A análise dos resultados desta pesquisa evidencia, por meio dos mapas gerados, o impacto da presença ou ausência de vegetação (NDVI) nos níveis de LST (figura 2). Nesse sentido, foi observado que no período com maior acúmulo de chuvas (ano de 2022) as temperaturas de superfície foram mais discrepantes, ou seja, os ambientes apresentaram maior diferença entre eles.

O fator espectral demonstrado responde inclusive à saúde da vegetação, então em alguns locais as temperaturas intensificam. Esta condição pode ser associada ao padrão do solo, visto que em outros pontos a temperatura é amenizada. No período em que o padrão é habitual e tendente a seco (anos de 2018 e 2016), foi notado uma condição climática de maior proximidade. De tal modo, deduzimos ser uma situação em que há uma certa homogeneidade, com pouca diferenciação das temperaturas de superfície.

Assim, se está quente ou se está meio quente e sem chuva, temos um padrão mais ou menos homogêneo. Deste modo, reconhecemos como um indicador do clima de transição para o clima semiárido. Nesta perspectiva, as temperaturas de superfície apresentam maior variabilidade ao longo do dia em comparação com as temperaturas do ar, devido ao aquecimento frequente das superfícies pela exposição solar.



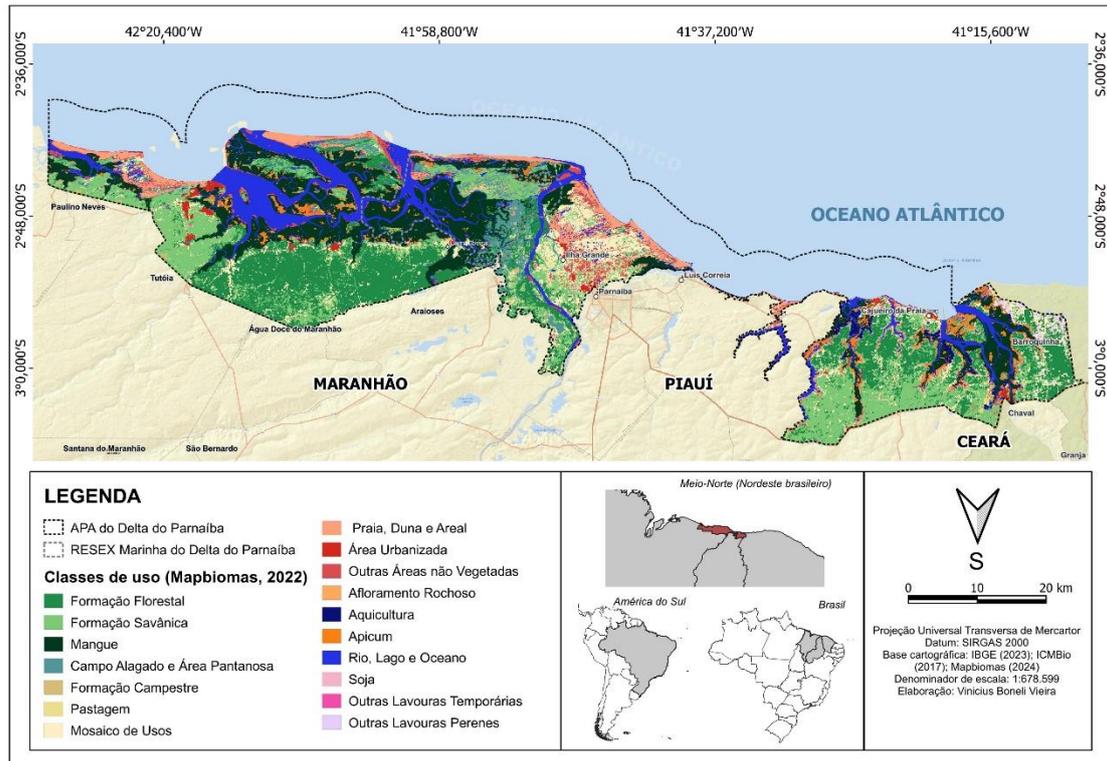
**Figura 2:** Mapa de LST na biorregião do Delta do Parnaíba entre os anos de 2016, 2018\* e 2022. (\*Ano de referência padrão).

No mundo tropical, toda vez que chove ameniza as temperaturas, visto que as nuvens diminuem a penetração de radiação solar direta, retendo parte da radiação do sol (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Nesse sentido, é necessário certo nível de estabilidade para conseguir gerar uma diferenciação significativa nas temperaturas. Portanto, se a resposta espectral tem indicado esta estabilidade, entendemos que a dinâmica da vegetação tem permitido a diferenciação. Logo, percebemos que a

diferenciação entre os ambientes indica uma condição em relação a magnitude da temperatura.

