



TEMPERATURA SUPERFICIAL TERRESTRE *VERSUS* USO E COBERTURA DO SOLO, NO SEMIÁRIDO: UMA ANÁLISE PARA DOIS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS NO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS, ESTADO DA PARAÍBA

Land Surface Temperature *versus* Land Use and Land Cover in the Semi-Arid Region: An analysis for two wet and dry seasons in the Municipality of Cajazeiras, State of Paraíba

Temperatura Superficial Terrestre *versus* Uso y Cobertura del Suelo en la Región Semiárida: Un análisis para dos períodos húmedos y secos en el Municipio de Cajazeiras, Estado de Paraíba

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1067>

Teobaldo Gabriel de Souza Júnior¹

Daisy Beserra Lucena²

Rafaella de Lima Roque³

Histórico do Artigo:

Recebido em 08 de novembro de 2024

Aceito em 30 de abril de 2025

Publicado em 06 de maio de 2025

RESUMO

Considerando as preocupações com as mudanças climáticas, de ordem antrópica, o estudo realiza uma análise da associação entre a temperatura superficial e o tipo de uso e cobertura do solo, nos períodos secos e chuvosos, dos anos de 2013 e 2018, em Cajazeiras, Município inserido na zona semiárida do Estado da Paraíba, cuja principal formação vegetal é a Caatinga. As fontes de dados foram: a classificação de uso e cobertura atribuída pelo MapBiomias, para os anos em questão (2013 e 2018); e, o processamento de imagens do satélite LANDSAT 8, para obtenção da TST e do NDVI. As principais técnicas estatísticas utilizadas foram: teste de normalidade de Shapiro-Wilk, Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ), e geração de gráficos *boxplot* e de dispersão. Os resultados mostraram que mesmo nos períodos mais secos, as áreas com superfícies preservadas tendem a apresentar temperaturas mais baixas do que áreas modificadas pelas ações humanas, o que reforça a importância do planejamento antes da realização de mudanças abruptas nos tipos de uso do solo.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto. Monitoramento Climático. Impacto Ambiental.

¹ Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Email: teobaldo.souza@ifpb.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0961-6595>

² Docente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Email: daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1645-9743>

³ Servidora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Email: rafaella.roque@ifpb.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-6543-5759>

ABSTRACT

Considering concerns about anthropogenic climate change, this study analyzes the association between land surface temperature and land use and land cover types during dry and wet seasons in the years 2013 and 2018 in Cajazeiras, a municipality located in the semi-arid zone of the State of Paraíba, whose main vegetation type is Caatinga. The data sources were the land use and cover classification provided by MapBiomias for the years in question (2013 and 2018) and the processing of LANDSAT 8 satellite images to obtain LST and NDVI. The main statistical techniques used were the Shapiro-Wilk normality test, Spearman's Correlation Coefficient (ρ), and the generation of boxplot and scatterplot graphics. The results showed that, even in drier periods, areas with preserved surfaces tend to have lower temperatures than areas modified by human activities, underscoring the importance of careful planning before undertaking abrupt land use changes.

Keywords: Remote Sensing. Climate Monitoring. Environmental Impact.

RESUMEN

Teniendo en cuenta las preocupaciones relacionadas con el cambio climático de origen antrópico, el estudio realiza un análisis de la asociación entre la temperatura superficial terrestre y los tipos de uso y cobertura del suelo durante los períodos secos y húmedos en los años 2013 y 2018 en Cajazeiras, un municipio ubicado en la zona semiárida del Estado de Paraíba, cuya principal formación vegetal es la Caatinga. Las fuentes de datos fueron la clasificación de uso y cobertura del suelo proporcionada por MapBiomias para los años en cuestión (2013 y 2018) y el procesamiento de imágenes del satélite LANDSAT 8 para obtener la TST y el NDVI. Las principales técnicas estadísticas empleadas fueron la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, el Coeficiente de Correlación de Spearman (ρ) y la generación de gráficos boxplot y de dispersión. Los resultados mostraron que, incluso en períodos más secos, las áreas con superficies preservadas tienden a presentar temperaturas más bajas que las áreas modificadas por actividades humanas, lo que refuerza la importancia de una planificación cuidadosa antes de realizar cambios abruptos en los tipos de uso del suelo.

Palabras Clave: Teledetección. Monitoreo Climático. Impacto Ambiental.

INTRODUÇÃO

Compreender a dinâmica atmosférica é essencial, tanto para definir o tipo de clima, quanto para determinar o estado do tempo em um local específico. Entretanto, outros fatores geográficos - como altitude, latitude, massas d'água, usos da terra etc. - tornam-se parâmetros fundamentais nos estudos climáticos, uma vez que a intervenção humana, ao modificar a paisagem natural em escala local, promove diversificações no uso do solo em uma magnitude capaz de se somar às demais configurações pré-existentes, e que, ao interagir com a superfície, estabelece diferentes condições no balanço de energia, criando um singular cenário climático (BALDO, 2006).

A singularidade citada se deve ao fato de a radiação solar se comportar de maneira desigual ao longo da extensão superficial. Por essa razão, é natural que os diferentes tipos de uso e cobertura do solo apresentem, até dentro de uma mesma área, variados valores de temperatura, levando-se em conta as distintas capacidades de absorção, emissividade e irradiação inerentes a cada elemento (PEREIRA *et al.*, 2012).

