TEMPERATURA DO SOLO, COBERTURA VEGETAL E MICROCLIMAS NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA (PB): UMA ANÁLISE INTEGRADA AO NDVI.

Eduardo de Melo Rodrigues Cunha [1] ; Luiz Eduardo Cavalcante Martins [2]; Maria Júllia Souza Pontes [3]; Daniela Rodrigues dos Santos [4] ; Bartolomeu Israel de Souza[5]

RESUMO – O presente estudo analisou a relação entre uso da terra, cobertura vegetal, microclimas e temperatura do solo no alto curso do rio Paraíba, com foco no Lajedo Salambaia, localizado no município de Cabaceiras-PB. A pesquisa buscou compreender como as dinâmicas ambientais do semiárido influenciam a conservação hídrica e térmica dos solos no bioma Caatinga. Para isso, foram utilizados geotermômetros instalados em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal, além de imagens Sentinel-2 processadas por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os resultados demonstraram que áreas com maior densidade vegetal apresentaram temperaturas mais estáveis e maior retenção de umidade, enquanto áreas degradadas registraram temperaturas superiores a 39 °C durante o período seco. A sazonalidade climática influenciou diretamente o vigor vegetativo, evidenciando maior cobertura vegetal durante o período chuvoso e intensa aridez na estação seca. Os dados também evidenciaram a importância hidrológica dos afloramentos rochosos na manutenção de microambientes mais úmidos, funcionando como áreas de refúgio ecológico no semiárido. A integração entre dados de campo e sensoriamento remoto demonstrou potencial para subsidiar estratégias de manejo sustentável da água e do solo na Caatinga, contribuindo para a mitigação da degradação ambiental e dos processos de desertificação.

ABSTRACT – The present study analyzed the relationship between land use, vegetation cover, microclimates, and soil temperature in the upper course of the Paraíba River, focusing on the Salambaia Lajedo, located in the municipality of Cabaceiras, Paraíba State, Brazil. The research aimed to understand how environmental dynamics in the semiarid region influence soil water conservation and thermal regulation within the Caatinga biome. To achieve this, soil thermometers were installed in areas with different levels of vegetation cover, and Sentinel-2 satellite images were processed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The results showed that areas with higher vegetation density exhibited more stable temperatures and greater moisture retention, while degraded areas recorded temperatures exceeding 39 °C during the dry season. Climatic seasonality directly influenced vegetation vigor, revealing greater vegetation cover during the rainy season and intense aridity during the dry period. The data also highlighted the hydrological importance of rocky outcrops in maintaining more humid microenvironments, functioning as ecological refuges in the semiarid region. The integration of field data and remote sensing proved

[1]) Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil – eduardo.melo.rodrigues.cunha@gmail.com
[2]) Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil – eduardoeju2017@gmail.com
3)Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil – souzajullia64@gmail.com
4)Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil – dr6434815@gmail.com
5) Professor Adjunto I do Departamento de Geociências/CCEN na Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 – Brasil - bartolomeuisrael@gmail.com

effective in supporting sustainable soil and water management strategies in the Caatinga, contributing to the mitigation of environmental degradation and desertification processes.

Palavras-Chave – Caatinga; Microclima; Semiárido.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga representa o principal domínio morfoclimático das regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, abrangendo aproximadamente 11% do território nacional. Caracteriza-se pela irregularidade das precipitações, elevadas temperaturas médias anuais, intensa evapotranspiração e prolongados períodos de estiagem, fatores que condicionam fortemente as dinâmicas hidrológicas, geomorfológicas e ecológicas da região (Ab'Sáber, 2003; Marengo et al., 2017). Nesse contexto, a conservação dos recursos hídricos e do solo assume papel estratégico para a manutenção dos ecossistemas e das atividades humanas no semiárido.

Os microclimas correspondem às condições climáticas específicas observadas em pequenas escalas espaciais, sendo influenciados por fatores como cobertura vegetal, relevo, umidade do solo e radiação solar (Oke, 1987). No semiárido, essas variações microclimáticas possuem grande importância ecológica, uma vez que interferem diretamente na conservação da água no solo, na regulação térmica e no desenvolvimento da vegetação.

