

VARIAÇÃO INTERANUAL DA COBERTURA VEGETAL DO AMBIENTE RIPÁRIO EM RIOS NÃO PERENES

Camilla Jerssica da Silva Santos¹
Elânia Daniele Silva Araújo²
Felipe Lima de Brito³
Ellen Luana Brasilino Lemos Madeiro⁴
Jonas Otaviano Praça de Souza⁵

INTRODUÇÃO

A vegetação ripária desempenha um papel importante na estabilização das margens dos rios, na regulação da qualidade da água, na importação de matéria orgânica, no fornecimento de refúgio para animais, na manutenção da biodiversidade e na prevenção da erosão do solo (WANG et al., 2018). Essa, também influencia as condições hidrológicas dos rios, por exemplo, reduzindo a temperatura da água, diminuindo a vazão e aumentando a taxa de evapotranspiração (MEIXNER et al., 2006). A interação entre os processos fluviais e a vegetação ribeirinha tem atraído a atenção de diversos pesquisadores (CORENBLIT et al., 2007; FLANAGAN et al., 2017; LOZANOVSKA et al., 2020).

A pesquisa sobre vegetação ribeirinha tem se baseado amplamente na coleta de dados por meio de levantamentos de campo (GURNELL et al., 2020; RODRIGUEZ-GONZALEZ et al., 2017). À medida que a tecnologia de Sensoriamento Remoto se tornou mais avançada (resolução espacial média: imagens Landsat TM, MODIS, etc.; e alta: imagens LiDAR, UAV, etc.), um número crescente de imagens confiáveis está disponível, e o uso dessa tecnologia para conduzir pesquisas sobre vegetação ribeirinha tem aumentado gradualmente. Dessa forma, os índices de vegetação derivados de satélites vêm sendo amplamente utilizados no monitoramento das condições da vegetação e suas dinâmicas em escalas regionais ou globais (ZENG et al., 2020; ZHANG et al., 2017).

Nesse sentido, este artigo teve como objetivo analisar a variação interanual da cobertura vegetal do ambiente ripário na bacia do Riacho do Tigre, com base na

¹Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, camilla.jerssica@hotmail.com;

²Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, elaniadani@hotmail.com;

³Bacharel em Geografia Universidade Federal da Paraíba – UFPB, felipelima.lima190@gmail.com;

⁴Graduanda em Geografia Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ellen.madeiro@academico.ufpb.br;

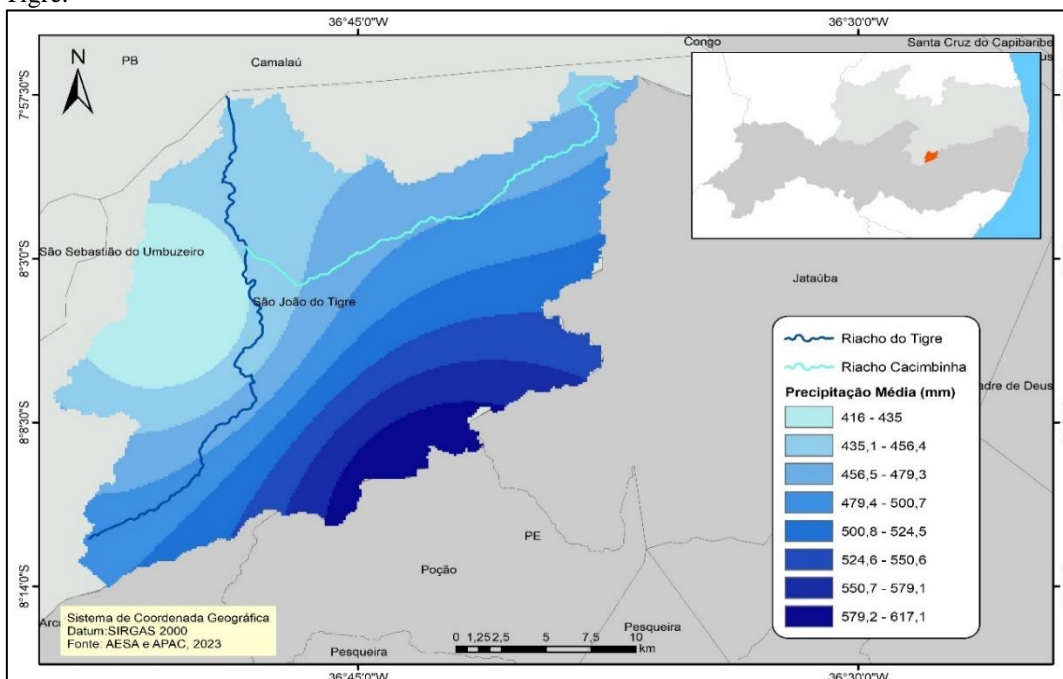
⁵ Professor Adjunto, Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, jonas.souza@academico.ufpb.br.