Portanto, mudanças no uso e ocupação do solo têm potencial para gerar impactos ambientais, econômicos e sociais significativos, com destaque para a alteração da Temperatura

Superficial Terrestre - TST, considerando que tal fenômeno afeta o equilíbrio e a distribuição de energia na superfície, ao tempo em que interfere e é interferido diretamente pelos elementos que compõem a paisagem local (PEREIRA *et al.*, 2012).

Assim, a busca por um novo equilíbrio no balanço de radiação atmosférica e superficial varia consoante o uso do solo, pois, como aponta Manoel (2011), a temperatura nos diferentes sistemas é proporcional à energia térmica associada. Em áreas com radiação solar constante, as variações de temperatura e albedo dependerão do tipo de cobertura, com os sistemas florestais, a título de ilustração, consumindo mais energia térmica do que solos expostos, mediante o processo de evapotranspiração, o qual é responsável por converter parte do calor sensível em calor latente, resultando em diminuição das temperaturas observadas.

Amorim (2020) alerta, ainda, que o sombreamento proporcionado pela cobertura vegetal protege a superfície da incidência direta dos raios solares, dificultando o armazenamento de calor por outros materiais o que, por exemplo, é essencial em ambientes urbanos, onde a arborização é capaz de agir diretamente no processo de regulação térmica.

As cidades - expressivos exemplos de alteração do ambiente natural, dadas às suas capacidades de imprimirem rápidas transformações no espaço geográfico e, por isso, serem responsáveis por criarem uma dinâmica climática própria (MONTEIRO, 1975) -, respondem por boa parte do calor antropogênico de uma localidade, sobretudo, quando comparadas à paisagem rural circundante (CRUZ *et al.*, 2023).

Além disso, é importante destacar que mesmo as áreas vegetadas, devido aos comportamentos peculiares de cada fitofisionomia, podem registrar temperaturas e condições fenológicas específicas, como resposta à distribuição de energia solar, que é determinada pelo meio natural onde estão inseridas (NUNES; DRESCHER; TYSZKA, 2011).

Por exemplo, a vegetação de Caatinga, que recobre em torno de 9% a 11% do território brasileiro, é endêmica do país tendo predominância no limite semiárido da Região Nordeste, e se caracteriza por um padrão de ocupação de floresta tropical seca (OLIVEIRA *et al.*, 2021), perde boa parte da sua folhagem nos períodos menos chuvosos do ano como uma forma de adaptação para suportar o rigoroso clima da localidade, reconhecida por possuir: baixos e irregulares índices pluviométricos; grande disponibilidade de energia solar; e, elevadas temperaturas.

O manuscrito de Melo *et al.* (2023) é enfático ao colocar que a Caatinga: possui grande importância mundial, por ser a mais contínua e extensa Floresta e Arbustal Tropical Sazonalmente Seca - FATSS; ainda é pouco estudada e conhecida, tendo muitas espécies entrando em extinção

antes mesmo de serem conhecidas pela ciência; possui apenas metade da sua floresta original preservada; e, conta com apenas 8% de sua extensão total inserida dentro de Unidades de Conservação - UCs.

A pesquisa destaca, também, que até o ano de 2060, há sério risco da perda de cerca de 90% de espécies da fauna e da flora, na área de ocorrência da Caatinga, assinalando que essa formação vegetal nunca foi prioridade para o Estado brasileiro (MELO *et al.*, 2023). É possível endossar a última afirmação ao analisar, por exemplo, que a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) não a menciona diretamente, e que a legislação que ficou conhecida como “Novo Código Florestal”, a Lei Federal Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), privilegia a Amazônia Legal e o Cerrado, sem citá-la em momento algum.

Nesse sentido é importante enfatizar que, no âmbito das relações ambientais/ecológicas a Caatinga se vê ameaçada, para além da exploração exacerbada dos seus recursos, uma vez que, também corre riscos pelas mudanças climáticas (MELO *et al.*, 2023). A esse respeito, o estudo de Rufino e Silva (2017) coloca que possíveis alterações no ciclo hidrológico, que venham a ocasionar secas prolongadas, podem acarretar na procura por fontes alternativas de subsistência o que, por seu turno, implicaria em alterações na forma de apropriação e uso do solo, aumentando, então, os impactos ambientais.

Além disso, considerando os princípios da Teoria do Pensamento Complexo postulados por Morin (1977; 2005), ao passo que o aumento das temperaturas reflete o clima global, no tipo de cobertura do solo, os diversos locais e suas superfícies repercutem os efeitos particulares das interações entre variáveis climáticas, biológicas e sociais, que influenciam a dinâmica ambiental.

