

MAPEAMENTO DE ENCLAVES DE VEGETAÇÕES ÚMIDAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE CAMPO FORMOSO - BA

Michela dos Santos Bispo¹
Elismaria Silva Batista²
Vanessa Pereira da Silva³
Daniel Vieira de Sousa⁴

INTRODUÇÃO

As florestas úmidas são formações vegetais localizadas em regiões caracterizadas por elevada precipitação e pedogênese acentuada. No Nordeste brasileiro, estas florestas não se restringem apenas à faixa costeira; também podem ser encontradas no ambiente semiárido (Vasconcelos Sobrinho, 1970). No semiárido nordestino, elas ocorrem em áreas de Brejos de Altitude e como enclaves no meio da caatinga (Cavalcanti e Tabarelli, 2004). Esses ambientes de “Brejos de Altitude”, formam ilhas de florestas ombrófila ou estacionária, variando conforme a altitude dos inselbergs e serras, podendo também aparecer em áreas de relevo ondulado (Marques, Silva e Silva, 2014).

Em virtude do clima da região semiárida, os enclaves de vegetação úmida desempenham um papel extremamente importante na manutenção da biodiversidade e recursos hídricos da região. De acordo com Souza e Oliveira (2006), esses enclaves apresentam maior oferta de recursos naturais, como climas amenos e água. Dessa forma, há um melhor aproveitamento do uso da terra e do desenvolvimento econômico em comparação aos espaços geográficos nos quais estão inseridos.

A região semiárida do nordeste do Brasil, atualmente caracterizada por baixa pluviosidade, experimentou vários períodos de clima mais úmido durante o quaternário. Esses períodos de maior umidade estão associados a eventos climáticos globais significativos, como os Eventos Heinrich (HS). (Wang, X. *et al.*, 2004; Cruz Júnior,

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, michela.bispo@discente.univasf.edu.br ;

² Graduanda do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, elismaria.batista@discente.univasf.edu.br ;

³ Graduada do Curso de Licenciatura em Geografia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Vanessa.psilva@discente.univasf.edu.br ;

⁴ Professor orientador: Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, daniel.vsousa@univasf.edu.br .

2009). Tais eventos causaram alterações na circulação atmosférica e oceânica, resultando em mudanças climáticas que afetaram diversas regiões do planeta, incluindo o aumento das chuvas no Nordeste do Brasil (Sousa *et al.*, 2023; Stríkis, N. M. *et al.*, 2018; Wang, X. *et al.*, 2004).

O mapeamento dessas áreas de florestas úmidas é de fundamental importância para fornecer informações pertinentes a respeito do objeto de estudo. As geotecnologias estão sendo cada vez mais usadas para analisar mudanças ao longo do tempo na vegetação e no uso do solo, permitindo entender como a cobertura vegetal e o uso da terra evoluíram e se modificaram (Paiva *et al.*, 2015). Autores como Kriegler *et al.* (1969); Robinson *et al.* (2017) e Stamford *et al.* (2023) defendem essa importância, destacando ainda que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) fornece informações sobre a saúde e a densidade da vegetação.

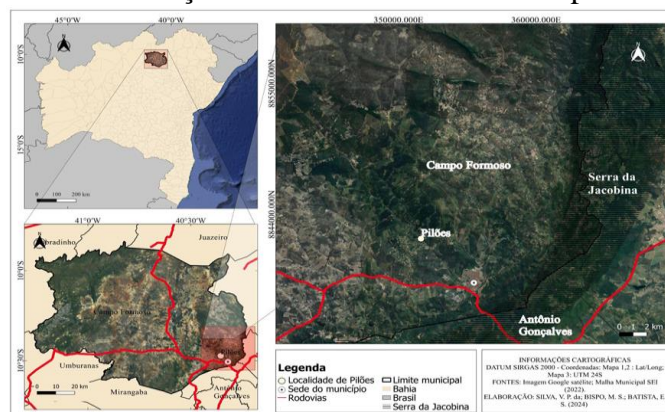
Considerando os aspectos referidos, objetivou-se mapear as florestas úmidas em uma região do município de Campo Formoso, Bahia, utilizando o NDVI, visando identificar e compreender a distribuição desses remanescentes florestais, especialmente considerando o contexto das mudanças climáticas, garantindo a conservação de suas características únicas e a sustentabilidade dos recursos naturais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo.

