

Evaluation of vegetation cover in the Sucuru-PB river basin using Google Earth Engine

José H. S. de Sousa*, George do N. Ribeiro**, Paulo R. M. Francisco***, Guttemberg da S. Silvino****, Jarlean L. Nóbrega*****

*Graduando em Biosistemas, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. hugosimplicio123@gmail.com

**Dr. Prof. Associado, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

***Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

paulomegna@gmail.com

****Dr. Prof. Associado, Universidade Federal da Paraíba, UFPB. guttemberg.silvino@academico.ufpb.br

*****Graduando em Biosistemas, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. jarlean.lopes@estudante.ufcg.edu.br

Received 10 November; accepted 05 December

Abstract

Remote sensing and vegetation indices are important tools in environmental analysis. The present study aimed to use the Google Earth Engine (GEE) platform to evaluate the vegetation cover in the Sucuru-PB river basin, applying the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). Image processing and evaluation of vegetation indices took place on the Google Earth Engine (GEE) platform. As the NDVI and SAVI results achieved for the dry period ranged from -0.08 to 0.40, -0.40 to 0.20, respectively, thus characterizing the existence of pasture areas, shrubs and exposed soil, however for the rainy season, the NDVI and SAVI indices ranged from -0.06 to 0.49, -0.01 to 0.24, respectively, thus characterizing the existence of denser vegetation, built-up area and water bodies, evidenced by the Sumé-PB dam.

Keywords: Environmental studies, caatinga, geotechnologies.

Avaliação da cobertura vegetal em bacia hidrográfica do rio Sucuru-PB utilizando o Google Earth Engine

RESUMO

O sensoriamento remoto e os índices de vegetação, são ferramentas importantes na análise ambiental. O presente estudo visou utilizar a plataforma do Google Earth Engine (GEE) para avaliar a cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Sucuru-PB, aplicando os índices Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). O processamento das imagens e avaliação dos índices de vegetação, ocorreram na plataforma do Google Earth Engine (GEE). Conforme os resultados alcançados de NDVI e SAVI para o período seco variaram de -0,08 a 0,40, -0,40 a 0,20, respectivamente, caracterizando assim, a existência de áreas de pastagem, arbustos e solo exposto, entretanto para o período chuvoso os índices NDVI e SAVI, variaram de -0,06 a 0,49, -0,01 a 0,24, respectivamente, caracterizando assim, a existência de vegetação mais densa, área construída e corpos d'água, evidenciado pelo açude de Sumé-PB.

Palavras-chave: estudos ambientais, caatinga, geotecnologias.

1 Introdução

Para Faustino et al. (2014), bacia hidrográfica é uma unidade de gestão territorial importante para os estudos ambientais, pois todos os componentes pertencentes a ela como geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, clima e rios estão integrados e interligados.

As atividades antrópicas desenvolvidas em áreas de bacias hidrográficas acarretam em uma série desdobramentos no meio ambiente (Barros, 2021). Desde a ocupação do solo indevido, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da

matéria orgânica dentre outras degradações, têm contribuído para o desaparecimento de rios e lagos, afetando profundamente o ciclo da água e o clima (Araújo et al., 2009).

As geotecnologias aplicadas ao estudo e caracterização de bacias hidrográficas proporcionam uma maior espacialização do ambiente estudado, assim, como maior dinamização do processo de geração de informação, aumentando a produtividade e proporcionando um manuseio mais versátil dos dados, além de proporcionar atualizações em tempo real e baixo custo de aquisição e de operação (Santos et al., 2020). O geoprocessamento, sobretudo as geotecnologias e em especial o sensoriamento remoto, são largamente utilizados para monitorar a cobertura vegetal e o contido de água presente, através dos índices de vegetação e de águas continentais (Montanher, 2019).

A utilização do sensoriamento remoto e a aplicação conjunta de índices de vegetação, também chamados índices biofísicos, apresentam-se como instrumentos eficientes e eficazes para avaliar e monitorar as condições da cobertura vegetal de uma região geográfica, em função de sua precisão, praticidade e caráter multiespectral (Chagas, 2012; Sallo et al., 2014; Ribeiro et al., 2016a;).

Segundo Magalhães et al. (2017), para analisar uma vegetação, faz-se necessário utilizar processamento de imagens de satélite com o intuito de propiciar uma melhor extração dos alvos analisados.

Atualmente, plataformas baseadas em processamento digital em nuvem estão sendo disponibilizadas gratuitamente para diversos públicos, principalmente na área de geoprocessamento, como a plataforma Google Earth Engine (GEE). O GEE é uma referência na área de sensoriamento remoto orbital e é baseado no geoprocessamento de nuvens em escala planetária, com um catálogo de vários petabytes de imagens e dados de observação da Terra (Campos-Taberner et al., 2018). Tem sido aplicado em diversos tipos de pesquisas, como classificação de uso e cobertura da terra (Melo et al., 2022), mapeamento de áreas queimadas (Fattore et al., 2021), caracterização da cobertura vegetal em diferentes biomas por meio de índices de vegetação (Bezerra et al., 2022; Jardim et al., 2022), e estimativa de evapotranspiração (Allen et al., 2015;

Laipelt et al., 2021; Oliveira-Júnior et al., 2021).

As imagens orbitais utilizadas permitem extrair informações sobre objetos em superfície terrestre através da captação do registro de energia refletida ou emitida, principalmente aqueles de maior sensibilidade do infravermelho, como são o caso de pesquisas que envolvam a cobertura de vegetação e umidade (Rockett, 2014).

Estudos na região do Cariri paraibano, exemplificam o uso do sensoriamento remoto e geotecnologias como ferramentas poderosas para estudos ambientais, compreensão de processos hidrológicos e gestão de recursos naturais em bacias hidrográficas, pois fornecem informações variadas e geram mapas de cobertura vegetal que são úteis na tomada de decisões (Barbosa et al., 2021).

Diante do exposto, têm-se a importância de avaliar a cobertura vegetal da bacia hidrográfica localizada em região semiárida, tornando-se essencial para estudos ambientais, gestão e planejamento de recursos naturais e compreender os seus processos hidrológicos, diante a dinâmica de áreas urbanas e rurais.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do rio Sucuru-PB, utilizando a plataforma do GEE, por meio de diferentes índices de vegetação no período seco e chuvoso da região.