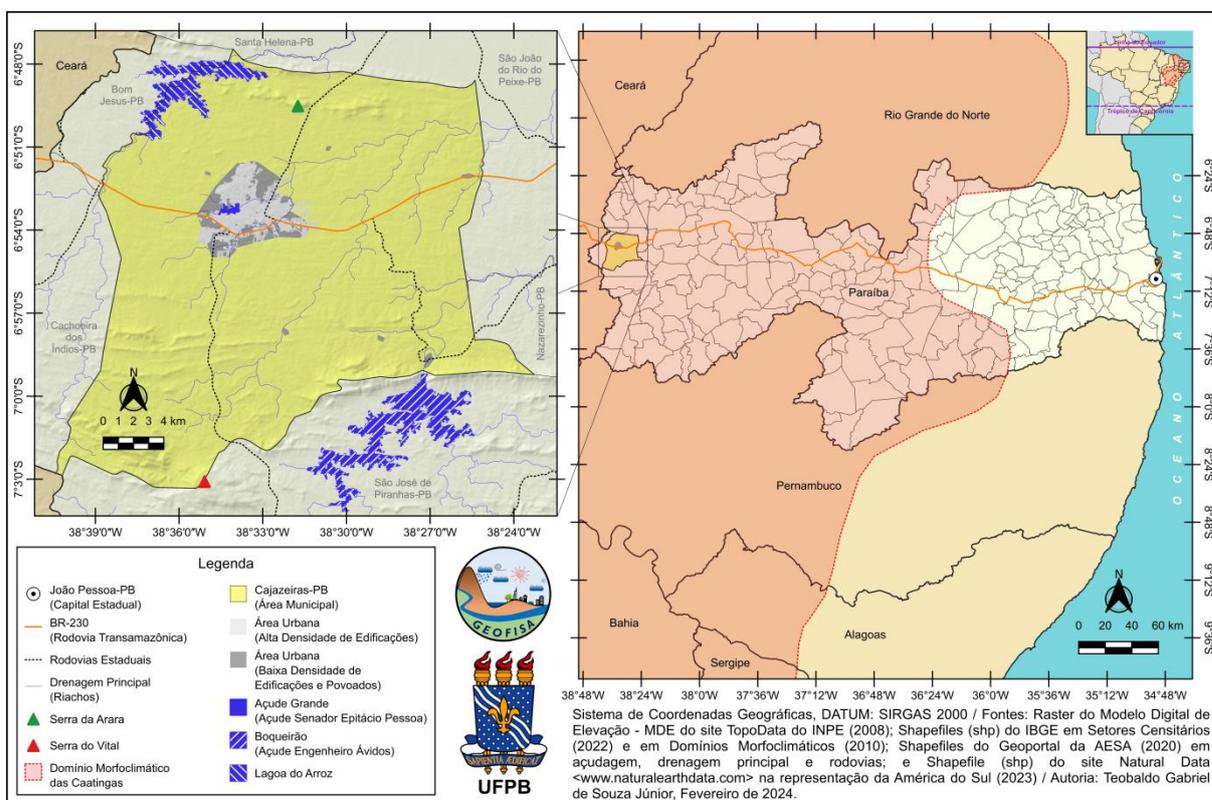
Dessa forma é possível observar que, as mudanças climáticas impactam de maneira distinta as diferentes regiões, levando em conta não apenas a variabilidade das temperaturas, mas também como os tipos de usos e coberturas do solo respondem a essas alterações, reforçando a interdependência e a multifatoriedade dos sistemas ambientais.

Ante o exposto, o artigo analisa o comportamento da TST a partir de quatro imagens de satélite em dois momentos distintos - período seco e período chuvoso - do Município de Cajazeiras, semiárido do Estado da Paraíba. Para tanto as próximas seções irão tratar, respectivamente, da caracterização da área de estudo, dos materiais e métodos empregados, da exposição dos resultados e análises, das considerações finais e, finalmente, dos agradecimentos e referências bibliográficas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Cajazeiras é um Município do interior da Paraíba que está localizado no extremo oeste do seu Estado (Figura 1). Conta com uma área de 562,703 km² e sua população total é, conforme o recenseamento de 2022, da ordem de 63.239 habitantes (IBGE, 2024), sendo que, pouco mais de 80% destes moradores residem nas zonas urbanizadas (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2021), as quais compreendem a sede principal e dois distritos: Divinópolis e Engenheiro Ávidos (CAJAZEIRAS, s.d.).

Figura 1: Localização geográfica do Município de Cajazeiras, Paraíba.



Fonte: Elaboração própria (2024).

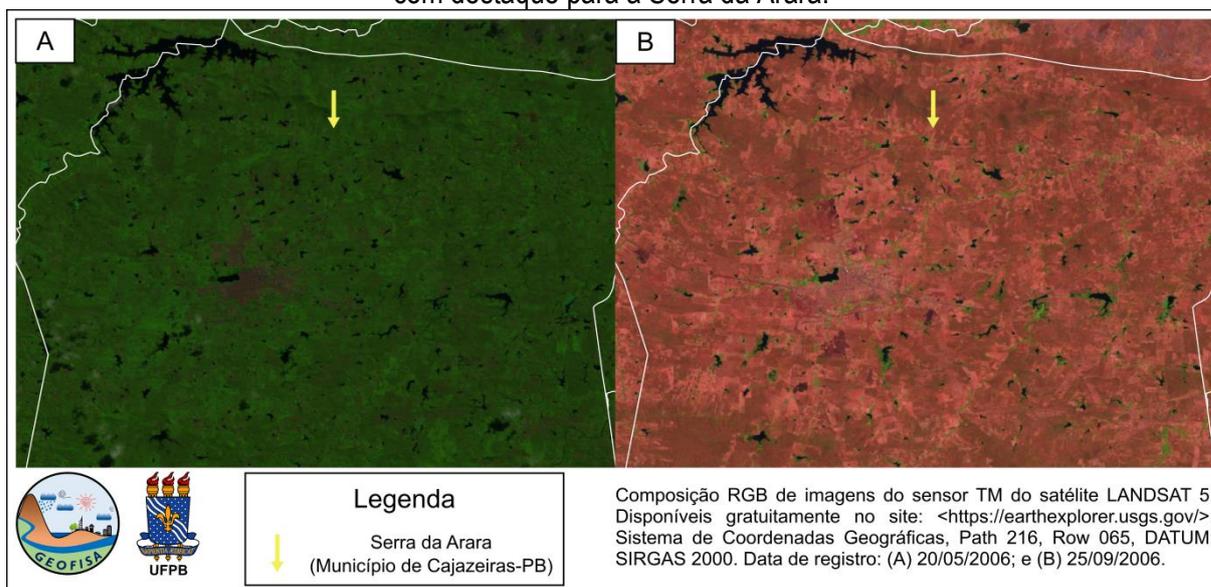
Situada, integralmente, dentro dos seguintes pares de coordenadas geográficas: 6°47'27,36"S e 38°40'25,65"W; 6°47'27,36"S e 38°23'15,78"W; 7°03'19,50"S e 38°23'15,78"W; e, 7°03'19,50"S e 38°40'25,65"W, Cajazeiras limita-se com os Municípios de: Santa Helena-PB (Norte), São João do Rio do Peixe-PB (Norte e Leste), Nazarezinho-PB (Leste), São José de Piranhas-PB (Sul), Barro-CE (Sudoeste), Cachoeira dos Índios-PB (Oeste) e Bom Jesus-PB (Noroeste).