consistência temporal do mapeamento da cobertura vegetal da Caatinga. Foram selecionados dois rios da bacia: o Riacho do Tigre e o Riacho Cacimbinha, devido a diferença na distribuição da precipitação desses dois canais.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A área de pesquisa está localizada na bacia hidrográfica do Riacho do Tigre, com aproximadamente 560 km², situada no município de São João do Tigre - PB. Os rios da bacia são não perenes, típicos de ambientes fluviais semiáridos com vazão ausente durante a maior parte do ano, tendo em média menos de 40 dias de fluxo por ano. Contudo, não há dados observados, sendo essa a média padrão para canais de ordem semelhante na região (SILVA e SOUZA, 2017). O bioma é a Caatinga, apresentando como vegetação predominante a Caatinga Hiperxerófila com presença de alguns trechos de Floresta Caducifólia. O clima é Tropical Semiárido, com chuvas de verão nos períodos entre novembro e abril e apresentando pluviosidade média anual de 431,8 mm. No entanto, nos setores de sudeste a sudoeste da bacia, nas áreas dos maciços remobilizados, onde se localizam as áreas de maior altitude, a precipitação tende a ser maior, apresentando uma precipitação média anual entre 550,6 mm e 617,5 mm (Figura 1).

Figura 1: Mapa de média de precipitação do período de 1994 a 2023, e localização da Bacia Riacho do Tigre.



Autoria própria (2023)

Adquirimos imagens de satélite Sentinel-2 (S2A MSI L1C) para o período de 2016 a 2023, pois ele oferece imagens de alta resolução espacial (10m) disponíveis gratuitamente e cobertura global multiespectral com alta resolução temporal.

Selecionamos imagens menos obscurecidas pela cobertura de nuvens e neblina para análise da cobertura vegetal. Para reduzir o erro, as imagens de sensoriamento remoto foram selecionadas apenas nos meses de crescimento da vegetação (dezembro a julho) com cobertura de nuvens inferior a 20%. Isso resultou em 43 observações válidas, adquiridas da interface de usuário do EarthExplorer (EE) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) desenvolvida pelo United States Geological Survey (USGS).

Os dados da variação da cobertura vegetal nativa da Caatinga foram adquiridos na coleção BETA do MapBiomas 10 metros para o período de 2016 a 2023 (período de disponibilidade de imagens do satélite Sentinel-2). A utilização das imagens de melhor resolução permite a inclusão de informações de maior detalhe, como a floresta ripária em Áreas de Preservação Permanente (APP) ao longo dos rios e nascentes.

Em seguida, utilizando um *buffer* de 100m do ambiente ripário do riacho do Tigre e Cacimbinha, foram extraídas informações apenas da vegetação primária arbórea e arbustiva, para cada ano de análise. Desse modo, foi calculado o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) para as áreas.

O NDVI foi calculado para todas as 43 imagens conforme a Eq. (1), utilizando as bandas 4 e 8 do Sentinel-2, que foram calibradas para detectar radiação nas regiões visível (vermelho) e infravermelho próximo (NIR) do espectro, respectivamente.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Eq .1

Os valores de NDVI variam entre -1,0 e 1,0, com valores próximos de zero e abaixo indicando características que não são vegetadas, como água, nuvens e superfícies áridas. Em seguida, utilizando os *rasters* de NDVI derivados (com tamanho de pixel de 10 m), para cada *buffer* extraímos seus valores médios, representando NDVI em relação à variação da vegetação primária no ambiente ripário.

Para a identificação dos acumulados pluviométricos para cada imagem, foram utilizados dados de chuva de duas estações obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), quatro estações da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA), e quatro estações do Laboratório de Estudos do Semiárido (LAESA UFPB). Sendo assim, inicialmente se fez a separação dos dados diários dentro do determinado

recorte temporal. Depois que divididos foram calculados os acumulados de 30, 60, 90 e 120 dias das precipitações para assim realizar a correlação com as medias do NDVI.