A temperatura do solo (TS) exerce influência sobre diversos processos físico-químicos e biológicos, incluindo decomposição da matéria orgânica, retenção hídrica, atividade microbiológica e disponibilidade de nutrientes para as plantas (Brady; Weil, 2013). Além disso, a cobertura vegetal atua como importante mecanismo regulador da temperatura, reduzindo a incidência direta da radiação solar e diminuindo a evaporação da água presente no solo.

Estudos desenvolvidos no semiárido brasileiro demonstram que áreas preservadas da Caatinga apresentam maior capacidade de infiltração da água e menores taxas de erosão quando comparadas a ambientes degradados. Dessa forma, o manejo adequado da vegetação e do solo contribui diretamente para a conservação hídrica, redução do escoamento superficial e mitigação dos processos de desertificação.

Apesar da relevância ambiental do tema, muitos estudos sobre temperatura do solo e hidrologia da Caatinga são realizados em escala regional, dificultando análises detalhadas dos microclimas locais. Assim, esta pesquisa teve como objetivo analisar as relações entre uso da terra, cobertura vegetal e temperatura do solo no alto curso do rio Paraíba/PB, enfatizando a importância dos afloramentos rochosos e das dinâmicas hidrológicas para o manejo sustentável da água e do solo no bioma Caatinga.

OBJETIVO

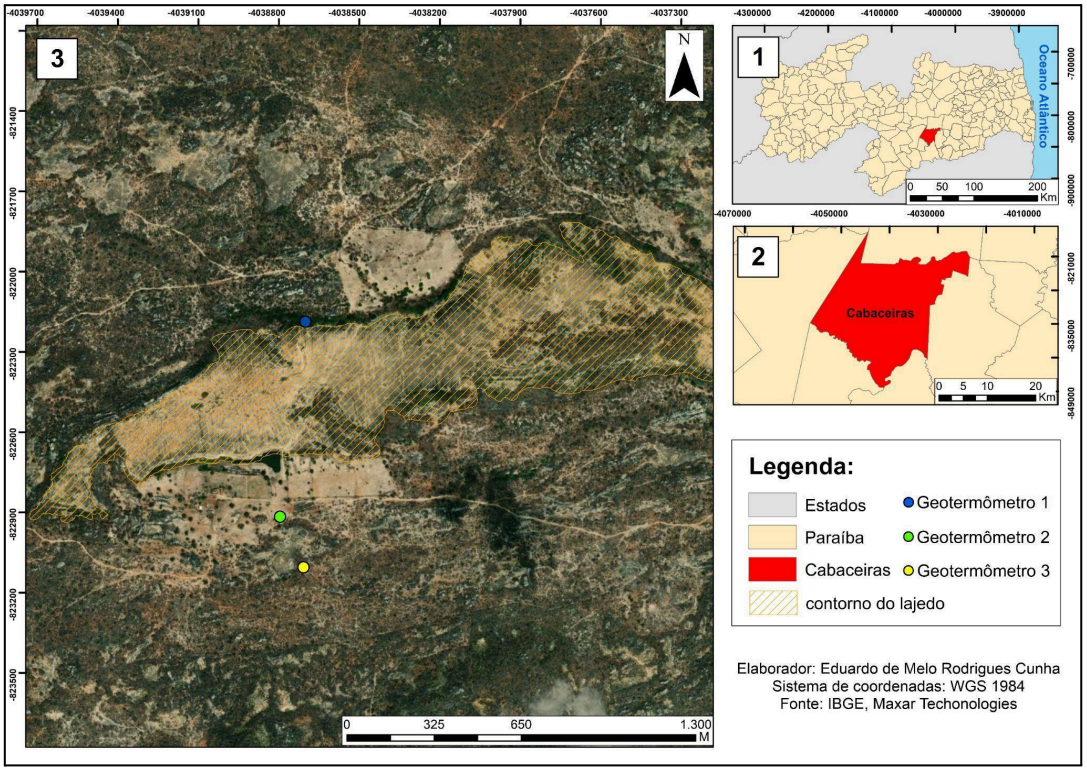
Este estudo teve como objetivo analisar as relações entre uso da terra, cobertura vegetal e temperatura do solo no alto curso do rio Paraíba/PB, buscando compreender sua contribuição para o manejo da água e do solo no bioma Caatinga. Para isso, foram avaliadas as variações da temperatura do solo em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal, bem como a influência da sazonalidade climática sobre os microclimas locais. Além disso, foi aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar o vigor vegetativo da área estudada, relacionando os dados obtidos em campo com técnicas de sensoriamento remoto. Por fim, discutiu-se a importância hidrológica dos afloramentos rochosos para a conservação ambiental e a manutenção de microambientes mais favoráveis no semiárido.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Cabaceiras, no Cariri Paraibano (Figura 1), inserida no contexto do semiárido nordestino. O clima da região é classificado como BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se por elevadas temperaturas ao longo do ano, alta irregularidade das precipitações e acentuado déficit hídrico anual, fatores que condicionam fortemente a dinâmica ambiental local (Medeiros et al., 2013). O Lajedo Salambaia destaca-se pela presença de extensos afloramentos rochosos associados a solos rasos, baixa capacidade de retenção hídrica e elevada exposição à radiação solar. Apesar dessas limitações ambientais, as áreas adjacentes aos afloramentos apresentam maior densidade de cobertura vegetal, favorecida pela redistribuição do escoamento superficial e pelo acúmulo de umidade em suas bordas. Essas condições contribuem para a formação de microambientes mais úmidos, que desempenham papel importante na manutenção da biodiversidade e na regulação dos processos hidrológicos locais.