A altitude média de Cajazeiras, conforme o Modelo Digital de Elevação - MDE fornecido pelo *site* TopoData (INPE, 2011), é de 334,90 m, com cota mínima de 245,91 m e cota máxima de 746,24 m, atingida na Serra do Vital, limite Sul com o Município de São José de Piranhas-PB.

Posicionada no centro da Depressão Sertaneja, Cajazeiras se caracteriza tipicamente como pertencente às depressões semiáridas intermontanas do interior do Nordeste Brasileiro, onde, na maioria dos casos, se apresentam baixadas semiáridas, onduladas e extensivas, parcialmente rochosas e parcialmente coalhadas de detritos pouco espessos, embutidas entre os maciços antigos e cuestas ou ladeiras de chapadas (AB'SÁBER, 2017).

Pela classificação de (AB'SÁBER, 1971), Cajazeiras acha-se no seio do Domínio Morfoclimático das Caatingas, cuja vegetação homônima predominante é adaptada aos períodos mais secos do ano, sendo composta por plantas xerófitas e plantas decíduas, que perdem sua folhagem (Figura 2) como forma de proteção diante da redução sazonal e natural da pluviosidade.

Figura 2: Contraste de períodos em área de formação de Caatinga / Imagens orbitais da porção centro-norte do Município de Cajazeiras-PB no período chuvoso (A) e no período seco (B) do ano de 2006, com destaque para a Serra da Arara.



Fonte: Souza Júnior *et al.* (2024, p. 916).

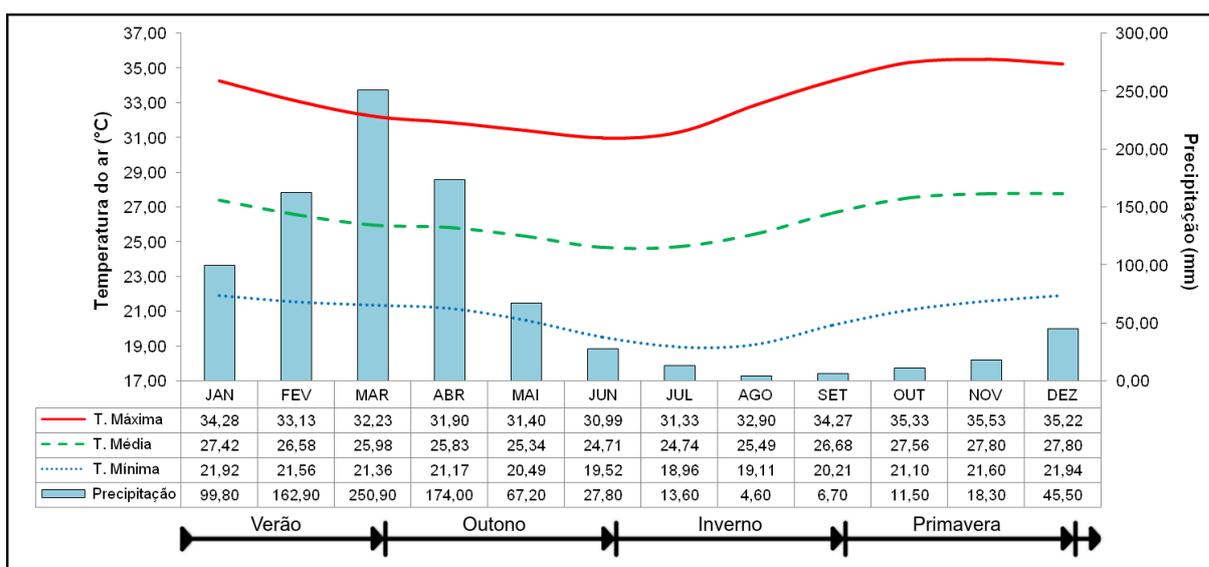
O Banco de Informações Ambientais - BDIA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, s.d.) indica que a porção centro-norte de Cajazeiras é ocupada, sobretudo, por Savana-Estépica Arborizada - caracterizada por possuir árvores e arbustos de porte médio a porte baixo, espaçadas entre si, com grandes áreas de gramíneas ou herbáceas -, e que o centro-sul é

ocupado por Savana-Estéptica Florestada - reconhecida por possuir uma maior densidade de cobertura florestal, sendo composta por uma mistura de árvores de maior porte, arbustos e gramíneas.