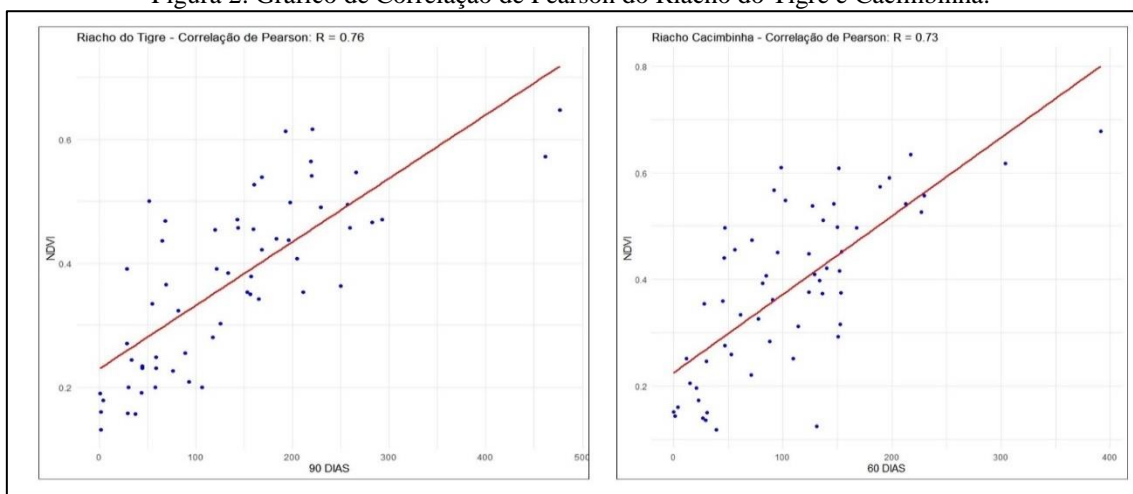
A correlação entre essas variáveis foi medida através do índice de correlação de *Pearson* (R). A análise correlacional indica a relação entre duas variáveis lineares, cujos valores sempre serão entre -1 e $+1$. O sinal indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa e o tamanho da variável indica a força da correlação, *i. e.*, R maior que 0.70 indica uma forte correlação; R entre ± 0.30 a ± 0.70 indica correlação moderada; e R entre 0 a ± 0.30 indica uma fraca correlação (HELMAN et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da correlação de *Pearson*, mostrou mais elevado para os valores de 90 dias de acumulado de chuva para Riacho do Tigre e de 60 dias para Riacho do Cacimbinha. Isso indica uma diferenciação na fenologia da vegetação entre esses riachos, a qual relaciona-se também com as condições climáticas.

A figura 2, apresenta o gráfico de correlação de *Pearson* entre o NDVI e o número de dias desde o início do período de análise para dois diferentes riachos: Riacho do Tigre e Riacho Cacimbinha. A correlação de *Pearson* foi de $0,76$ para o Riacho do Tigre e de $0,73$ para o Riacho Cacimbinha, indicando uma forte correlação positiva em ambos os casos. A inclinação das linhas de tendência reflete a intensidade dessa relação, com um crescimento gradual do índice de vegetação à medida que os dias progridem, indicando um aumento na densidade da vegetação ao longo do tempo. Diversos autores também destacam uma correlação forte positiva entre a vegetação de área secas e a precipitação (SOUSA et al., 2023; ZOU et al., 2020; BURRY et al., 2018), indicando que essas áreas são fortemente influenciadas pelo ciclo de precipitação.

