

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SITIÁ, CEARÁ

Mayanne Menezes Arcelino ¹

João Luís Sampaio Olímpio ²

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação da cobertura da terra podem induzir processos de degradação dos ecossistemas, especialmente quanto afetam a densidade, o porte e a conexão da vegetação nativa. Vários fatores podem gerar modificações na cobertura vegetal, especialmente aqueles originados de processos climáticos ou de intervenções antropogênicas. Dentre os primeiros, destaca-se a intensificação da evapotranspiração e a redução da umidade disponível no solo (TUO *et al.*, 2024), notadamente em cenários de mudanças climáticas. Já nas modificações causadas pela ação humana destacam-se o desmatamento, o sobrepastoreio e as práticas agrícolas inadequadas (DENG *et al.*, 2022).

Com efeitos, as mudanças ambientais podem gerar impactos ambientais, tais como a perda de biodiversidade, a redução das reservas hídricas, a perda de solos agricultáveis e agravamento das condições climáticas locais (GONZAGA *et al.*, 2011). Por isso, vários estudos têm proposto ferramentas e técnicas para avaliar e monitorar a degradação ambiental associada à conversão das coberturas vegetais nativas em outras formas de uso e ocupação do espaço.

Esses problemas são ainda mais severos em ambientes secos, como o semiárido do Brasil. No interior desta região foi selecionada a sub-bacia do rio Sitiá para o desenvolvimento desta pesquisa. A escolha é motivada pela fragilidade ambiental do ambiente semiárido, pelos problemas ambientais decorrentes dos usos agropecuários e a importância da sub-bacia para o abastecimento humano. Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a evolução espacial e temporal da cobertura vegetal da sub-bacia hidrográfica do rio Sitiá.

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* Quixadá, mayanemenezes50@gmail.com

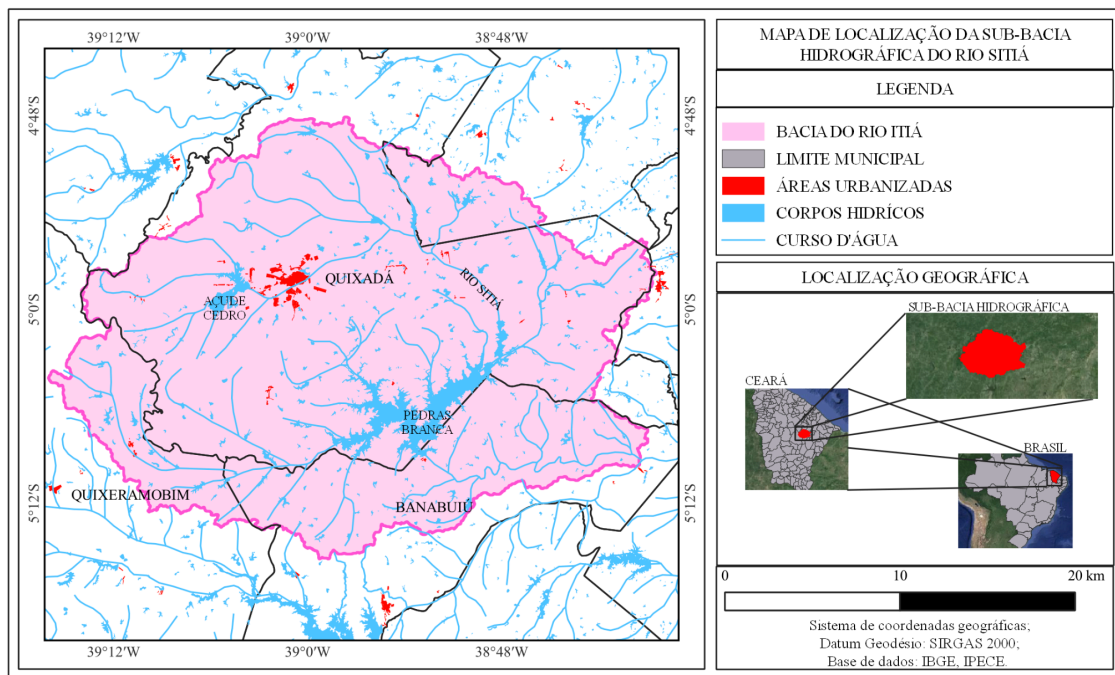
² Doutor em Geografia (UFC) e docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus* Quixadá, joao.olimpio@ifce.edu.br