Com relação ao seu clima, pela classificação estabelecida por Mendonça e Danni-Oliveira (2009), Cajazeiras se enquadra no subtipo climático “tropical equatorial semiárido”, código 2c, que, durante a maior parte do ano, apresenta redução dos totais pluviométricos mensais e elevadas temperaturas. A variação sazonal da temperatura média não é tão expressiva, o que conduz à formação de áreas em que se observam quedas térmicas pouco expressivas na situação de inverno.

Dados de pluviosidade e temperaturas médias mensais, tabulados a partir do Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA, pertencente à Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UACA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, permitiram a criação do gráfico tipo climograma do Município de Cajazeiras (MARTINS *et al.*, 2022), ilustrado pela Figura 3.

Figura 3: Climograma de Cajazeiras-PB.



Fonte: Elaboração própria (2024).

A economia municipal de Cajazeiras é voltada, majoritariamente, para o comércio e para a agricultura de subsistência, o seu Produto Interno Bruto - PIB *per capita* é da ordem de R\$ 19.683,90 (dezenove mil seiscentos e oitenta e três reais e noventa centavos), e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM é de 0,679, em uma escala que varia de 0 - zero - a 1 - um - (IBGE, 2024).

Cajazeiras possui um grande destaque na assistência à saúde - dispendo de clínicas particulares, um hospital regional estadual e um hospital federal - e, sobretudo, na prestação de serviços educacionais, contemplando escolas do ensino básico ao superior, públicas e privadas, as

quais lhes renderam o epíteto de “Cidade que ensinou a Paraíba a ler” (ROLIM, 2010; SOUZA JÚNIOR, 2020), e que lhe coloca como Polo Regional de Influência das Cidades Circunvizinhas (IBGE, 2018), sendo a mais populosa dessas, o que, possivelmente, consoante metodologia empregada por Rufino e Silva (2017), lhe confere maior pressão por recursos naturais e acelera as alterações em sua superfície, condição motriz da pesquisa ora desenvolvida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uso e ocupação do solo e Temperatura Superficial Terrestre - TST

Para a análise relativa ao uso e ocupação do solo, foram empregados os dados dos anos de 2013 e de 2018, da Coleção 9 do projeto MapBiomass (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2020), o qual realiza a classificação, ano a ano, a partir de 1985, da cobertura superficial para todo o território brasileiro.

No que concerne à Temperatura Superficial Terrestre - TST, foram utilizadas imagens de Sensoriamento Remoto - SR, oriundas do oitavo satélite da missão LANDSAT, disponibilizadas gratuitamente mediante cadastro simples na plataforma *Earth Explorer*, mantida pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, s.d.).

O Quadro 1 detalha datas, horários e sensores utilizados nos registros, assim como órbita - *path* - e ponto - *row* - do satélite que abrangem a área de interesse.

Quadro 1: Dados das imagens do LANDSAT 8 utilizadas na pesquisa.

DATA	HORÁRIO (UTC)	SENSOR	Órbita	Ponto
24/06/2013	12:43:21	OLI e TIRS	216	65
12/09/2013	12:43:25	OLI e TIRS	216	65
22/06/2018	12:40:24	OLI e TIRS	216	65
26/09/2018	12:41:07	OLI e TIRS	216	65

Fonte: Elaboração própria (2024).

A escolha dos períodos é assim justificada: o mês de junho representa o fim do ciclo chuvoso, porém, com menos incidência de nuvens e com a vegetação ainda guardando o viço necessário a uma boa resposta espectral, perante os sensores do satélite; já o mês de setembro representa um dos meses mais quentes, com baixa pluviosidade e baixa incidência de nuvens, e é quando a vegetação decídua já perdeu boa parte da sua folhagem.

É crucial salientar que a ocorrência de nuvens dificulta as análises por meio das técnicas de SR, sendo assim, os dias específicos foram escolhidos após triagem inicial, considerando a boa visibilidade da área nos arquivos, para a obtenção de registros efetivados com as datas mais próximas

possíveis, em anos distintos - como uma contraprova -, sendo marcadamente para os períodos chuvosos e secos, em cada um desses anos.

Do sensor *Operational Land Imager* - OLI, foram empregadas as Bandas 4 - vermelho - e 5 - infravermelho próximo - para cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI; para a Temperatura Superficial Terrestre - TST utilizou-se a Banda 10 do *Thermal Infrared Sensor* - TIRS.

O NDVI, calculado a partir da Equação 1, trata-se de um índice amplamente utilizado em SR, cujo resultado varia de -1 a 1 e em que valores abaixo de 0 indicam a existência de água e os valores, quanto mais próximos a 1, indicam a presença de vegetação com boa qualidade fenológica (MARTINS *et al.*, 2022).

$$NDVI = \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{(Banda\ 5 + Banda\ 4)} \quad (1)$$

Já para a obtenção da TST, em conformidade com as técnicas também utilizadas por Martins *et al.* (2022), aplicou-se, inicialmente, a Equação 2, para realizar a conversão do valor digital em radiância espectral.

$$L_{\lambda} = ML * DN + AL \quad (2)$$

Em que: L_{λ} = Radiância espectral ($W/m^2 * sr * \mu m$); ML = Multiplicador de escala de radiância fornecido no arquivo de metadados; DN = Valor digital da imagem; e, AL = Constante de adição de radiância fornecido no arquivo de metadados.

Na sequência houve a aplicação da Equação 3, com o objetivo de converter a radiância espectral encontrada, em temperatura de brilho.