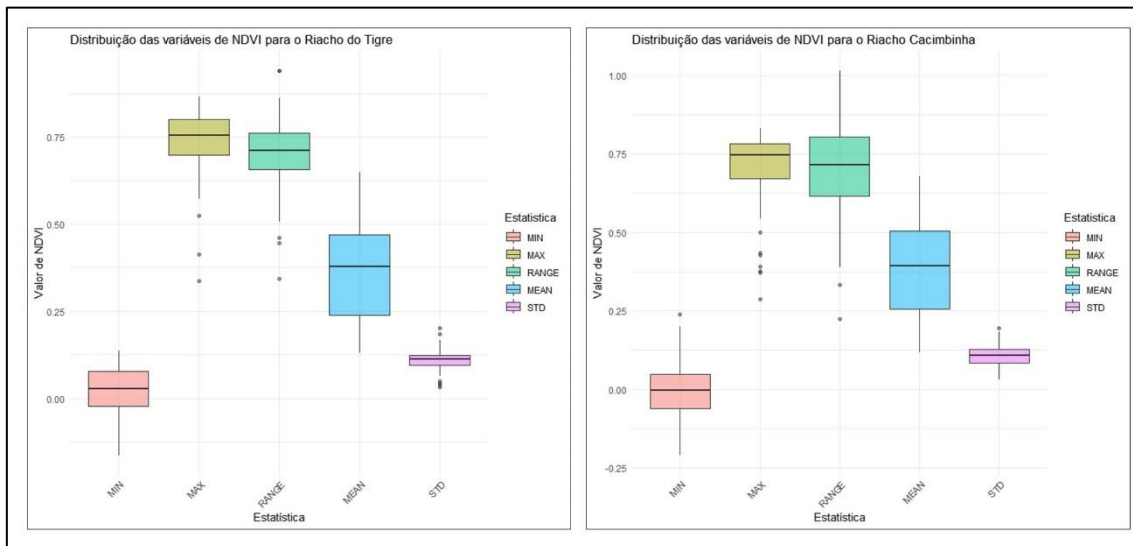
Figura 2: Gráfico de Correlação de *Pearson* do Riacho do Tigre e Cacimbinha.



Autoria própria (2024)

A análise das distribuições das variáveis de NDVI para os riachos do Tigre e Cacimbinha, representada nos boxplots (figura 3), revela diferenças significativas na variabilidade e nos valores médios de vegetação entre as duas áreas. Observa-se que o Riacho do Tigre apresenta uma maior amplitude de valores de NDVI, com um valor máximo superior ao do Riacho Cacimbinha, o que sugere uma maior diversidade ou densidade de cobertura vegetal nesta área.

Figura 3: Gráfico da distribuição das variáveis de NDVI para o Riacho do Tigre e Cacimbinha.



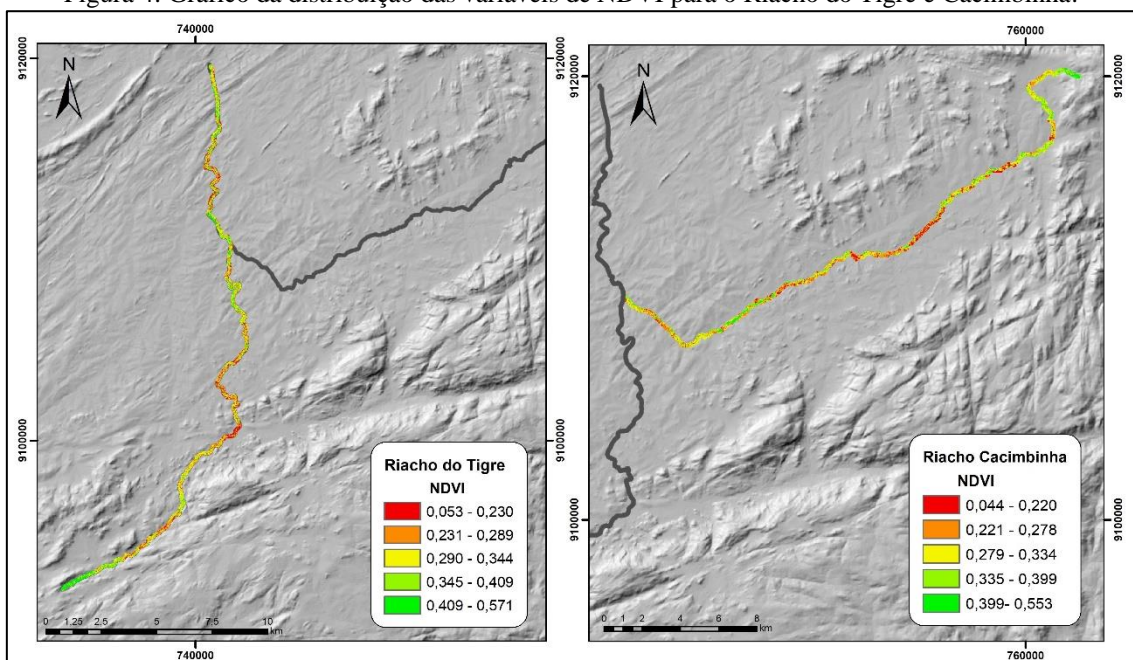
Autoria própria (2024)