Ao relacionar esses resultados com o mapa de uso e cobertura da terra (figura 3) com o mapa de variação de temperatura de superfície (figura 2), observamos que nos pontos localizados em ambientes de formação savânica e campestre, as temperaturas indicaram uma variação positiva (setor oeste e interior da RESEX Marinha do Delta do Parnaíba). Os pontos situados em ambientes de praia, duna e areal, a variação de temperatura se mostrou amena (noroeste e centro da biorregião), apesar de indicar o aumento da variação de temperatura nas suas proximidades, como é o caso da comunidade da Pedra do Sal (litoral piauiense), entre as áreas onde estão situados os complexos de geração de energia eólica. No setor leste, onde há um predomínio de formação florestal, a variação de temperatura de superfície no seu entorno foi negativa, com valores inferiores a -0,16.

Em ambientes como área urbanizada, outras áreas não vegetadas, aquicultura, mosaicos de uso e pastagem (áreas desmatadas), foi confirmado o aumento significativo na variação da temperatura de superfície, com valores de 0,43 e superiores a 0,72. Desta forma, a maior concentração da variação positiva de temperatura de superfície está situada em localidades do interior dos municípios de Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia.



**Figura 3:** Delimitação, uso e cobertura da biorregião do Delta do Parnaíba

A relação entre os dados do NDVI e as informações de temperatura de superfície revela que índices vegetativos baixos estão associados a intervalos de temperatura mais elevados. Dessa forma, em áreas de formação savânica e campestre, onde a vegetação é menos densa ou em áreas onde a vegetação foi suprimida, observa-se uma tendência a valores térmicos mais elevados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de temperatura nas localidades observadas evidenciaram que a falta de vegetação impacta diretamente os valores de LST altos e NDVI baixos. Os períodos analisados, especialmente com maior acúmulo de chuvas afetaram positivamente nos dados de temperatura, indicando, assim, mudanças na vegetação. Os resultados desta pesquisa também indicam a necessidade de se aprofundar nas anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), bem como a observação e a associação de outros indicadores climáticos, como a análise da variabilidade das chuvas, comparando-a com ocorrências históricas em uma escala geográfica biorregional.

A paisagem modificada pela construção de usinas eólicas, pelo avanço da carcinicultura, da urbanização e dos empreendimentos turísticos, contribuem para diminuição da biodiversidade e alterações na condição termal local. Assim, é necessário

aprofundar este estudo na análise de pontos extremos de temperatura associados a infraestrutura e intervenções vinculadas ao neoextrativismo.

Por fim, destaca-se a importância da observação contínua da temperatura e do índice de vegetação, de modo a contribuir para a compreensão da dinâmica e sua interação com outras variáveis biogeográficas e associadas ao uso humano.

**Palavras-chave:** Temperatura de superfície terrestre; NDVI; vegetação; biorregião do delta do Parnaíba.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, n. 20, p. 1–26, 1970.
- ABREU, L. P. de; 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**, 7 (2). 082-097, 2019.
- ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; DINIZ, J. M. T.; SANTOS, C. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais** 1 (1): 1-11, 2014.
- ARANTES, A. E.; SOUSA, S. B.; SOARES, G. S. C.; FERREIRA, L. G. **Análise da temperatura da superfície terrestre e índice de vegetação SAVI para o município de Goiânia, 2009**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.
- CASTRO, A. A. J. F. Unidade de planejamento: uma proposta para o estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publ. Avulsas Conserv. Ecossistemas**. 18, p. 1-28, 2007.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**. (113)5, p. 893-903, 2009.
- EI-ROBRINI, M. *et al.* **Maranhão: erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006.
- FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. A influência dos eventos climáticos extremos na climatologia da planície litorânea piauiense. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 32, jan. / jun. 2023.
- GUDYNAS, E. El concepto de regionalismo autonomo y el desarrollo sustentable en el Cono Sur. In: GUDYNAS, E. (Org.). **Sustentabilidad y regionalismo en el Cono Sur**. Montevideo: Editorial Coscoroba, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa Climas do Brasil**. 2002. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

LEMOS, J. R.; PINHO, I. F. **Guia ilustrado de plantas da região do Delta do Parnaíba (NE do Brasil)**. São Paulo: Blucher Open Access, 2020.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

SADECK, L. **Earth Engine - Land Surface Temperature**. YouTube, 09 de dezembro de 2021. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=Ui9KmXbcu1k> >.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade**: mudança, variabilidade e ritmo climático. Terra Livre, São Paulo, 1(20), p. 51-63, jan/jul. 2003.

SILVA, L. A. P. DA., ROCHA, A. M., SOUZA, C. M. P. DE., LEITE, M. E. Análise da temperatura de superfície terrestre e variáveis biofísicas em domínios de vegetação do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 43, 2023.

SOUSA, M. J. N.; RODRIGUES NETA, F. R. Litoral do Piauí: configuração e caracterização dos atributos geoambientais. In: CEPRO. **Macrozoneamento Costeiro do Estado do Piauí**: relatório geoambiental e sócioeconômico. Teresina: Fundação CEPRO. 1996. p. 43-72.

VIEIRA, V. B.; FERRETTI, O. E. **Uso comum e os conflitos ambientais na biorregião do Delta do Parnaíba**. Anais do XV ENANPEGE. Campina Grande: Realize Realize. 2023. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/94306>>. Acesso em: 20/02/2024.

ZEPNER, L.; KARRASCH, P.; WIEMANN, F.; BERNARD, L. ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform. **International Journal of Digital Earth**, 2020.