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

Em que: T_B = Temperatura de brilho dada na unidade Kelvin; e, K_1 e K_2 = Valores das constantes de calibração que são fornecidos no arquivo de metadados.

Após o passo anterior, aplicou-se a Equação 4 para a obtenção da Temperatura Superficial Terrestre - TST.

$$TST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda * T_B}{\rho}\right) \ln \varepsilon} \quad (4)$$

Em que: TST = Temperatura Superficial Terrestre dada na unidade Kelvin; λ = Comprimento de onda efetivo da radiação; $\rho = h * c / \sigma$ (constante de Stefan-Boltzmann); e, ε = Emissividade da superfície.

Finalmente, a temperatura calculada resultante, foi convertida para Graus Celsius, conforme a Equação 5.

$$TST_{Celsius} = TST_{Kelvin} - 273,15 \quad (5)$$

Técnicas estatísticas

Para analisar a variabilidade dos dados da temperatura de superfície, em uma mesma classe, escolheu-se gerar gráficos do tipo *boxplot* (SOUZA JÚNIOR; LUCENA; ROQUE, 2024), para representar a condição de cada uma das quatro imagens investigadas.

Referidos diagramas incluem a média, a mediana, os quartis (Q1 e Q3), os limites que representam o alcance interquartil (IQR), assim como os valores discrepantes - *outliers*.

Também foi aplicada a técnica do Coeficiente de Correlação de Spearman - ρ (SPEARMAN, 1904) para analisar o nível de associação entre a TST e a resposta ao NDVI. O coeficiente de ρ , dado pela Equação 6, trata-se de um teste não paramétrico que varia de -1 a 1, em que os valores próximos a zero indicam correlações nulas, valores próximos a -1 indicam fortes correlações inversas e, resultados próximos a 1, apontam para fortes correlações diretas.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (6)$$

Em que: d = Diferença entre as fileiras das variáveis correspondentes - ordenações; e, n = Número de pares de ordenações - observações.

Justifica-se a aplicação do coeficiente de ρ , em detrimento de outros métodos de correlação, pelo fato de que, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965), conforme a Equação 7, foi constatado que os dados apresentaram distribuição diferente da normal, o que demanda a aplicação de testes não paramétricos.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

Em que: W = Estatística do teste de Shapiro-Wilk, que varia entre 0 e 1 (quanto mais próximo de 1, mais os dados se aproximam de uma distribuição normal); n = Tamanho da amostra; $x_{(i)}$ = Os valores amostrais ordenados em ordem crescente (valores observados); \bar{x} = Média da amostra; a_i = Pesos calculados a partir da matriz de covariância dos valores esperados de uma amostra de tamanho n , ordenada de uma distribuição normal padrão; e, x_i = Os valores originais da amostra.

Salienta-se que tanto os arquivos do MapBiomas, quanto as imagens do satélite LANDSAT 8, trabalham com imagens cuja menor parcela de superfície a ser representada em um pixel é de 900 m² - ou 30 m x 30 m - o que, para abranger integralmente a área, contempla 637.535 ocorrências de amostras, as quais foram utilizadas nas análises.

É válido destacar, ainda, que em estatística é comum que os procedimentos sejam submetidos a testes de significância, sendo os mais utilizados $\alpha = 0,01$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,10$, portanto, informa-se que no presente trabalho, para todas as métricas utilizadas, os testes de significância foram empregados ao nível de $\alpha = 0,05$, ou seja, o mesmo que a 5%.

Tabulação de dados e softwares empregados

Nesse estudo, os dados coletados nos órgãos ou projetos mencionados - TopoData, MapBiomas e *Earth Explorer* - são todos gratuitos e de livre obtenção na *internet*. Salienta-se, também, que todos esses foram organizados e processados em *softwares* livres e de natureza *open source*.

Desta maneira: a tabulação, foi executada nas planilhas do LibreOffice Calc 6.4.7.2 (THE DOCUMENT FOUNDATION, 2019); para as espacializações em geral, TST e NDVI, utilizaram-se técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - SR executadas no QGIS 3.10.14 - A Coruña (2021); enquanto que, a estatística geral e os gráficos, foram inteiramente trabalhados no programa *R Statistical* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018).

Os arquivos e ferramentas de acesso livre citados desempenharam um papel crucial na realização do estudo, garantindo sua transparência, verificabilidade, replicabilidade e acessibilidade ao conhecimento produzido, viabilizando a sua execução, bem como ajudando no fomento a novas pesquisas de forma eficiente e com baixo custo.

RESULTADOS E ANÁLISES

A identificação de uso e ocupação do solo de Cajazeiras-PB, nos anos 2013 e 2018, a partir dos arquivos do MapBiomas, apontou a existência de nove classes distintas, conforme discriminação do Quadro 2.

Quadro 2: Discriminação das classes identificadas pelo projeto MapBiomas em Cajazeiras-PB.

Classe	Código Atribuído	Descrição
Formação Florestal	FF	Vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual.
Formação Savânica	FS	Vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.
Formação Campestre	FC	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva).
Pastagem	Pst	Áreas de pastagem plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo.
Mosaico de Usos	MdU	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. Pode incluir áreas de ocupação periurbana, como chácaras, sítios e condomínios.
Área Urbanizada	AU	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura (terrenos).
Outras Áreas não Vegetadas	OANV	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
Rio, Lago e Oceano	AGUA	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
Outras Lavouras Temporárias	OLT	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.

Fonte: Elaboração própria (2024), a partir da descrição dos arquivos do MapBiomas.