METODOLOGIA

Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do rio Sitiá encontra-se no médio curso do rio Jaguaribe. A área de estudo compreende parte dos municípios de Quixadá, Quixeramobim e Banabuiú que estão inseridos na mesorregião do Sertão Central do estado do Ceará (Figura 1). A extensão total da sub-bacia é 2.257,3 km².

Figura 1 - Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Sitiá, Ceará



Fonte: autores.

Na área de estudo predomina a unidade fitoecológica denominada de caatinga do cristalino, caracterizada por espécies florestais decíduas, espinhosas, adaptadas ao clima semiárido, com apenas poucas espécies perenifólias. As plantas herbáceas, em sua maioria, são anuais (MORO *et al.*, 2015). De acordo com Arcelino e Olímpio (2024), a partir dos dados do MapBioma (2023), a fitofisionomia savânica ocupa 76,3% da área de estudo, sendo composta por grupos lenhosos ou herbáceos com altura inferior a cinco metros. Outros 14,4% são ocupados por pastagens e 3,5% por mosaicos de usos (áreas de pastagem e agricultura). As atividades agrícolas são desenvolvidas sem irrigação, de modo que o comportamento fenológico das plantas depende da distribuição das chuvas. As formações florestais abrangem apenas 2,0% da área.

Coleta e análise de dados

Nesta pesquisa foram utilizadas duas imagens orbitais para a análise espaço-temporal. As imagens foram obtidas pelo sensor *Operational Land imager* (OLI) e *Thermal infrared sensor* (TIRS) do satélite Landsat 8, possuem resolução espacial de 30 metros e estão disponíveis no *site* do *United States Geological Survey* (USGS). As imagens são de 30 de maio de 2013 e 13 de junho de 2018, ambas correspondem ao final do período chuvoso. Os critérios utilizados para a escolha das imagens foram a menor cobertura de nuvens, maior proximidade dos meses da quadra chuvosa e maior intervalo temporal. Também foram utilizados os dados pluviométricos médios mensais do posto do açude Cedro, localizado em Quixadá (FUNCEME, 2024).

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) mede a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área. A técnica pode ser usada para o monitoramento da saúde da vegetação natural e dos cultivos agrícolas, podendo ser aplicada, por exemplo, em estudos sobre mudanças nos padrões de uso e ocupação, na gestão de recursos florestais, no gerenciamento da produção agrícola, na estimativa da bioma e na detecção de incêndios florestais (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011).

O índice é calculado utilizando a reflectância das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, conforme proposto por Rouse (1973 *apud* SILVA, 2021). A equação 1 representa o cálculo do NDVI.

(1)

$$NDVI = \frac{PNIR - PRED}{PNIR + PRED}$$

Onde, PNIR é o fluxo radiante refletido na banda do infravermelho próximo; PRED corresponde ao fluxo radiante refletido da região do vermelho visível. Os resultados do NDVI distribuem entre os valores de 1 e -1, sendo que valores maiores indicam áreas com vegetação fotossinteticamente ativas, ou seja, há vegetações mais saudáveis. Enquanto, valores mais baixos indicam áreas com corpos hídricos ou sem cobertura vegetal (EOS DATA ANALYTICS, 2024). O Quadro 1 apresenta a interpretação dos valores do NDVI.