2 Material e métodos

A Bacia Hidrográfica do rio Sucuru (BHRS) representa parcela significativa da bacia do Alto rio Paraíba e está localizada no semiárido paraibano (Figura 1), na Mesorregião da Borborema e na Microrregião Homogênea do Cariri Ocidental, centro do Estado da Paraíba, com área territorial de aproximadamente 1.652,5 km²; engloba total ou parcialmente os municípios de Amparo, Monteiro, Ouro Velho, Prata, Sumé, Serra Branca e Coxixola. A área se encontra entre as coordenadas geográficas 7°28'00" e 7°50'00" de latitude sul e 37°14'00" e 36°49'00" de longitude oeste (Santos et al., 2020). A sua área de compreensão está totalmente inserida no Semiárido do Brasil, nos domínios da Caatinga com inúmeras variações paisagísticas (Silva, 2017).

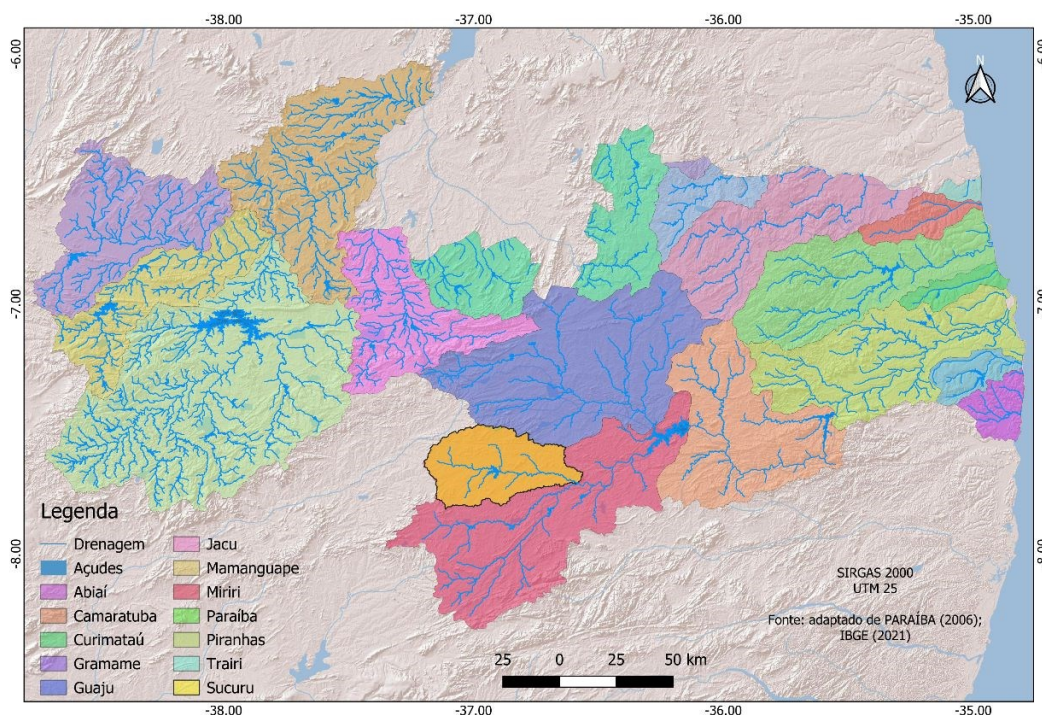


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

A nascente do rio principal da bacia de regime intermitente, o Sucuru, situa-se na serra dos Cariris Velhos, com altimetria aproximada a 591 metros, nos limites da Paraíba com Pernambuco, drenando águas de forma parcial e total da área de oito municípios de Amparo, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, Serra Branca e Sumé. Esses municípios contribuem com um fluxo hídrico para o açude público de Sumé e o de Epitácio Pessoa, que é conhecido popularmente como Boqueirão (Galvêncio et al., 2006; Cunha, 2011; Almeida et al., 2012; Francisco, 2013).

De acordo com a classificação de Gaussen a área em estudo está sob a influência dos tipos climáticos 4aTh (tropical quente de seca acentuada), 2b (subdesértico quente de tendência tropical) e 3aTh (mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada). Não obstante, de acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh (semiárido quente), com precipitações médias anuais baixas (em torno de 400mm) com estação seca que pode atingir até 11

meses. O índice de aridez (IA) de Thornthwaite para a bacia do Sucuru é de 0,22, que caracteriza o seu clima como semiárido (Alencar, 2008).

Diniz et al. (2020), ao realizarem pesquisa sobre o índice de anomalia de chuvas na microrregião do Cariri Ocidental em um período de 21 anos (1999-2019), obtiveram como resultado que, a climatologia temporal da precipitação na região de estudo, compreende como o período chuvoso entre os meses de janeiro a maio, em contrapartida o período seco ocorre entre os meses de junho a dezembro, sendo setembro tido como o mês mais seco.

Com relação aos aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Sucuru, observa-se na Figura 2 que, em geral, predominam altitudes entre 452 a 841 m. Especificamente, nas regiões sul, oeste e norte, o relevo é irregular e não homogêneo, compreendendo ao Planalto da Borborema, caracterizada por altas elevações. Em contrapartida, o leste possui baixas elevações.