Após a avaliação dos dois anos, percebeu-se variação entre todas as classes, sendo pequenas reduções evidenciadas em “Formação Savânica - FS” e em “Pastagem - Pst”, acompanhadas pelo aumento das demais classes, quando comparado o ano de 2018, em relação ao ano de 2013.

As classes que tiveram os maiores aumentos relativos foram “Formação Campestre - FC”, “Outras Áreas não Vegetadas - OANV”, “Outras Lavouras Temporárias - OLT” e “Área Urbanizada - AU”, com ampliações respectivas de suas áreas em 12,11, 4,59, 2 e 1,32 vezes os seus tamanhos. O Quadro 3 traz o detalhamento a esse respeito.

Quadro 3: Percentual de ocupação e dinâmica das classes entre 2013 e 2018 em Cajazeiras-PB.

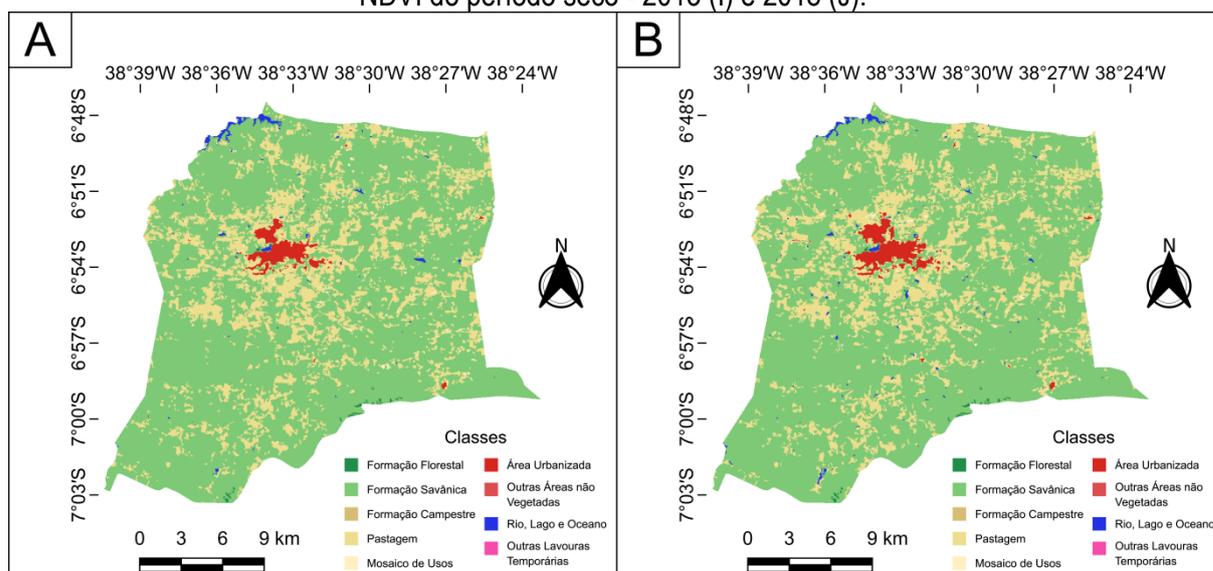
Classe	Percentual (2013)	Percentual (2018)	Aumento (+) ou Redução (-)	Valor relativo 2018/2019
FS	75,7411%	75,3157%	-	0,99
Pst	21,4876%	21,3489%	-	0,99
AU	1,3838%	1,8316%	+	1,32
MdU	0,7733%	0,8379%	+	1,08
AGUA	0,4820%	0,4830%	+	1,00
FF	0,1241%	0,1271%	+	1,02
OANV	0,0042%	0,0194%	+	4,59
FC	0,0028%	0,0342%	+	12,11
OLT	0,0011%	0,0022%	+	2,00