Figura 1 *- Mapa de localização de Cabaceiras*



Fonte: Acervo de pesquisa

Coleta e análise de dados

Foram instalados três geotermômetros em áreas com diferentes características ambientais:

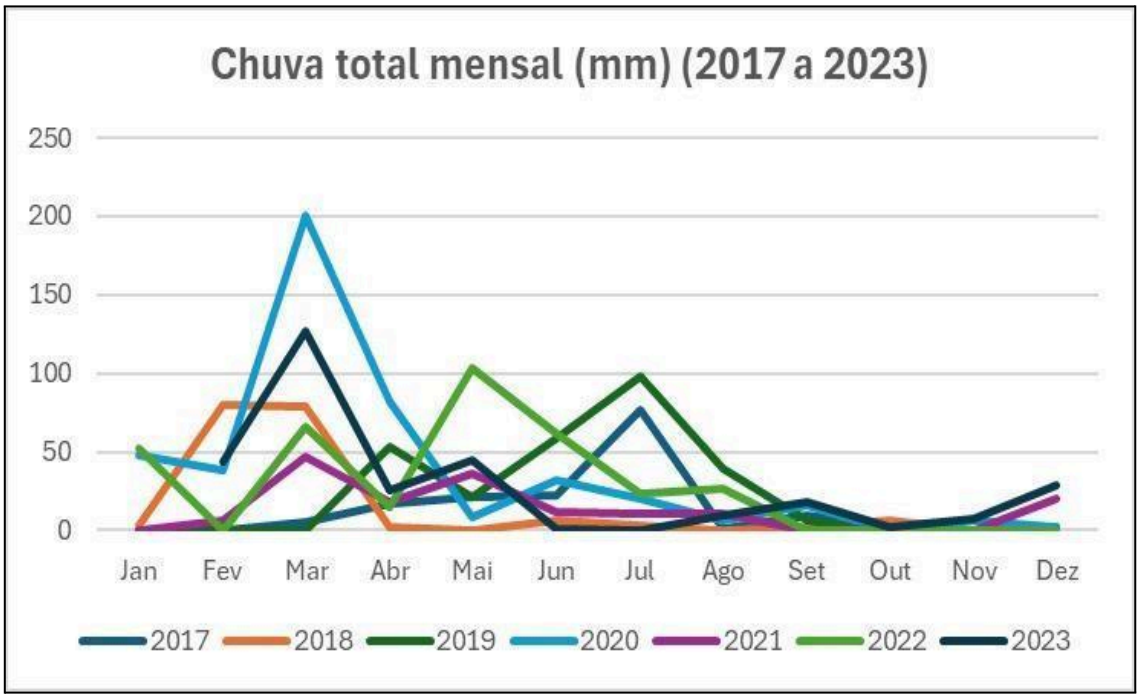
- Geo 1: área com vegetação densa;
- Geo 2: área de Caatinga degradada e solo exposto;
- Geo 3: área em recuperação ecológica.