Quadro 1 - Interpretação dos valores de NDVI

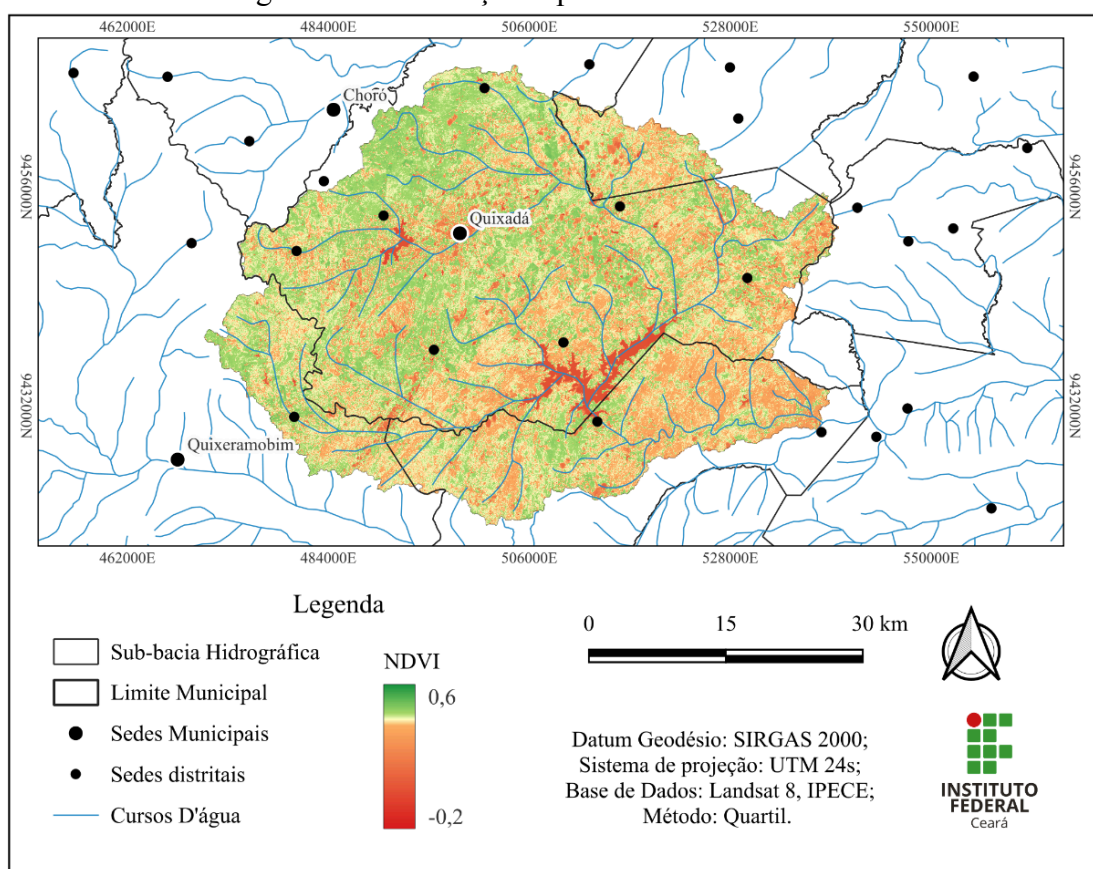
-1,00 - 0,00	Sem vegetação ou locais não vegetados
0,00 - 0,33	Vegetação com algum tipo de deficiência
0,33 - 0,66	Vegetação modernamente saudável
0,66 - 1,00	Vegetação saudável

Fonte: EOS data analytics, (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens geradas a partir dos dados obtidos com o NDVI são apresentadas nas figuras 2 e 3, correspondendo aos anos 2013 e 2018, respectivamente. No ano de 2013, os valores máximo e mínimo estão entre -0,2 a 0,6. Os menores valores, representados em tons de vermelho, correspondem aos reservatórios artificiais e aos afloramentos rochosos, expressos nas morfologias de *inselbergs* e lajedos. Essa classe está dispersa por toda a área da sub-bacia.