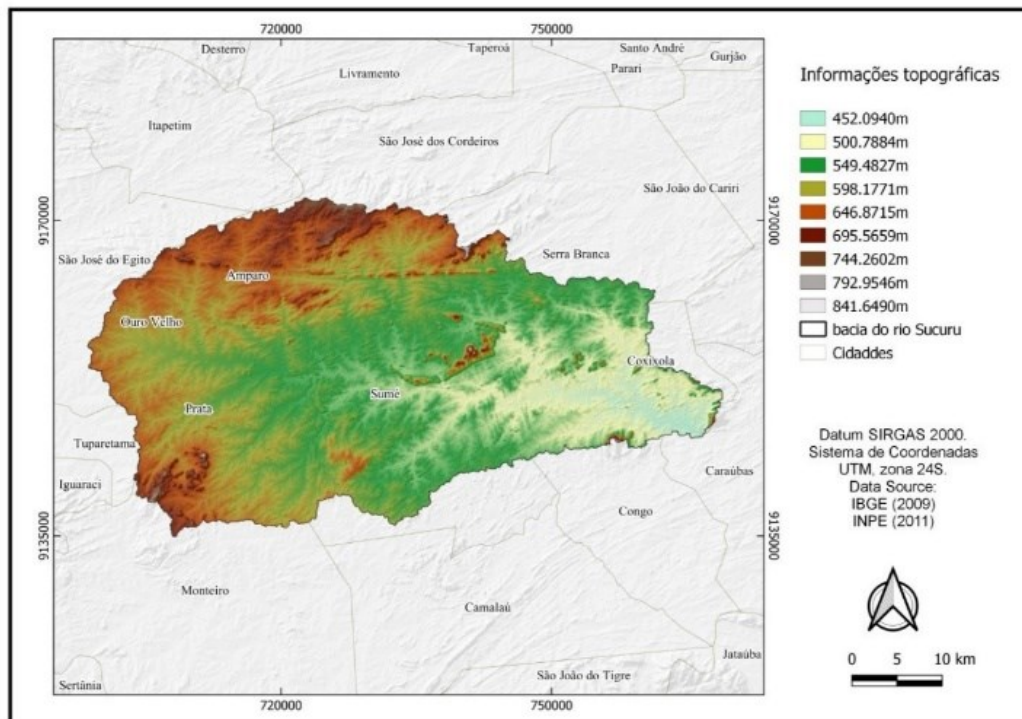


Figura 2. Mapa hipsômetro da área de estudo. Fonte: Adaptado do INPE (2011); IBGE (2009).

Na região de estudo predomina a caatinga hiperxerófila de porte arbóreo baixo ou arbóreo arbustivo. A vegetação da caatinga possui alta capacidade de adaptação à escassez hídrica, uma vez que seus recursos bioquímicos e físicos a tornam altamente adaptada aos longos períodos de estiagem da região (Ribeiro, 2014).

De acordo com Francisco (2010), na área ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos, fase pedregosa substrato gnaisse e granito, e os Vertissolos apresentando relevo suave ondulado e ondulado, predominantemente nas partes mais baixas no entorno da drenagem, e os Planossolos Nátricos, relevo plano e suave ondulado, e a predominância de solos Luvisolos Crômicos bem desenvolvidos, em relevo suave ondulado.

A agricultura se baseia na agricultura familiar com o plantio de espécies como feijão macassá ou de corda e o milho (*Zea mays*), ainda nas culturas de batata-doce, fava, algodão herbáceo, mamona, mandioca, milho, tomate, feijão, banana, coco, goiaba, manga e sisal. A pecuária está embasada na criação extensiva de rebanhos, por ordem de importância: caprino, bovino, ovino, suíno, equino, asinino e muare. Na última década, apresenta-se uma crescente no quantitativo aviário (Ribeiro, 2014).

Para a avaliar a cobertura vegetal foram utilizados os índices de vegetação, NDVI e o SAVI. O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), foi criado para detectar a presença ou ausência de vegetação utilizando-se de comprimentos de onda do vermelho e vermelho próximo (Equação 1), destacando assim, a

presença ou ausência de vegetação (Ornellas & Lopes, 2020).

Os valores de NDVI são representados de -1.0 a 1.0, sendo que os intervalos dos valores variam de região para região devido o comportamento da vegetação, e no semiárido com a predominância do bioma Caatinga os valores negativos de reflectância caracterizam regiões com superfícies tomadas pela água ou por sombras, valores acima ou próximo a zero, representam área de solo exposto com pouca ou nenhuma vegetação, e conforme os valores aproximam-se de 1.0 indicam vegetação com maior biomassa e atividade fotossintética (Melo, 2011; Fitz, 2020).

$$NDVI = \frac{Nir - Red}{Nir + Red}, \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: NIR = refletância na faixa espectral do infravermelho próximo (Banda 8), e RED = refletância na faixa espectral do vermelho (Banda 4).

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) do inglês Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), foi desenvolvido na tentativa de minimizar a influência da reflectância do solo sobre o NDVI, incorporando a um fator L (Huete, 1988). O fator de correção para minimizar as variações de brilho do solo, o torna preferível em regiões semiáridas, de vegetação tendencialmente mais esparsa onde a resposta do solo predomina em relação à resposta da vegetação (Machado et al., 2011). A adoção de L foi estabelecida conforme descrito na literatura: áreas com baixa densidade de vegetação, L = 1; para densidade de vegetação intermediária, L = 0,5 e, para densidade de vegetação alta, L = 0,25 (Silva et al., 2020a; Silva et al.,

2020b; Silva et al., 2021). Portanto, foi adotado um L de 0,5, por se tratar do bioma Caatinga (Melo et al., 2022). O SAVI é calculado através da Equação 2 proposta por (Huete, 1988).

$$SAVI = (1 + L) * \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L}, \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: NIR = refletância na faixa espectral do infravermelho próximo (Banda 8), e RED = refletância na faixa espectral do vermelho (Banda 4).

Para o estudo da cobertura vegetal, foram utilizadas imagens do sensor multiespectral do Sentinel-2, com nível 1c, (melhor nível de correção produzido de forma sistemática que inclui: projeção em sistema cartográfico utilizando Modelo Digital de Terreno; valores de reflectância em Topo de Atmosfera (TOA); reamostragem em grid padrão de 10, 20 e 60m (GSD) e inclusão de máscara de nuvem (ESA, 2015). Os satélites Sentinel-2A e 2B são satélites de imageamento multiespectral que geram imagens em alta resolução (com bandas de 10 a 60m) e com alta capacidade de revisita (5 dias) (Drusch et al., 2012).

O script foi elaborado na linguagem JavaScript a partir da plataforma de programação e processamento em nuvem do GEE, denominada Code Editor. Foi aplicado um filtro para remoção de pixels de nuvem nas imagens capturadas entre 01/01/2022 à 01/05/2022 e 01/06/2022 à 01/12/2022, referente ao período chuvoso e seco, respectivamente, e gerada uma imagem síntese dos períodos utilizando o valor da mediana de cada pixel. Rosa (2018), ressalta que a utilização do valor da mediana é importante pois elimina pixels contaminados por ruídos causados por névoas, nuvem ou sombra de nuvem que não tenham sido removidos no filtro inicial.