Os sensores registraram a temperatura do solo em intervalos horários. Os dados foram organizados e analisados no software Excel.

Também foram utilizadas imagens Sentinel-2 processadas no ArcMap 10.5 por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), permitindo avaliar espacialmente o vigor vegetativo durante os períodos chuvoso e seco.

A seleção das imagens levou em consideração os dados pluviométricos coletados em campo, priorizando períodos representativos da sazonalidade climática regional.

Figura 2 *- Gráfico da pluviosidade média na região entre 2017 e 2023.*



Fonte: *AESA.*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos por meio dos geotermômetros, associados às análises de sensoriamento remoto, permitiram identificar importantes relações entre cobertura vegetal, precipitação, dinâmica hidrológica e temperatura do solo no Lajedo Salambaia. A integração metodológica adotada possibilitou compreender tanto o comportamento térmico quanto a distribuição espacial do vigor vegetativo em diferentes períodos sazonais.

Os resultados evidenciaram que as áreas com maior cobertura vegetal apresentaram temperaturas mais estáveis, enquanto áreas degradadas registraram maiores amplitudes térmicas e menor retenção hídrica. Essa diferença demonstra a forte influência da vegetação na regulação térmica e hidrológica do ambiente semiárido.

Além disso, verificou-se que os afloramentos rochosos exercem papel importante na redistribuição da água superficial, favorecendo melhores condições ambientais em suas bordas.

Mesmo durante o período seco, essas áreas apresentaram respostas vegetacionais superiores às observadas em locais totalmente expostos.