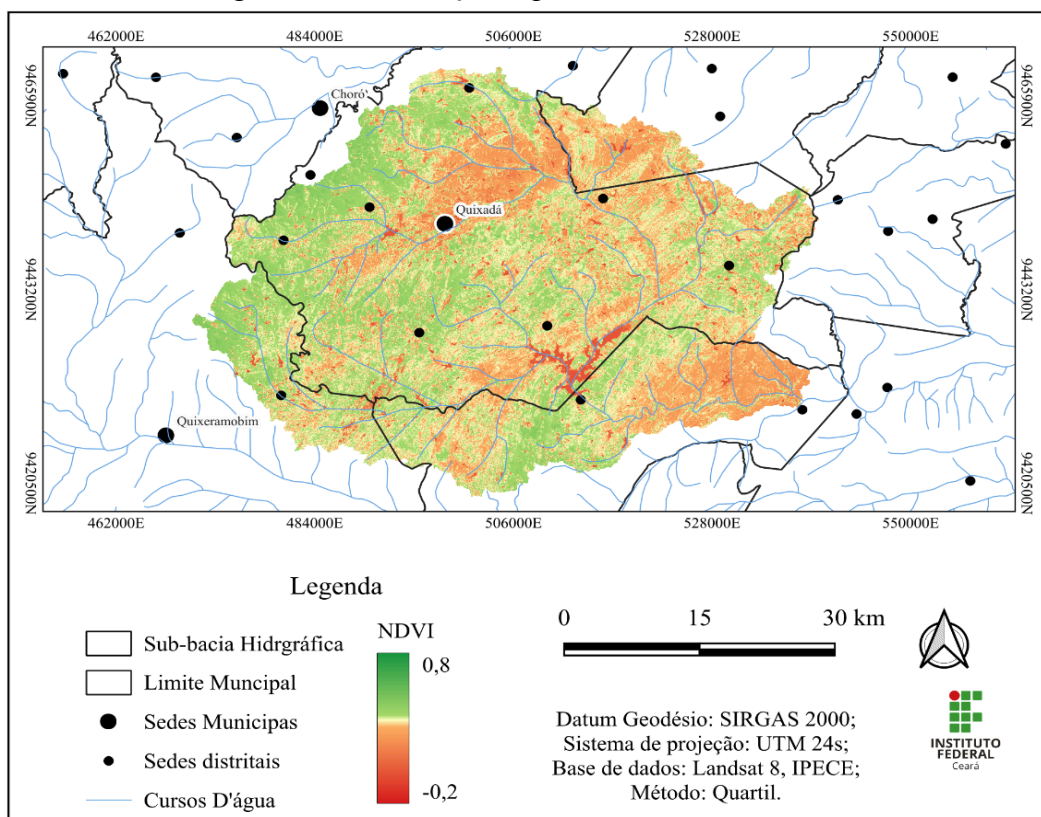
Figura 2 - Distribuição espacial do NDVI em 2013



Fonte: autores.

Já os tons alaranjados correspondem às terras em condições mais severas de degradação, formações naturais degradadas e áreas recentemente desmatadas ou utilizadas nas atividades agropecuárias, de modo que as condições ambientais são mais restritivas. Os tons amarelados indicam áreas com restrições moderadas, o que pode estar associado às coberturas vegetais espaçadas, como caatingas abertas, campos agrícolas em maior estado de desenvolvimento e pastagens. Ambas as classes ocorrem por toda a bacia, porém estão mais concentradas nas terras situadas no entorno dos cursos d'águas.

Figura 3 - Distribuição espacial do NDVI em 2018



Fonte: autores.

Em verde claro ocorrem formações vegetais fotossinteticamente ativas, mas que apresentam menor distúrbio, representando áreas em recuperação com predomínio de porte arbustivo-arbóreo. A principal ocorrência desta classe corresponde às encostas da Serra do Estevão, na porção noroeste da sub-bacia. Neste caso, a condição topográfica é um fator que dificulta a conversão da caatinga em áreas agrícolas. Este mesmo padrão foi observado por Melo, Sales e Nascimento (2011), nas encostas da Serra da Ibiapaba, Ceará. No período investigado não há áreas com intensa atividade fotossintética ($>0,66$), condicionada a presença de uma cobertura mais densa e saudável. Este