No Riacho do Tigre, a média de NDVI é notavelmente elevada, indicando uma vegetação mais vigorosa ou densa, enquanto o valor mínimo está próximo de zero, sugerindo áreas com pouca ou nenhuma vegetação. A amplitude dos valores de NDVI também é maior, o que pode refletir uma heterogeneidade na cobertura vegetal da área estudada. O que é corroborado por Gerard et al. (2020), que ao analisarem a amplitude de florestas secas e úmidas da América Central e do Sul, explicam que a variação nas características ambientais e climáticas, e a diversidade das espécies de plantas em termos das suas diferentes estratégias de ciclo de vida foliar podem explicar os altos valores da amplitude.

Já no Riacho Cacimbinha, os valores de NDVI também são elevados, mas com uma média ligeiramente inferior à do Riacho do Tigre. A dispersão dos valores é menor, o que pode indicar uma cobertura vegetal mais homogênea. A presença de *outliers* em ambos os gráficos sugere a existência de áreas com condições vegetativas extremas, como vegetação muito densa ou áreas desprovidas de vegetação.

A análise dos mapas da média do NDVI dos Riachos do Tigre e Cacimbinha (figura 4), revela padrões distintos de vigor da vegetação ao longo de seus cursos. O Riacho do Tigre mostra uma distribuição heterogênea dos valores de NDVI, com uma maior presença de áreas nas classes mais baixas (0,053 - 0,230 e 0,231 - 0,289), especialmente na parte sul. À medida que se avança para a parte norte do curso, observa-se um aumento nos valores de NDVI, com predominância de vegetação mais densa, como indicado pelas classes em amarelo, verde claro e verde escuro (0,290 - 0,571). Ao analisarem a mata ciliar de um reservatório em Serrinha (PE) entre os anos de 1996 e 2019, Silva Junior et al., (2021), identificaram valores entre -0,200 e 0,860, sendo a maioria da área classificada entre 0,065 e 0,330, os autores fizeram uma comparação entre os sensores Landsat e Sentinel e constaram que ambos são eficazes para o monitoramento dessas áreas e que o NDVI apresenta uma maior sensibilidade para classificação dessas áreas.

Figura 4: Gráfico da distribuição das variáveis de NDVI para o Riacho do Tigre e Cacimbinha.



Autoria própria (2024)

No caso do Riacho Cacimbinha, os valores de NDVI mostram uma distribuição relativamente mais uniforme ao longo do curso do riacho. Há uma menor presença de áreas com baixos valores de NDVI, e a vegetação parece ser, em média, mais vigorosa ao longo de todo o riacho, com valores que variam predominantemente entre as classes intermediárias (0,221 - 0,399). No entanto, as áreas com os maiores valores de NDVI (0,399 - 0,553) são menos frequentes, o que pode indicar que, embora a vegetação seja

relativamente saudável, há menos áreas de vegetação extremamente densa comparado ao Riacho do Tigre.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise estatística reforça a correlação positiva entre o NDVI e a saúde da vegetação nas duas áreas de estudo. Esses resultados sugerem que a vegetação nas áreas estudadas responde de forma diferente às condições ambientais, refletindo possíveis variações em fatores como solo, clima e hidrologia dos canais. O Riacho do Tigre apresenta uma maior variabilidade na cobertura vegetal, possivelmente indicando uma maior diversidade ecológica.

Comparando os dois riachos, é evidente que o Riacho do Tigre apresenta uma maior variação nos valores de NDVI, com áreas significativas de baixa vegetação, principalmente em seu trecho sul. Isso pode indicar maior susceptibilidade a processos de degradação ambiental ou variações topográficas que afetam a cobertura vegetal. Por outro lado, o Riacho Cacimbinha parece apresentar uma vegetação de densidade moderada de forma mais consistente ao longo de seu curso, embora com menos áreas de vegetação extremamente densa.