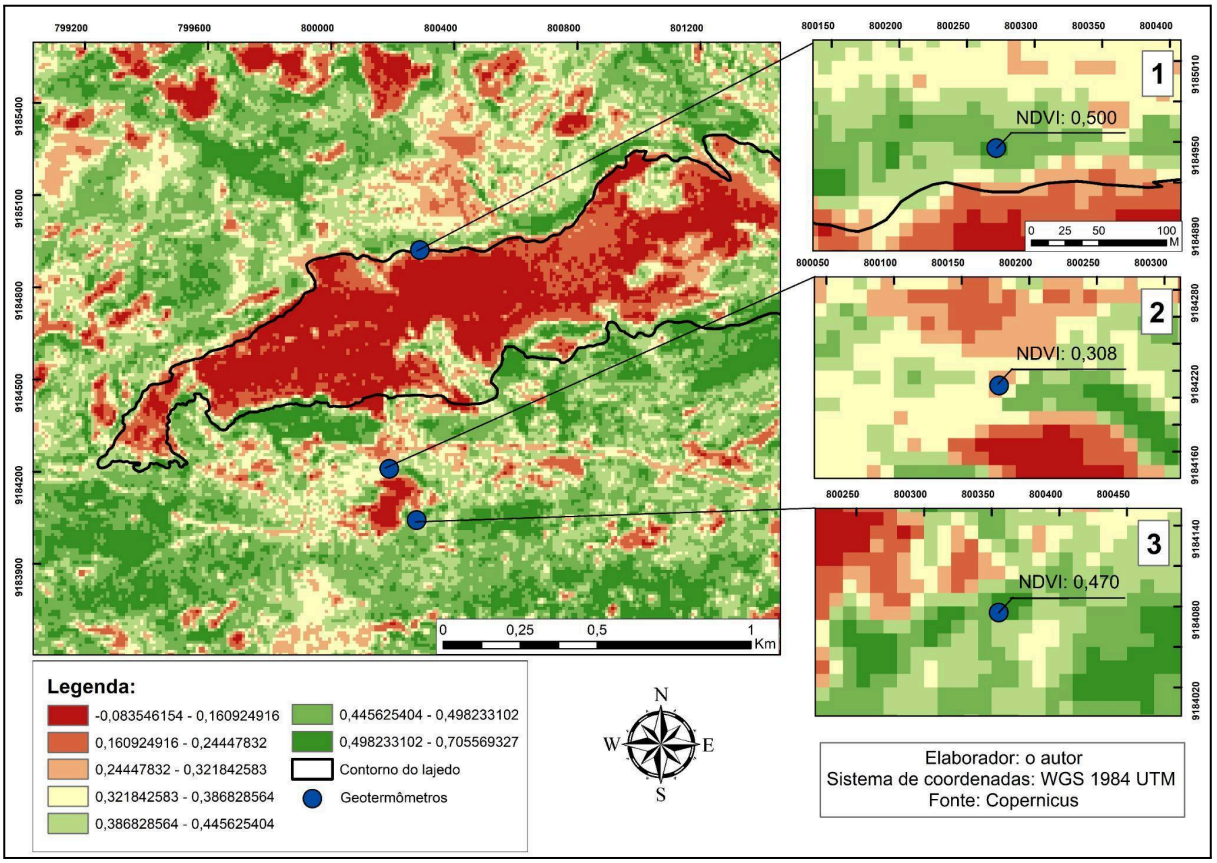
Os padrões identificados pelo NDVI confirmaram a influência direta da sazonalidade climática sobre a vegetação. Durante o período chuvoso houve expansão das áreas com maior vigor vegetativo, enquanto na estação seca predominou a redução da cobertura vegetal e o aumento das superfícies expostas.

Esses resultados reforçam a importância da dinâmica hidrológica local na configuração dos microclimas do semiárido paraibano, demonstrando que pequenas variações na disponibilidade hídrica produzem impactos significativos sobre a temperatura do solo e a vegetação.

Período chuvoso

Durante março de 2020 foram registrados elevados volumes pluviométricos, totalizando 111,2 mm em apenas quinze dias. Esse aumento da disponibilidade hídrica refletiu diretamente no vigor vegetativo identificado pelo NDVI, como mostra a Figura 3.

Figura 3: *NDVI aplicado no período chuvoso.*



Fonte*: Acervo de pesquisa.*

Os resultados demonstraram predominância de áreas verdes no entorno do lajedo, indicando maior atividade fotossintética e melhores condições hídricas, comportamento típico da Caatinga em

períodos de maior disponibilidade de água (Souza et al., 2011). As bordas dos afloramentos rochosos apresentaram resposta positiva ao NDVI devido à maior retenção e redistribuição de água.

Os dados de temperatura do solo indicaram menor amplitude térmica no Geo 1, localizado em área vegetada. A cobertura vegetal contribuiu para reduzir a incidência direta da radiação solar e conservar a umidade do solo, favorecendo maior estabilidade térmica (Brady e Weil, 2013).

O Geo 3 apresentou maior variabilidade térmica devido à condição intermediária de cobertura vegetal, enquanto o Geo 2 registrou comportamento mais associado às condições de exposição e degradação.