O estudo foi realizado no município de Campo Formoso, Bahia, onde a área de estudo escolhida abarca o povoado de Pilões, a sede do município, e perto da região serrana da Serra da Jacobina (Figura 1).

FIGURA 1 - Localização da área de estudo em Campo Formoso - BA



Fonte: Autores (2024)

Inserido no Bioma Caatinga, o município de Campo Formoso possui uma extensão territorial de 7.161,827 km² e uma população estimada em 71.377 habitantes, (IBGE, 2022). Campo Formoso é caracterizado por um clima semiárido, com precipitação anual de 490 mm e evapotranspiração de 1400 mm (Martins, 1986). Apresenta uma diversidade de formações vegetais, destacando-se a Savana-Estépica Arborizada (25,33%) e a Savana-Estépica Arbustiva (20,22%). Além disso, cerca de 39,43% do território é dedicado à agricultura, atividade econômica predominante na região. (IBGE, 2022).

Quanto aos solos, a região possui uma diversidade significativa, com a presença dos seguintes tipos: Argissolo Vermelho-Amarelo (4,29%), Cambissolo Háptico (45,26%), Latossolo Amarelo (13,94%), Latossolo Vermelho-Amarelo (6,86%), Neossolo Litólico (26,08%), Neossolo Regolítico (2,23%) e Planossolo Háptico (1,33%). Visto que a área de estudo abrange especificamente os seguintes solos: Argissolo Vermelho-Amarelo (4,29%), caracterizado por um horizonte B textural, com argila de baixa ou alta atividade; Latossolo Amarelo (13,94%), caracterizado por possuir um horizonte B latossólico; e o Latossolo Vermelho-Amarelo (6,86%), que apresenta uma cor vermelha amarelada (horizonte B latossólico). (BDIA, 2023).

Mapeamento das formações vegetais.

Primeiramente, realizou-se uma viagem de campo para identificar áreas de ocorrência de florestas úmidas na região do povoado de Pilões, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Área de ocorrência de florestas úmidas.



Fonte: Silva Neto (2024)

Em seguida, procedeu-se ao mapeamento visual dos enclaves de florestas, com o auxílio de imagens de satélites disponíveis no software Google Earth Pró. Posteriormente, utilizou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que é calculado a partir de dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, para fornecer informações sobre a saúde e vigor da vegetação (INPE, 2024). Com essa ferramenta que permite identificar áreas com alta atividade fotossintética, foram utilizadas as bandas espectrais 4 e 5 do Landsat 8, Operational Land Imager (OLI), órbita 217, ponto 67. Onde corresponde: Banda 4 (vermelho Red) e Banda 5 (Infravermelho próximo (NIR)). A imagem foi obtida no dia 10 de novembro de 2023, durante o período da primavera, uma estação caracterizada por baixas probabilidades de precipitação na região semiárida.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi elaborado no software Qgis 3.16 por meio da calculadora raster, seguindo a seguinte fórmula:

$$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Ou seja:

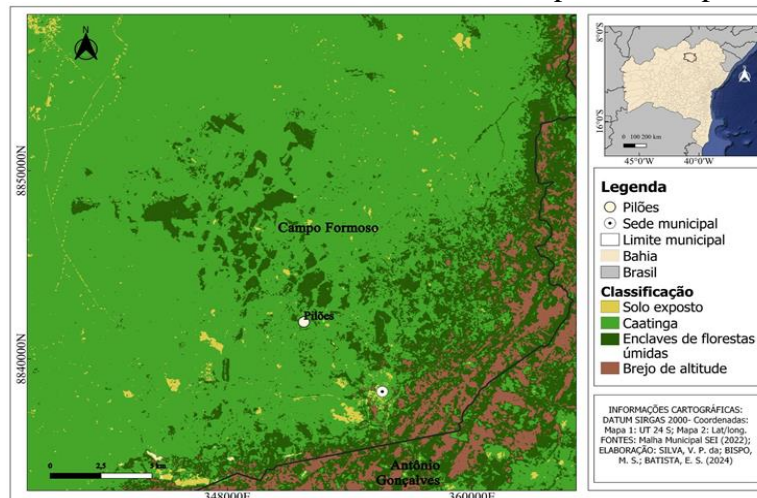
$$\frac{(Banda 5 - Banda 4)}{(Banda 5 + Banda 4)}$$

Posteriormente, realizou-se a reclassificação do NDVI através do algoritmo. Foram atribuídos os seguintes valores as classificações correspondentes: Solo exposto (0,0000), Caatinga (0,2282), Enclave de Florestas Úmidas (0,3810) e Brejos de altitude da região da Serra da Jacobina (0,6266).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na classificação realizada utilizando o NDVI, no mês de novembro, observou-se que a área de estudo abrange 6.817,410 hectares de vegetação de brejos de altitude, situados na região da Serra da Jacobina. Além disso, foram identificados 18.212,040 hectares de enclaves de floresta unida no meio da vegetação semiárida (Figura 3).