A partir das imagens obtidas, foram realizados os cálculos dos índices espectrais e, então exportadas as imagens para o software QGIS 3.22 para elaboração do layout.

3 Resultados e discussão

Na Figura 3, observam-se produtos do NDVI para a Bacia Hidrográfica do rio Sucuru, para o período o seco e chuvoso do ano de 2022, respectivamente.

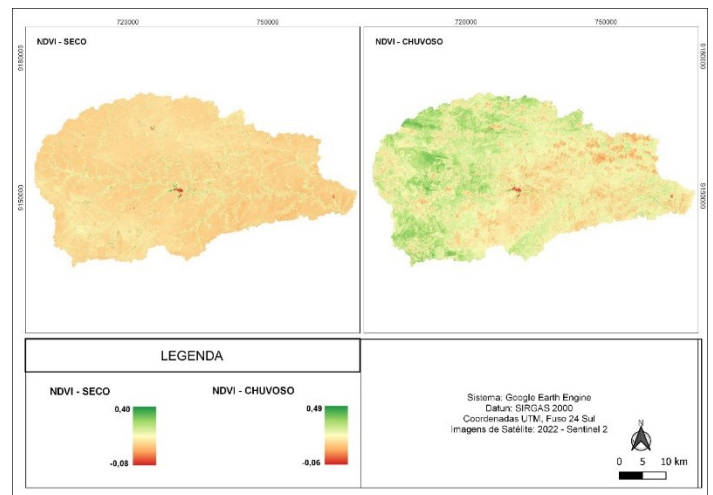


Figura 3. NDVI para o período seco e chuvoso do ano de 2022. Fonte: Adaptado do Google Earth Engine (2021).

Durante o período seco, os valores máximo e mínimo de NDVI foram -0,08 e 0,40 (Figura 3), delineando corpos d'água e áreas de pastagem e arbustos presentes na área de estudo, respectivamente. Há concordância entre esses resultados obtidos neste estudo e o trabalho realizado por Karaburun (2010), que observou que o NDVI possui propriedades que variam de $-1,0 \leq NDVI \leq 1,0$. Ainda para o autor, valores negativos de NDVI ($NDVI < 0$) indicam corpos d'água, valores muito baixos ($NDVI < 0,1$) correspondem as áreas inférteis, já valores considerados moderados ($0,2 \leq NDVI \leq 0,3$) representam áreas de pastagem e arbustos, enquanto ($0,6 \leq NDVI \leq 0,8$) expressam florestas tropicais e temperadas e indicam a presença de vegetação viva, e finalmente o solo exposto tem valor nulo ($NDVI = 0$).

Dados semelhantes ao de Besalatpour et al. (2013) em pesquisa realizada na bacia hidrográfica altamente montanhosa de Bazoft, no sudoeste do Irã, constataram que o NDVI variou de $-0,31 \leq NDVI \leq 0,47$, mínimo e máximo, respectivamente.

Em estudo realizado por Barbosa et al. (2021) que aplicaram diferentes índices de vegetação na bacia hidrográfica do rio Sucuru, mediante o ano de 2016, os mesmos verificaram que o NDVI variou entre ($-0,2 \leq NDVI \leq 0,4$), confirmando, assim, os resultados do estudo, onde o valor máximo foi de 0,40 durante o período seco.

Conforme Alves (2016), isso relaciona-se à época de imageamento da região, que corresponde ao período de precipitações pluviais mínimas, e também devido à própria vegetação da área, formada por Caatinga caducifolia arbustiva, que se caracteriza pela queda das folhas no período seco (agosto a dezembro).

Medeiros et al. (2022), em estudo elaborado no município de Patos-PB, afim de obter a resposta espectral do comportamento do NDVI e NDWI, relataram que o NDVI variou de $0,08 \leq NDVI \leq 0,28$, para o período seco de 2014.

Gameiro et al. (2016), avaliaram a cobertura

vegetal em Jaguaribe - CE utilizando índices de vegetação. O resultado trouxe imagens de períodos secos e úmidos da área de estudo que detectaram diferenças relevantes, incluindo perdas de vegetação natural para a agricultura.

Gandhi et al. (2015), avaliando o distrito de Vellore na Índia, por meio do software QGIS, encontraram valores de NDVI entre $0,1 \leq NDVI \leq 0,5$. Ainda para os autores, o NDVI tem sido bastante utilizado para analisar a relação entre a variabilidade espectral e as mudanças nas taxas de crescimento da vegetação, além de detectar às mudanças na cobertura vegetal, os valores mais baixos de NDVI são encontrados nos solos menos vegetados, porque a reflexão no solo é alta, dessa forma produz menores valores na faixa do infravermelho próximo e altos na faixa vermelha, portanto os valores do NDVI são baixos.

Lima (2021) aplicando NDVI no bioma Caatinga, para estimar o estoque de carbono e biomassa acima do solo, observou que na estação chuvosa ocorre um pico de reflectância na região do infravermelho, devido a interação com a clorofila, já na estação seca esse pico não ocorre, pois nesse período as árvores perdem suas folhas. Em termos de quantificação e caracterização quantitativa das características da cobertura vegetal, o NDVI é um indicador que está inteiramente relacionado ao crescimento da vegetação e distribuição espacial, que devido ao seu cálculo simples, ao fácil acesso aos parâmetros de cálculo e ampla faixa de monitoramento, é possível quantificar o crescimento das plantas com biomassa, cobertura vegetal, além do índice de área foliar (Li Binbin et al., 2014).

Na Figura 3, observa-se os valores de NDVI variam de um máximo e mínimo de -0,06 e 0,49, respectivamente, para o período chuvoso da bacia hidrográfica do rio Sucuru no ano de 2022, sendo representados como corpos d'água e a presença de áreas de pastagem e arbustos presentes na área de estudo, respectivamente.

Macedo (2019), estimando os índices de vegetação na unidade de conservação do parque estadual das Carnaúbas – CE, mediante o ano de 2018, obteve os valores máximos de NDVI de 0,58 para o período úmido, o mesmo enfatiza que essa característica se justifica pelo fato da presença de umidade, os índices sofrerem alterações.