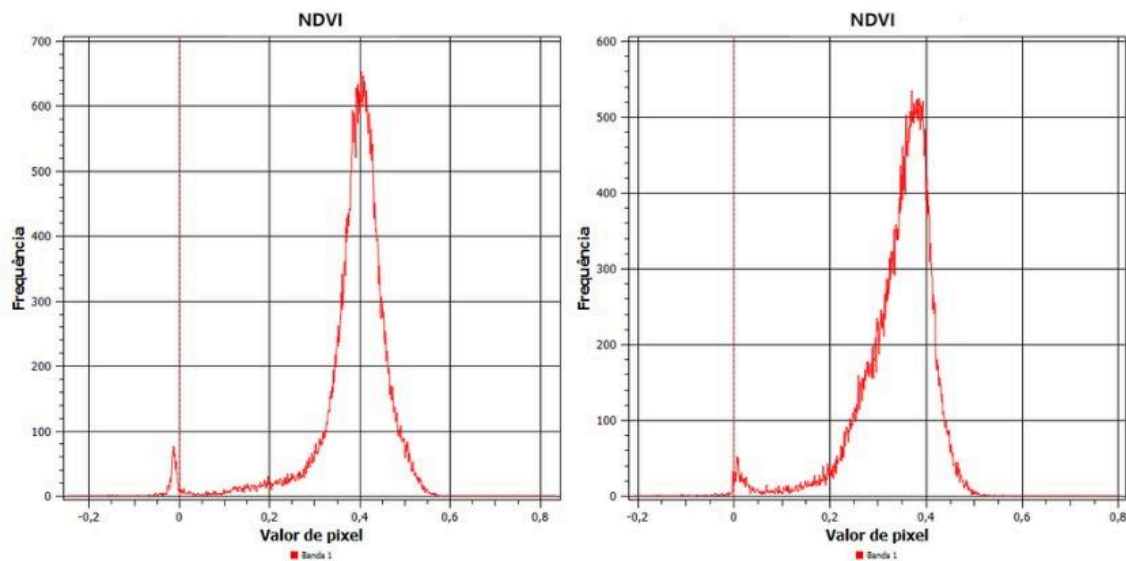
resultado também pode estar relacionado ao declínio das precipitações e os efeitos sobre a fenologia das espécies da caatinga e dos campos agrícolas.

Em 2018, a área principal com vegetação mais estressada encontra-se na porção norte da sub-bacia, corresponde ao entorno da rodovia BR-122, principal acesso da região à capital do estado, Fortaleza. Quando comparada ao ano de 2013, essa área apresentou piora expressiva das condições ambientais, o que pode estar relacionada à expansão das áreas agrícolas e das pastagens.

Na porção sudeste, próximo ao exutório, há outro núcleo de coberturas vegetais com menor atividade fotossintética. Nesta área predominam formações savânicas degradadas e agropecuárias (Arcelino; Olímpio, 2024). Nas áreas marginais aos cursos d'água predominam vegetação em estresse, tal como em 2013. As coberturas com melhores níveis fenológicos continuam sobre as encostas da Serra do Estevão. Na porção oeste, ocorreu uma melhora das condições ambientais em relação à 2013.

A figura 4 apresenta os histogramas dos NDVIs dos anos pesquisados. Em ambas as imagens a distribuição dos pixels se demonstrou concentrada entre 0,2 e 0,5, compreendendo áreas com coberturas vegetais abertas com deficiências fenológicas acentuadas e, principalmente, moderadas. Em 2018, é observado que houve uma pequena redução da frequência dos valores próximos à 0,4, indicando que poucas áreas passaram de um estado de moderado para acentuada de deficiência.