Figura 3 - Remanescentes de floresta úmida no município de Campo Formoso - BA.



Fonte: Autores (2024)

A análise do mapa revela uma distribuição diversificada de tipos de cobertura vegetal e uso do solo na região em questão. O local de estudo situa-se em meio a uma área caracterizada por vegetação de savana estépica (caatinga), marcada por condições de stress hídrico e solo exposto, sendo totalmente contraditório ao que é observado dentro da própria área de estudo. Neste local, a vegetação apresenta-se densa e verdejante (Figura 2), com espécies de grande porte, assim como na serra da Jacobina, onde ocorre vegetação de brejos de altitude (Figura 3). No entanto, é importante ressaltar que os brejos de altitude não são encontrados no povoado de Pilões, parte da área de estudo. Isso sugere que possivelmente esta área específica é um enclave de floresta úmida.

A presença de enclaves de vegetação úmida no semiárido baiano levanta a questão de como essas áreas se estabeleceram em uma região predominantemente árida. Uma hipótese é que esses enclaves são remanescentes de uma época em que a região experimentou um regime hídrico mais chuvoso, possivelmente ligado aos eventos de Heinrich, que são períodos de resfriamento abrupto e intenso durante o último período glacial (Oliveira *et al.*, 1999). Esses eventos causaram mudanças significativas nas correntes oceânicas e no clima global, podendo ter permitido o estabelecimento de vegetações úmidas em áreas que hoje são semiáridas. Assim, esses enclaves podem ser vestígios dessas condições ambientais passadas, preservados em locais específicos onde as condições locais permitiram sua sobrevivência.

Cristalli (2006), em seu estudo realizado na região de Campo Formoso - BA, identificou indícios de que vegetações mais verdes e altas, típicas de clima úmido, existiram onde hoje se encontra a Caatinga. Ao analisar as rochas calcárias nos vales do

rio Salitre, na Bahia, com idades variando de 11 mil a mais de 600 mil anos, foram encontradas folhas fossilizadas de plantas típicas da Amazônia e da Mata Atlântica, conhecidas como tufas. Essas espécies indicam a presença de água corrente naquela região. Este achado reforça a hipótese discutida no presente trabalho, de que os remanescentes úmidos existentes atualmente na região possivelmente se originaram de eventos climáticos ocorridos durante o Quaternário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou a existência de enclaves de florestas úmidas no povoado de Pilões na região semiárida de Campo Formoso, Bahia. A presença desses enclaves desempenha um papel vital na preservação da biodiversidade e dos recursos hídricos locais, oferecendo habitats essenciais para várias espécies de fauna e flora. Além disso, eles funcionam como verdadeiros oásis de umidade em meio ao ambiente árido circundante.

As análises com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) mostrou que esses refúgios úmidos possuem características ambientais únicas, como climas mais amenos, solos férteis e disponibilidade de água, contrastando com a vegetação de savana estépica ao redor. Esses fatores reforçam a ideia de que os enclaves são remanescentes de florestas úmidas que sobreviveram graças a condições específicas que ocorreram durante o Quaternário.

Além disso, o mapeamento dessas áreas pode auxiliar na criação de uma área de preservação ambiental (APA) e incentivar a implementação de políticas que auxiliem a população local na conservação e no uso sustentável da terra. Isso é essencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e garantir que os recursos naturais sejam preservados. Ainda, este trabalho também abre portas para novas pesquisas e estudos paleoambientais, levantando perguntas como, por exemplo, por que essas vegetações ainda se sustentam nessa região semiárida?

Portanto, a continuidade da pesquisa permitirá um entendimento mais profundo das condições ecológicas que permitem a existência desses refúgios. Assim, este estudo não só destaca a importância desses enclaves para a biodiversidade local, mas também ressalta a necessidade de medidas concretas para proteger e valorizar esses habitats únicos, contribuindo para a resiliência ambiental.