Freitas et al. (2017), avaliando o comportamento da vegetação através do NDVI em Remanso-BA ao longo do ano de 2016. Os autores apresentaram resultados com valores de NDVI alto no período chuvoso, enquanto no período seco os valores foram menores. Ficando

evidente a diminuição de vegetação densa nos primeiros meses do ano e o aumento das áreas desprovidas de vegetação devido à carência de chuva.

Silva et al. (2020a), avaliaram em uma região do bioma Caatinga a distribuição espaço-temporal do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), para o período de 1998 a 2018, e observaram valores variando de -0,283 a 0,642.

Existem alguns fatores que influenciam no crescimento da vegetação e por conseguinte afetam a resposta do NDVI, dentre os quais a refletividade das folhas, que possivelmente mudam com a idade, podem levar de um a dois meses para atingir a expansão total com maior refletividade, e as precipitações afetando os valores dos índices de vegetação, ao promoverem a redução da radiação refletida pelo solo e no caso da caatinga, especificamente, elevam o índice de área foliar da vegetação após um evento chuvoso (Ferreira, 2013; Yang et al., 2014).

Maldonado (2005) acentua que a diferença de valores existentes entre os dois períodos se faz presente, primordialmente, pelo fato de a caatinga ser uma vegetação que perde as suas folhas na época seca, o que deixa de ser classificada como vegetação densa e passa a ser caracterizada como vegetação escassa e/ou solo exposto.

Notam-se produtos do SAVI, exposto na Figura 4 para a bacia hidrográfica do rio Sucuru, para o período de seco e chuvoso do ano de 2022, respectivamente.

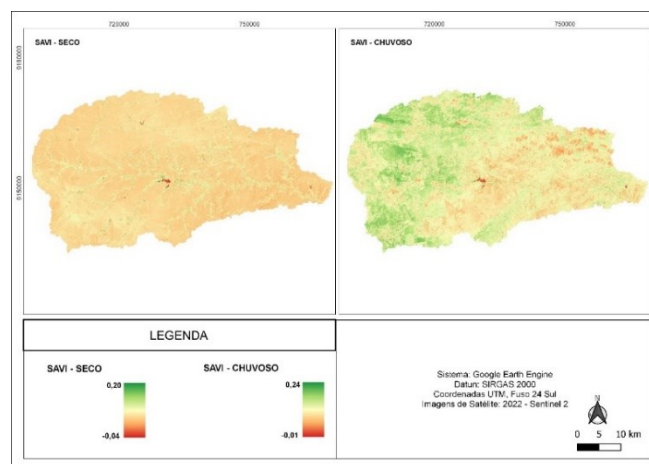


Figura 4. SAVI para o período seco e chuvoso do ano de 2022. Fonte: Adaptado do Google Earth Engine (2021).

Rêgo et al. (2012) aponta que, o SAVI expressa valores que podem variar de $-1,0 \leq SAVI \leq 1,0$, sendo que valores positivos correspondem a vegetação mais densa, no entanto valores negativos representam solo exposto, corpos d'água ou área construída. Coincidindo com os valores apresentados por este trabalho, valores de máximo e mínimo do SAVI, para o período seco, -0,04 e 0,20 (Figura 4), respectivamente, sendo caracterizada como solo exposto, corpos d'água ou área construída e vegetação mais densa na área em estudo.

Barbosa et al. (2021), utilizando geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal na região do presente estudo, os mesmos encontraram valores de SAVI na faixa de $-0,05 \leq \text{SAVI} \leq 0,4$ para o período seco estudado, o que está de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, que são $-0,04$ e $0,20$.

Miranda e Nascimento (2013) destacam que o SAVI quando comparado ao NDVI, separa áreas de solo de áreas de vegetação e pondera pesos diferentes para cada uma dessas classes, tornando mais evidente e menos expressivo o efeito do solo. Silva e Galvêncio (2012), comparando a variação nos índices NDVI e SAVI no município de Petrolina-PE, destacaram a eficiência do SAVI, principalmente em as áreas mais densamente vegetadas, comprovando que este parâmetro possui confiabilidade para os períodos secos do semiárido. Rocha et al. (2011) concluíram que o SAVI discrimina melhor os alvos na superfície terrestre, apresentando um maior número de classes.

A escolha do SAVI foi baseada no critério deste índice ser um NDVI melhorado e ter um coeficiente de ajuste ao solo (Alhumaima & Abdullaev, 2020; Bao et al., 2021). Resultados promissores com a aplicação de índices de vegetação como o SAVI são evidenciados na literatura contemporânea (Chaves et al., 2020; Picoli et al., 2020; Chaves et al., 2021).

Conforme Silva e Galvêncio (2012), o SAVI é um índice que tem por finalidade amenizar os efeitos de background (interferência/ruído da refletividade). Para Ponzoni e Shimabukuro (2010), o SAVI constata que o brilho do solo, principalmente em tons escuros é aumentado os valores dos índices de vegetação, especialmente para níveis de cobertura vegetal com aproximadamente 50% de cobertura verde.

Na Figura 4, notam-se produtos de SAVI para a área de estudo no período chuvoso no ano de 2022, sendo atribuídos os valores de máximo e mínimo, $-0,01$ e $0,24$, correspondendo a solo exposto, corpos d'água ou área construída e vegetação mais densa, respectivamente.

Em pesquisa realizada por Melo et al. (2022), o SAVI apresentou valor de $-0,20$ para o período chuvoso, indicando alta densidade de cobertura vegetal, portanto, apresentando um nível denso e médio de vegetação. Entretanto,

Oliveira (2019) obteve valores de SAVI para o período chuvoso, variando de $-0,76 \leq \text{SAVI} \leq 0,85$, em pesquisa voltada a análise da cobertura vegetal no município de Juazeirinho-PB, mediante o ano de 2010.

Para Melo et al. (2022) avaliando a dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na mesorregião do Agreste do estado de Pernambuco, por meio de índices de vegetação, adotaram $L=0,5$, encontraram valores para o período chuvoso variando de um valor máximo de $0,80$ a um valor mínimo de $-0,20$, mediante o índice de vegetação SAVI. Comportamento semelhante ao relatado por Bezerra et al. (2020), aplicando o $L=0,5$, o SAVI variou entre $-0,44 \leq \text{SAVI} \leq 0,83$, para o período chuvoso.