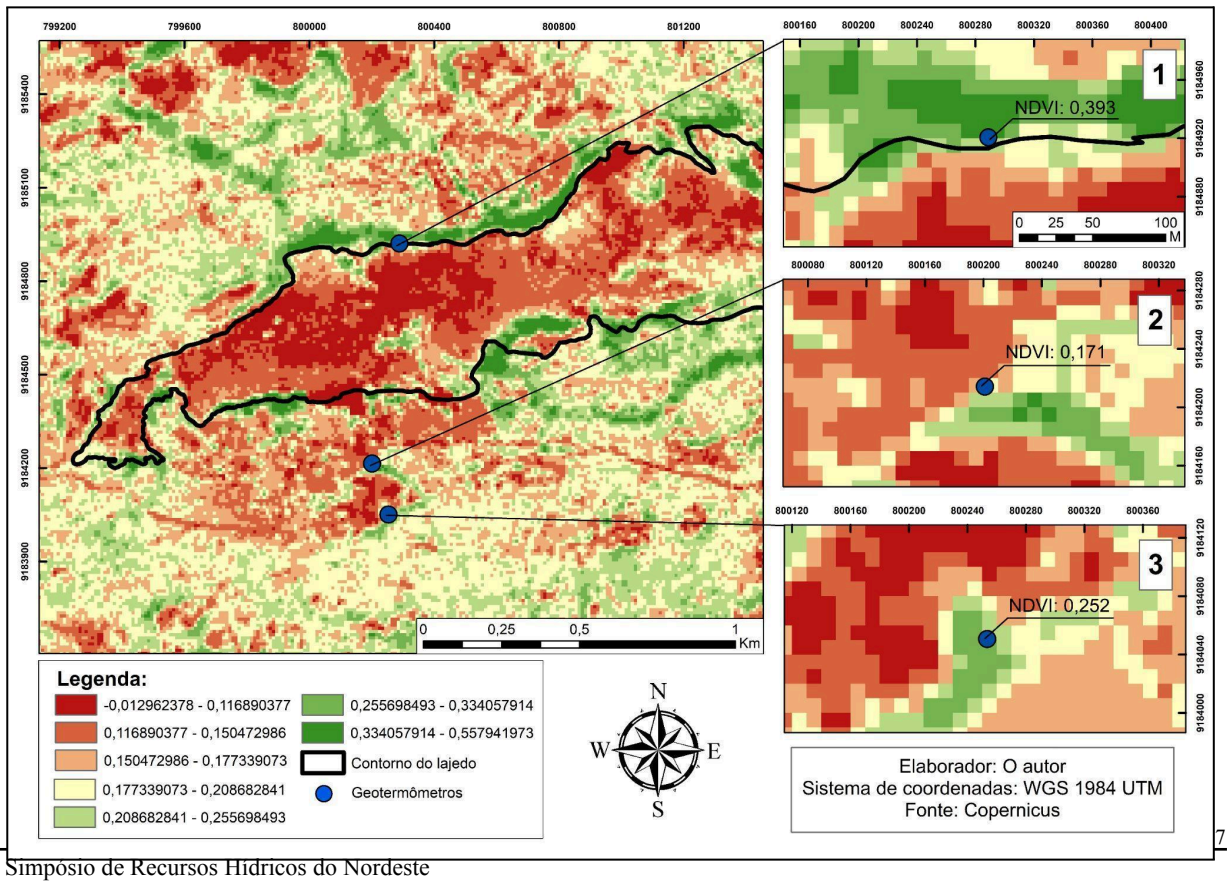
Esses resultados evidenciam a relação direta entre precipitação, cobertura vegetal e estabilidade térmica do solo, demonstrando a importância hidrológica da vegetação na manutenção dos microclimas locais.

Período seco

Durante outubro de 2023 não foram registrados eventos de precipitação, caracterizando forte déficit hídrico.

Nesse período, o NDVI apresentou predominância de tons avermelhados e alaranjados, indicando redução do vigor vegetativo e maior exposição do solo (Figura 4).

Figura 3: *NDVI aplicado no período seco.*



Fonte: *Acervo de pesquisa.*

O Geo 2 apresentou os maiores extremos térmicos, atingindo aproximadamente 39 °C. A ausência de cobertura vegetal intensificou a absorção de radiação solar e reduziu a retenção hídrica do solo, ampliando os extremos térmicos observados em áreas degradadas (Ashcroft et al., 2009). Esse comportamento evidencia a vulnerabilidade das áreas expostas durante a estiagem, principalmente em ambientes semiáridos sujeitos à baixa disponibilidade hídrica. Os resultados também indicam que a degradação da cobertura vegetal favorece condições de maior estresse térmico e menor capacidade de conservação da umidade do solo, dificultando os processos de recuperação ambiental.