Palavras-chave: Florestas Úmidas; Seminário, Mapeamento, Vegetação, Preservação.

REFERÊNCIAS

Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA). 2023. Disponível em: BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais (ibge.gov.br). Acesso em: 6 jun. 2024.

Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA). 2023. Disponível em: BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais (ibge.gov.br). Acesso em: 6 jun. 2024.

CAVALCANTI, D. R.; TABARELLI, M. Distribuição das plantas amazônico-nordestinas no centro de endemismo Pernambuco: brejos de altitude vs. florestas de terras baixas. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 285-296.

CRISTALLI, P. S. **Macrofitofosséis em tufos calcários questionários do norte da Bahia como indicadores paleoclimáticos.** 2006. 219 f. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Cruz, F.W., Vuille, M., Burns, S.J., Wang, X., Cheng, H., Werner, M., Lawrence Edwards, R., Karmann, I., Auler, A.S., Nguyen, H., 2009. **Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation.** Nat. Geosci. 2, 210–214. Disponível em: Orbitally driven east–west antiphasing of South American precipitation | Nature Geoscience. Acesso em: 05 de Junho. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2022. Disponível em: IBGE | Cidades@ | Bahia | Campo Formoso | Panorama. Acesso em: 6 jun. 2024.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2024. Definição de NDVI. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br> . Acesso em: 05 jun. 2024.

MARQUES, A L.; SILVA, J. B.; SILVA, D. G. Refúgios úmidos do semiárido: um estudo sobre o Brejo de Altitude de areia-PB. **Net**, Uberlândia, junho.2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29203/18469> . Acesso em: 20 jun. 2024.

MARTINS, M. R. (ed.). 1986. **Avaliação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia - Bacia do Rio Salitre.** Centro de Estatística e Informações, Salvador.

OLIVEIRA, P. E. *et al.* **Late Pleistocene/Holocene Climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology. V. 152, n. 3. set. 1999. Disponível em: Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River - ScienceDirect. Acesso em 23 de mar de 2024.

PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. S.; FERNANDES FILHO, E. I. ; SOUZA, L. D. SCHAEFER, C. E. G. R. ; COSTA, L. M. ; LOPES, T. J. ; SOUSA, D. V. . **Mudança do uso da terra e dinâmica de carbono orgânico do solo no platô de Irecê, Bahia.** GEOGRAFIA (RIO CLARO. IMPRESSO), v. 40, p. 85-99, 2015.

PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, VOLUME 2, October 13-16, 1969. EUA. p. 97. **nais eletrônicos.** KRIEGLER, F. J. MALILA, W. A., NALEPKA, R. F., RICHARDSON, W. Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition. astrophysics data system. Remote sensing of environment VI. 97. disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1969rse..conf...97K/abstract> . Acesso em: 7 fev. 2024.

ROBINSON, N. P., ALLRED, B. W., JONES, M. O., MORENO, A., KIMBALL, J. S., NAUGLE, D. E., ERICKSON, T. A., RICHARDSON, A. D. A Dynamic Landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States. **Revista MDPI**, Remote sensing, 2017, 9 (8), 863. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs9080863> . Acesso em: 10 mar. 2024.

SOUSA, D. V, *et al.* Relict soil features in cave sediments record periods of wet climate and dense vegetation over the last 100 kyr in a present day semiarid region of northeast Brazil. **CATENA**, v. 226, 2023. 01 - 16 p. Disponível em : <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107092> . Acesso em: 16 de maio de 2024.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, Ceará, ano 05, n.9, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/2106/1/Os%20enclaves%20umidos%20e%20subumidos%20do%20semi-arido%20do%20nordeste%20brasileiro.pdf> . Acesso em: 15 mR. 2024.

STRIKIS, N. M. *et al.* South American monsoon response to iceberg discharge in the North Atlantic. **PNAS**. v. 115, n. 15, p. 3788-93. 10 abr. 2018.

STAMFORD, J. D., VIALET-CHABRAND, S., CAMERON, I., LAWSON, T. Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health. **Plant Methods**, 19, Article n. 9, 30 de January 2023. Disponível em: <https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-023-00981-8> . acesso em: 05 mar. 2024.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. Os brejos de altitude e as matas serranas. In: PERNAMBUCO. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização.** Recife: Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, 1970. p. 79-86.

WANG, X. *et al.* Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. **Nature**. v. 432, p. 740-3. 9 dez. 2004.