Palavras-chave: NDVI; Vegetação Ripária; Rios não perenes

REFERÊNCIAS

- BURRY, L. Susana; PALACIO, Patricia I.; SOMOZA, Mariano; MANDRI, Matilde E. Trivi de; LINDSKOUG, Henrik B.; MARCONETTO, M. Bernarda; D'ANTONI, Héctor L. Dynamics of fire, precipitation, vegetation and NDVI in dry forest environments in NW Argentina. *Contributions to environmental archaeology. Journal of Archaeological Science: Reports*, v.18, p.747-757. 2018.
- CORENBLIT, D., TABACCHI, E., STEIGER, J., E GURNELL, A. M. (2007). Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews*, 84(1-2), 56-86. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.05.004>.
- FLANAGAN, L. B., ORCHARD, T. E., LOGIE, G. S. J., COBURN, C. A., e ROOD, S. B. (2017). Water use in a riparian cottonwood ecosystem: Eddy covariance measurements and scaling along a river corridor. *Agricultural & Forest Meteorology*, 232, 332-348. <https://doi.org/10.1016/j.agrfor.2016.08.024>.
- GERARD, F.F.; GEORGE, C.T.; HAYMAN, G.; CHAVANA-BRYANT, C.; WEEDON, G.P. Leaf phenology amplitude derived from MODIS NDVI and EVI: Maps of leaf phenology synchrony for Meso- and South America. *Geoscience Data Journal*, v. 7, n. 1, 2020.
- GURNELL, A. M., BERTOLDI, W. Extending the conceptual model of river island development to incorporate different tree species and environmental conditions. **River Res. Appl.** 36 (8), 1730-1747, 2020.

HELMAN, D.; BAHAT, I.; NETZER, Y.; BEN-GAL, A.; ALCHANATIS, V.; PEETERS, A.; COHEN, Y. Using Time Series of High-Resolution Planet Satellite Images to Monitor Grapevine Stem Water Potential in Commercial Vineyards. *Remote Sensing*, [s.l.], v.10, n.10, p.1010-1615, Oct 2018. DOI. 10.3390/rs10101615.

LOZANOVSKA, I., BEJARANO, M. D., MARTINS, M. J., NILSSON, C., & AGUIAR, F. C. (2020). Functional diversity of riparian woody vegetation is less affected by river regulation in the Mediterranean than boreal region. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00857>.

MEIXNER, H. I. S., BÖLSCHER, J., & IORDACHE, V. (Eds.) (2006). Sedimentological and ecological problems of multifunctional riparian forest management, *Berliner Geographische Abhandlungen*. <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2957>.

RODRIGUEZ-GONZALEZ, P. M., ALBUQUERQUE, A., MARTINEZ-ALMARZA, M., & DIAZ-DELGADO, R. (2017). Long-term monitoring for conservation management: Lessons from a case study integrating remote sensing and field approaches in floodplainforests. *Journal of Environmental Management*, 202(pt.2), 392–402. <https://doi.org/10.1016/j.jenvm.2017.01.067>

SILVA, A.F.P.L.; SOUZA, J. O. P.; Caracterização hidrossedimentológica dos trechos aluviais da bacia Riacho do Tigre. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia, MG .v.18 n.63, set. 2017. ISSN 1678-6343.

SILVA JUNIOR, U. J.; GONÇALVES, R. M.; DE OLIVEIRA, L. M. M.; SILVA JUNIOR, J. A. Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II-PE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 1, p. 17-35, 2021.

SOUSA, J. H. S.; NASCIMENTO RIBEIRO, G.; FRANCISCO, P. R. M.; SILVA JÚNIOR, O. A.; SILVA, L. H. G. T.; NÓBREGA, J. L. Índices biofísicos da bacia hidrográfica do rio Sucuru-PB utilizando o Google Earth Engine. *Revista Geama*, v. 9, n. 3, p. 86-94, 2023.

WANG, Y.; HU, Y.; YANG, C.; CHEN, Y. Effects of vegetation types on water-extracted soil organic matter (WSOM) from riparian wetland and its impacts on riverine water quality: Implications for riparian wetland management. **Sci Total Environ**, 2018 Jul 1:628-629:1249-1257. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.061.

ZENG, L.; ET AL, A review of Vegetation Phenological Metrics Extraction Using Time-Series, Multispectral Satellite Data. *Remote Sens. Environ.* 2020, 237, 111511.

ZHANG XY ET AL. 2017. Exploration of scaling effects on coarse resolution land surface phenology. *Remote Sens Environ* 190: 318-330.

ZOU L; CAO S; ZHAO A; SANCHEZ-AZOFEIFA, A. Assessing the temporal response of tropical dry forests to meteorological drought. *Remote Sensing*. Jul 21;12(14):2341. 2020.