Já o Geo 1 manteve temperaturas mais estáveis devido à presença de vegetação mais densa, enquanto o Geo 3 apresentou comportamento intermediário. Os resultados demonstram que a disponibilidade hídrica exerce influência direta sobre os microclimas do semiárido. Em períodos secos, a redução da umidade favorece o aumento da temperatura do solo e a degradação ambiental.

Além disso, observou-se que as bordas dos lajedos mantiveram melhores condições vegetacionais mesmo durante a estiagem, evidenciando a influência hidrológica dessas formações na redistribuição da água e na formação de microambientes mais favoráveis.

Relações hidrológicas e ambientais

Os resultados permitiram identificar forte integração entre dinâmica hidrológica, cobertura vegetal e temperatura do solo. As áreas vegetadas apresentaram maior retenção hídrica e estabilidade térmica, enquanto áreas degradadas mostraram menor capacidade de conservação de água e maiores extremos térmicos. Os afloramentos rochosos exercem papel relevante na dinâmica hidrológica local, funcionando como elementos que direcionam o escoamento superficial e favorecem a concentração de umidade em suas bordas, criando microhabitats diferenciados no semiárido (Vanschoenwinkel et al., 2024).

Esses ambientes contribuem para a formação de microhabitats capazes de sustentar vegetação mais densa mesmo em condições semiáridas severas. A integração entre geotermômetros e sensoriamento remoto mostrou-se eficiente para compreender as relações entre precipitação, cobertura vegetal e dinâmica térmica do solo em escala local, conforme discutido por Bramer et al. (2018).

CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a temperatura do solo e os microclimas do alto curso do rio Paraíba são fortemente influenciados pela cobertura vegetal, pela sazonalidade climática e pelas dinâmicas hidrológicas associadas aos afloramentos rochosos. As áreas vegetadas apresentaram maior estabilidade térmica e melhores condições de retenção hídrica, enquanto ambientes degradados registraram maiores amplitudes térmicas e intensificação do déficit hídrico.

Os resultados também evidenciaram a importância hidrológica dos lajedos, especialmente na redistribuição da água superficial e na formação de microambientes mais úmidos em suas bordas. A utilização integrada de geotermômetros e NDVI permitiu compreender de forma eficiente a relação entre precipitação, uso da terra e dinâmica térmica no semiárido paraibano. Dessa forma, o estudo contribui para a compreensão das dinâmicas ambientais locais e reforça a necessidade de estratégias de conservação da vegetação e dos afloramentos rochosos, fundamentais para a manutenção do equilíbrio hidrológico e ecológico do semiárido (Souza et al., 2011; Vanschoenwinkel et al., 2024).

Referências

ASHCROFT, M. B.; CHISHOLM, L.; FRENCH, K. Climate change at the landscape scale: predicting fine-grained spatial heterogeneity in warming and potential refugia for vegetation. Global Change Biology, 2009.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRAMER, I. et al. Advances in monitoring and modelling climate at ecologically relevant scales. Advances in Ecological Research, 2018.

CARVALHO, E.; SOUZA, B.; TROVÃO, D. Ecological succession in two remnants of the Caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. Revista Brasileira de Biociências, 2012.

GRIL, E. et al. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. Global Change Biology, 2021.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; BORGES, C. K. Análise hidroclimática do município de Cabaceiras, PB. Revista Brasileira de Geografia Física, 2013.

PORTILLO-ESTRADA, M. et al. Climatic controls on leaf litter decomposition across European forests and grasslands. Biogeosciences, 2016.

SHIRVANI, A. et al. Analysis of long-term trends in air and soil temperature in a semi-arid region in Iran. Environmental Earth Sciences, 2018.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação a partir da análise das modificações na vegetação. Geografia (Rio Claro), 2011.

VANSCHOENWINKEL, B. et al. The ecological and evolutionary dynamics of inselbergs. Biological Reviews, 2024.