Segundo Vani e Mandla (2017), o SAVI é um complemento ao NDVI, onde a vegetação e a cobertura florestal estão presentes na terra que são cobertos por vegetação com um pixel de até 15%. Mediante Ribeiro et al. (2016b) o uso do SAVI, no bioma Caatinga, é mais apropriado que os demais índices de vegetação, uma vez que, o mesmo corrige os efeitos do solo na resposta espectral.

Gameiro et al. (2016) apontam que, os dados de SAVI e NDVI se assemelham, diferenciando-se o fato de o SAVI possuir quantitativos mais significativos em relação as médias, além de contribuir para o destaque das características de regiões com presença ou ausência de vegetação, além dos corpos d'água. Devido à similaridade entre os resultados desses parâmetros, com o acréscimo do valor das classes no índice SAVI, os autores acrescentam que considerando o fato desse índice eliminar os efeitos do solo, isso contribui para que haja uma visão mais realista da situação da área analisada.

Sob um adendo, Santos et al. (2020), com o uso de geotecnologias no estudo da degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sucuru, verificou os níveis de degradação moderado, muito grave, grave, moderado grave, moderado, moderado baixo e baixo das terras. Os mesmos relataram que nas margens dos corpos hídricos da área de estudo, em sua maior parte, encontram-se no nível de degradação grave, decorrente da retirada dessa vegetação em função da exploração dessas áreas para os mais variados usos. Os processos de degradação, aliados ao uso incorreto das terras da bacia estudada tiveram como principal consequência, o êxodo rural, necessitando da intervenção do poder público para que as comunidades locais possam desenvolver atividades sustentáveis, considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais. Resultados esses enfatizados por Sousa et al. (2022), ao relatarem o crescimento das atividades florestais e pecuárias, na bacia hidrográfica do rio Sucuru.

4 Conclusão

O processamento em nuvem digital do Google Earth Engine (GEE) foi eficiente na previsão de índices de

vegetação, maximizando o tempo de processamento e minimizando erros de processamento com correções de refletância na superfície terrestre.

Conforme os resultados alcançados de NDVI e SAVI para o período seco variaram de -0,08 a 0,40, -0,40 a 0,20, respectivamente, caracterizando assim, a existência de áreas de pastagem, arbustos e solo exposto, entretanto para o período chuvoso os índices NDVI e SAVI, variaram de -0,06 a 0,49, -0,01 a 0,24, respectivamente, caracterizando assim, a existência de vegetação mais densa, área construída e corpos d'água, evidenciado pelo o açude de Sumé-PB.

Os períodos secos apresentaram uma diminuição dos índices, em relação aos períodos chuvosos, comportamento esse destacado por conta da precipitação, apresentando vegetação mais densa e solo exposto, corpos d'água ou área construída, como também áreas de pastagem e arbustos e presença de corpos d'água, respectivamente, um fato comum das condições climáticas características da região do bioma Caatinga.

Conforme os resultados obtidos se destaca o uso do SAVI em regiões de bioma Caatinga, para períodos seco, pois com o uso da constante de ajuste, o SAVI reduzir os efeitos da refletância do solo. Entretanto, em períodos chuvosos, o SAVI pode avaliar mal os valores dos índices.

Referências

- Araújo, L.E.; Sousa, F.D.A.S.; Neto, J.M.M.; Souto, J.S.; Reinaldo, L.R.L.R. 2009. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica*, 8(1) 1-18.
- Alhumaima, A.S.; Abdullaev, S.M. 2020. Tigris basin landscapes: Sensitivity of vegetation index ndvi to climate variability derived from observational and reanalysis data. *Earth Interactions*, 24(7) 1-18.
- Alves, T.L.B. 2016. Avaliação do nível de degradação das terras (desertificação) no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. 143f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Allen, R.; Morton, C.; Kamble, B.; Kilic, A.; Huntington, J.; Thau, D.; Gorelick, N.; Erickson, T.; Moore, R.; Trezza, R.; Ratcliffe, I.; Robison, C. EEFlux: A Landsat-based evapotranspiration mapping tool on the Google Earth Engine. In: 2015 ASABE/IA Irrigation Symposium: Emerging Technologies for Sustainable Irrigation-A Tribute to the Career of Terry Howell, Sr. Conference Proceedings. American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 1-11, 2015.
- Alencar, M.L.S. 2008. Os sistemas Hídricos, o bioma Caatinga e o Social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e Vulnerabilidades. 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Almeida, N.V.; Cunha, S.B.; Nascimento, F.R. 2012. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do Rio Taperoá – Nordeste do Brasil/Paraíba. *Revista Geonorte*, 3(6) 365-378.
- Bao, Z.; Zhang, J.; Wang, G.; Guan, T.; Jin, J.; Liu, Y.; Li, M.; Ma, T. 2021. The sensitivity of vegetation cover to climate change in multiple climatic zones using machine learning algorithms. *Ecological Indicators*, 124(1) 107443.
- Bezerra, A.C.; Silva, J.L.B., Silva, D.A.O.; Batista, P.H.D.; Pinheiro, L.C.; Lopes, P.M.O.; Moura, G.B.A. 2020. Monitoramento Espaço-Temporal da Detecção de Mudanças em Vegetação de Caatinga por Sensoriamento Remoto no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(1) 286-301.
- Besalatpour, A.A.; Ayoubi, S.; Hajabbasi, M.A.; Mosaddeghi, M.R.; Schulin, R. 2013. Estimating wet soil aggregate stability from easily available properties in a highly mountainous watershed. *Catena*, 111(1) 72-79.
- Barros, L.H.V. 2021. Compartimentos do relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Catu (RN): uma abordagem cartográfica por meio de geotecnologias. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- Barbosa, R.B.G.; Ribeiro, G.N.; Francisco, P.R.M.; Arruda, D.A.; Almeida, R.S.; Leite, N.M.G. 2021. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software “R”. *Revista Geama*, 7(1) 34-43.
- Bezerra, A.C.; Silva, J.L.B.; Moura, G.B.A.; Lopes, P.M.O.; Nascimento, C.R.; Ribeiro, E.P.; Galvêncio, J.D.; Silva, M.V. 2022. Dynamics of land cover and land use in Pernambuco (Brazil): Spatio-temporal variability and temporal trends of biophysical parameters. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 25(1) 100677.
- Campos-Taberner, M.; Moreno-Martínez, Á.; García-Haro, F.J.; Camps-Valls, G.; Robinson, N.P.; Kattge, J.; Running, S.W. 2018. Global estimation of biophysical variables from Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, 10(8) 1167.
- Cunha, J.E.B.L.; Taveira, I.M.L.M.; Almeida Filho, D.F.; Silva, A.R.S.; Rufino, I.A.A. Dinâmica interanual da cobertura do solo em região semiárida utilizando