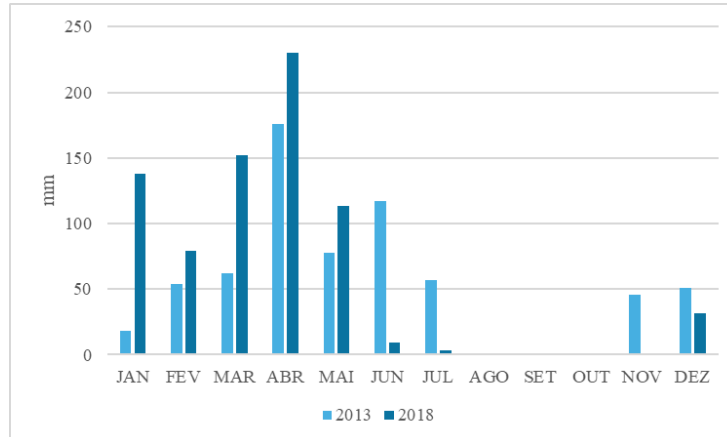
Figura 4 - Histogramas dos NDVI dos anos de 2013 (esquerda) e 2018 (direita)



Fonte: autores.

Este resultado pode estar mais relacionado ao estado fenológico das coberturas naturais e antrópicas decorrente da distribuição das precipitações e não na conversão de áreas. Em 2013, os totais pluviométricos mensais foram inferiores aos de 2018 (Figura 5). Por outro lado, em junho de 2018, as precipitações da pós-estação foram muito reduzidas, induzindo o mecanismo de caducifolia das espécies de caatinga e o encerramento do ciclo agrícola.

Figura 5 - Médias pluviométricas mensais de 2013 e 2018



Fonte: autores, a partir de dados da FUNCEME (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa indicam as áreas potencialmente mais degradadas no interior da sub-bacia. O NDVI demonstrou-se eficiente para mensurar a densidade foliar, notadamente para avaliações rápidas do comportamento fenológico em resposta à dinâmica das precipitações do ambiente semiárido. Espera-se que os resultados encontrados possam contribuir com o planejamento ambiental e territorial, especialmente visando a gestão sustentável dos recursos naturais do semiárido. Sugere-se que pesquisas futuras investiguem os núcleos de menor densidade foliar e avaliem a degradação ambiental efetiva destas áreas.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; NDVI; Vegetação; Semiárido; Degradação ambiental.

REFERÊNCIAS

ARCELINO, M. M.; OLÍMPIO, J. L. S. Quantificação do uso e ocupação do espaço da sub-bacia hidrográfica do Rio Sitiá, Ceará. In: FALCÃO, C. L. C.; MONTEIRO, J. B.;

SANTOS, J. O. (Org.). **Estudos sobre a natureza: Fragilidades, potencialidades e sustentabilidade.** Fortaleza, 2024.

DENG, G; GAO, J; JIANG, H; LI, D; WANG, X; WEN, Y; SHENG, L; HE, C.
Response of vegetation variation to climate change and human activities in semi-arid swamps. *Front. Plant Sci.* 2022.

EOS DATA ANALYTICS. Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/ndvi-faq/> Acesso em: 10 de junho de 2024.

FUNCEME. Calendários de chuvas. Disponível em: <https://chuvas.funceme.br/ano/municipios/>. Acesso em: 09 de mai. de 2024.

FUNCEME. Postos pluviométricos. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 11 de jun. de 2024.

GONZAGA, E. P.; SANTOS, V. V.; NICÁCIO, R. M. Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15.**, 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: INPE, p. 1736-1743, 2011.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **Revista Raega**, Curitiba, v. 23, p. 520-533, 2011.

MAPBIOMAS- Coleção de legendas 7.0 para biomas e vegetações nativas. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/downloads/Legenda%20Coleção%207%20-%20Descrição%20Detalhada.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2023.

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, 2015.

TUO, M.; XU, G.; ZHANG, T.; GUO, J.; ZHANG, M.; GU, F.; WANG, B.; YI, J.
Contribution of Climatic Factors and Human Activities to Vegetation Changes in Arid Grassland. *Sustainability*, v. 16, p. 794, 2024.
<https://doi.org/10.3390/su16020794>

SILVA, G. A.; FARIAS, C. W. L. A. Análise espaço-temporal da vegetação no semiárido do nordeste brasileiro utilizando parâmetros biofísicos. **Revista semiárido de Visu**, Petrolina, v. 9, n. 3, p. 195-203, 2021.

USGS. Serviço geológico dos Estados Unidos. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 29 de mai. de 2024.