- sensores orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, 2011, Maceió. Anais ...Maceió, 2011.
- Chagas, M.G.S. 2012. Condição biológica da vegetação em ecossistemas costeiros e do Sertão do Pajeú em Pernambuco. 123f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Chaves, M.E.D.; Picoli, M.C.A.; Sanches, I.D. 2020. Recent applications of Landsat 8/OLI and Sentinel-2/MSI for land use and land cover mapping: A systematic review. *Remote Sensing*, 12(18) 3062.
- Chaves, M.E.; Soares, A.R.; Sanches, I.D.; Fronza, J.G. 2021. CBERS data cubes for land use and land cover mapping in the Brazilian Cerrado agricultural belt. *International Journal of Remote Sensing*, 42(21) 8398-8432.
- Drusch, M.; Del Bello, U.; Carlier, S.; Colin, O.; Fernandez, V.; Gascon, F.; Hoersch, B.; Isola, C.; Laberinti, P.; Martimort, P.; Meygret, A.; Spoto, F.; Sy, O.; Marchese, F.; Bargellini, P. 2012. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120(1) 25-36.
- Diniz, R.R.S.; Alencar, M.L.S.; Medeiros, S.A.; Guerra, H.O.C.; Sales, J.C.R. 2020. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(6) 2628-2640.
- ESA. SENTINEL-2 User Handbook. 2015. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>.
- Francisco, P.R.M. 2013. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Ferreira, E.M. 2013. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental, texto: análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 7(1) 31-37.
- Francisco, P.R.M. 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Fitz, P.R. 2020. Classificação de imagens de satélite e índices espectrais de vegetação: uma análise comparativa. *Geosul*, 35(76) 171-188.
- Faustino, A.B.; Ramos, F.F.; Silva, S.M.P. 2014. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. *Sociedade e Território*, 26(2) 18-30.
- Freitas, I.G.F.; Alves, L.E.R.; Gomes, H.B.; Silva Junior, J.R.; Santiago, D.B.; Silva, R.A. 2017. Analysis of Behavior of Vegetation in the Year of 2016 for the Municipality of Remanso- BA. *Revista Geama*, 3(3) 149-156.
- Fattore, C.; Abate, N.; Faridani, F.; Masini, N.; Lasaponara, R. 2021. Google Earth Engine as multi-sensor open-source tool for supporting the preservation of archaeological areas: the case study of flood and fire mapping in Metaponto, Italy. *Sensors*, 21(5) 1791.
- Galvêncio, J.D.; Sousa, F.A.S.; Shirinivasan, V.S. 2006. Análise do relevo da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. *Revista de Geografia Física*, 23(1) 54-69.
- Gameiro, S.; Teixeira, C.P.B.; Neto, T.A.S.; Lopes, M.F.L.; Duarte, C.R.; Souto, M.V.S.; Zimback, C.R.L. 2016. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (IVDN, SAVI e IAF) na sub-bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. *Revista Terrae*, 13(13) 15-22.
- Gandhi, M.G.; Parthiban, S.; Thummalu, N.; Christy, A. 2015. NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and gis—A case study of Vellore District. *Procedia Computer Science*, 57(1) 1199-1210.
- GOOGLE EARTH ENGINE (GEE). A planetary-scale platform for Earth science data & analysis. 2021. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/>>. Acesso em: 27 jan. 2023.
- Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3) 295-309.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 09 mar. 2022.
- Jardim, A.M.D.R.F.; Araújo Júnior, G.D.N.; Silva, M.V.D.; Santos, A.D.; Silva, J.L.B.D.; Pandorfi, H.; Oliveira-Júnior, J.F.; Teixeira, A.H.C.; Teodoro, P.E.; Lima, J.L.M.P.; Silva Junior, C.A.; Souza, L.S.B.; Silva, E.A.; Silva, T.G.F.D. 2022. Using remote sensing to quantify the joint effects of climate and land use/land cover changes on the caatinga biome of northeast Brazilian. *Remote Sensing*, 14(8) 1911.
- Karaburun, A. 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1) 77-85.

- Lima, M.M.P. 2021. Uso de imagens Sentinel para estimativa do estoque de carbono e biomassa acima do solo no bioma Caatinga. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- Laipelt, L.; Kayser, R.H.B.; Fleischmann, A.S.; Ruhoff, A.; Bastiaanssen, W.; Erickson, T.A.; Melton, F. 2021. Long-term monitoring of evapotranspiration using the SEBAL algorithm and Google Earth Engine cloud computing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 178(1) 81-96.
- Li Binbin, L.; Zhanbin, L.; Tao, Y.; Peng, L. 2014. Research on fractal dimension of vegetation cover based on normalized difference vegetation index in watershed scale. *Journal of Agricultural Engineering*, 30(15) 239–247.
- Maldonado, F.D. 2005. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido. 311f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. São José dos Campos.
- Montanher, O.C. 2019. Levantamento de dados e análise de mudanças em sistemas fluviais por meio de geoprocessamento e sensoriamento remoto: proposta metodológica e estudo de caso. *Revista Caminhos de Geografia*, 20(70) 136-157.
- Miranda, J.R.; Nascimento, C.R. 2013. Análise de índices espectrais na avaliação de terraceamento em pastagem cultivadas no norte de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17) 128-141.
- Machado, C.C.C.; Galvêncio, J.D.; Oliveira, T.H. 2011. Análise espacial e temporal do SAVI e do albedo da superfície no município de São José do Sabugi-PB. *Geografia*, 36(2) 359-369.
- Medeiros, R.L.B.; Sousa, G.M.; Figueiredo, C. F.V.; Formiga, A.C.S.; Oliveira, F.F.D.; Oliveira, P.A.T.; Nascimento, R.R.A.; Monteiro, A.O.; Leite, A.C.N. 2022. Resposta espectral do comportamento do NDVI e NDWI diante de diferentes intensidades pluviométricas na cidade de Patos–PB. *Research, Society and Development*, 11(3) 49811326819.
- Macedo, C.E.S. 2019. Estimativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas – CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto. 84f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- Melo, M.V.N.; Oliveira, M.E.G.; Almeida, G.L.P.; Sousa / *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* (2023)
- Gomes, N.F.; Morales, K.R.M.; Santana, T.C.; Silva, P.C.; Moraes, A.S.; Pandorfi, H.; Silva, M.V. 2022. Spatiotemporal characterization of land cover and degradation in the agreste region of Pernambuco, Brazil, using cloud geoprocessing on Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26(1) 100756.
- Melo, E. T.; Sales, M.C.L.; Oliveira, J.G.B. 2011. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 23(1) 520-533.
- Magalhães, I.A.L.; Junior, O.A.C.; Santos, A.R. 2017. Análise comparativa entre técnicas de sensoriamento remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. *Revista Cerrados*, 15(1) 156-177.
- Ornellas, J.L.; Lopes, E.R.N. NDVI aplicado nas alterações da reserva extrativista marinha Baía do Iguape. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 11, 2020, Vitória. Anais...Vitória, 2020.
- Oliveira, E.M. 2019. Mineração do caulim como tendência à desertificação no Seridó paraibano. 182f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Oliveira-Júnior, J.F.; Gois, G.; Silva, I.J.L.; Souza, E.O.; Jardim, A.M.D.R.F.; Silva, M.V.; SHAH, M.; Jamjareegulgarn, P. 2021. Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 224(1) 105746.
- PARAÍBA. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF. 112p.
- Picoli, M.C.A.; Simoes, R.; Chaves, M.; Santos, L.A.; Sanchez, A.; Soares, A.; Sanches, I.D.; Ferreira, K.R.; Queiroz, G.R. 2020. CBERS data cube: a powerful technology for mapping and monitoring Brazilian biomes. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(1) 533-539.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. 2010. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. Parêntese, São José dos Campos, 144.
- Rockett, G.C. 2014. Sensoriamento remoto e georradar aplicados à caracterização de sistemas deposicionais eólicos costeiros (uma revisão). *Gravel*, 12(1) 15-39.
- Rosa, M.R. 2018. Classificação do padrão de ocupação urbana de São Paulo utilizando aprendizagem de máquina e Sentinel 2. *Revista do Departamento de Geografia*, 15-21.
- Rêgo, S.C.A.; Lima, P.P.S.; Lima, M.N.S.; Monteiro, T.R.R. 2012. Análise comparativa dos índices de
- Sousa / *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* (2023)

- vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. *Revista Geonorte*, 3(5) 1217–1229.
- Rocha, W.J.S.F.; Borges, E.F.; Viganó, H.A. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 15, 2011, Curitiba. Anais... Curitiba, 2011.
- Ribeiro, G.A., Silva, J.N.C.; Silva, J.B. 2016b. Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI): estado da arte e suas potencialidades. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(6) 2054-2074.
- Ribeiro, E.P.; Nobrega, R.S.; Filho, F.O.M.; Moreira, E.B. 2016a. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. *Geosul*, 31(62) 59-92.
- Ribeiro, G.N. 2014. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras no município de Sumé-PB. 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Sallo, F.D.S.; França, M.S.D.; Morais, D.M. D.; Rodrigues, R.; Biudes, M.S. 2014. Estimativa de componentes do balanço de radiação em diferentes tipos de uso e cobertura do solo. *Revista Ambiente & Água*, 9(9) 347-358.
- Santos, E.I.; Alencar, M.L.S.; Schramm, V.B.; Santos, J.S.; Nascimento, M.T.C.C. 2020. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras da Bacia do Rio Sucuru, na Paraíba. *Ciência e Natura*, 42(57) 15.
- Sousa, J.H.S.; Moreira, A.R.; Nascimento, A.A.; Ribeiro, G.N.; Neto, J.N.O.; Prado Júnior, L.S. 2022. Assessment of land use and cover in the Sucuru Watershed using Google Earth Engine. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 17(4) 235–241.
- Silva, M.V.; Pandorfi, H.; Lopes, P.M.O.; Silva, J.L.B.; Almeida, G.L.P.; Silva, D.A.D.O.; Santos, A.; Rodrigues, J.A.D.M.; Batista, P.H.D.; Jardim, A.M.D.R.F. 2020a. Pilot monitoring of caatinga spatial-temporal dynamics through the action of agriculture and livestock in the brazilian semiarid. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19(1) 100353.
- Silva, J.L.B.; Moura, G.B.A.; Silva, M.V.; Lopes, P.M.O.; Guedes, R.V.S.; Silva, Ê.F.D.F.; Ortiz, P.F.S.; Rodrigues, J.A.M. 2020b. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20(1) 100372.
- Silva, M.V.; Pandorfi, H.; Almeida, G.L.P.; Lima, R.P.; Santos, A.; Jardim, A.M.D.R.F.; Rolim, M.M.; Silva, J.L.B.; Batista, P.H.D.; Silva, R.A.B.; Lopes, P.M.O.; Silva, D.C. 2021. Spatio-temporal monitoring of soil and plant indicators under forage cactus cultivation by geoprocessing in Brazilian semi-arid region. *Journal of South American Earth Sciences*, 107(1) 103155.
- Silva, J.N.C. 2017. Análise temporal de índices de vegetação no apoio à classificação de imagens: cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sucuru. 109f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Silva, L.G.; Galvêncio, J.D. 2013. Análise comparativa da variação nos índices NDVI e SAVI no sítio PELD–22, em Petrolina–PE, na primeira década do século XXI. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(6) 1446-1456.
- Vani, V.; Mandla, V.R. 2017. Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur district semi-arid areas. *Int. J. Civ. Eng. Technol*, 8(4) 559-566.
- Yang, X.; Tang, J.; Mustard, J.F. 2014. Beyond leaf color: Comparing camera-based phenological metrics with leaf biochemical, biophysical, and spectral properties throughout the growing season of a temperate deciduous forest. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 119(3) 181-191.