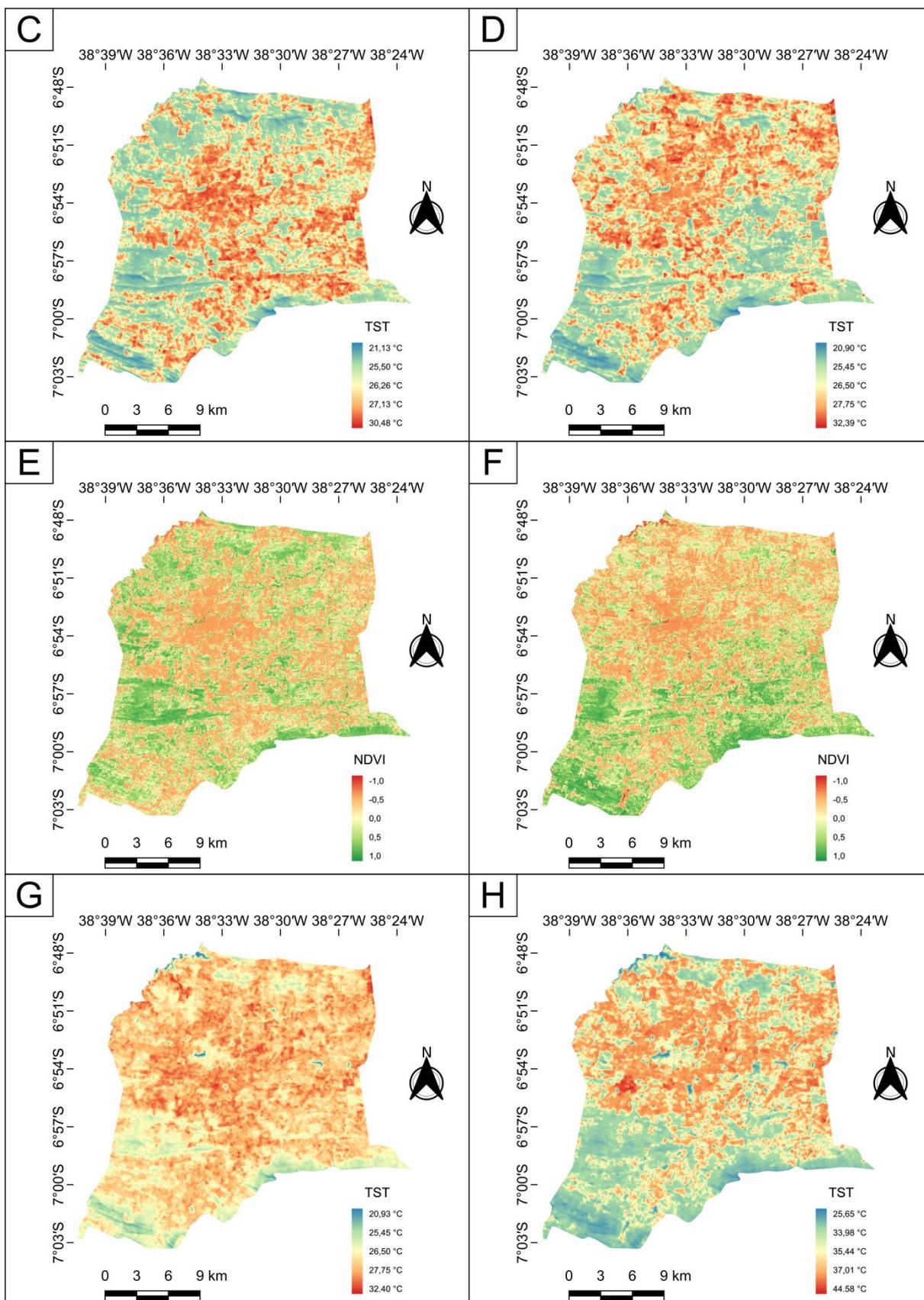
Fonte: Elaboração própria (2024).

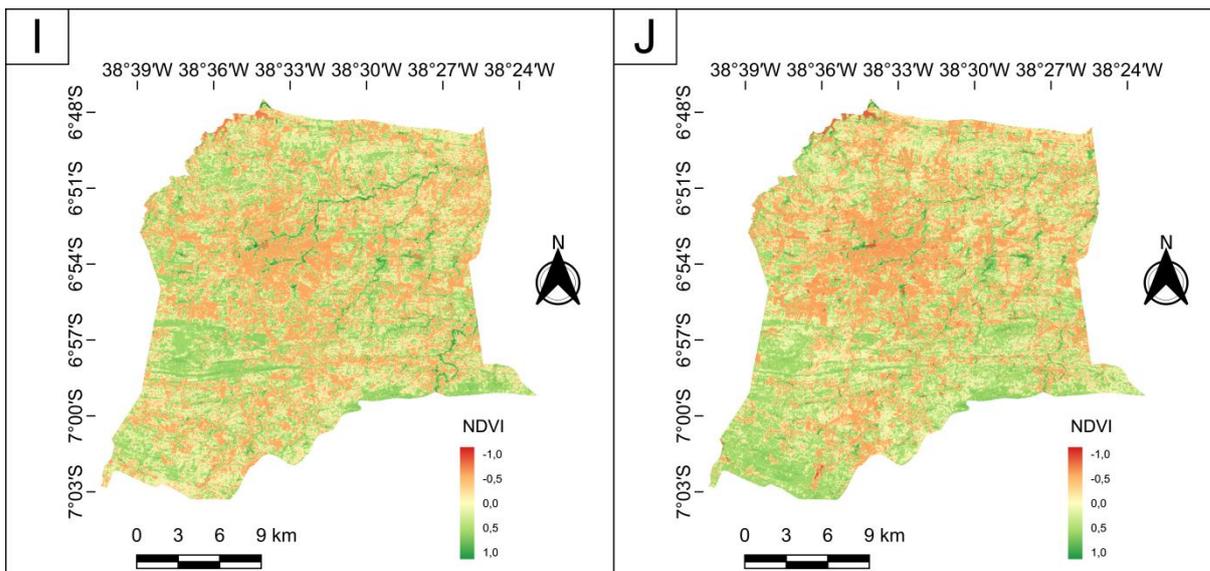
Do Quadro 3 ainda é possível concluir que as classes detentoras das maiores parcelas de terra em Cajazeiras e, portanto, as mais expressivas são, respectivamente: “Formação Savânia - FS”, “Pastagem - Pst” e “Área Urbana - AU” que, somadas, respondem por, aproximadamente, 98,50% da superfície do Município.

Os mapas representados na Figura 4 mostram a espacialização comparativa entre os anos de 2013 e 2018, tanto para as classes de uso e cobertura do solo, quanto para as TSTs e NDVIs dos seus respectivos períodos secos e chuvosos.

Figura 4: Uso e ocupação do solo - 2013 (A) e 2018 (B); TST do período chuvoso - 2013 (C) e 2018 (D); NDVI do período chuvoso - 2013 (E) e 2018 (F); TST do período seco - 2013 (G) e 2018 (H); e, NDVI do período seco - 2013 (I) e 2018 (J).





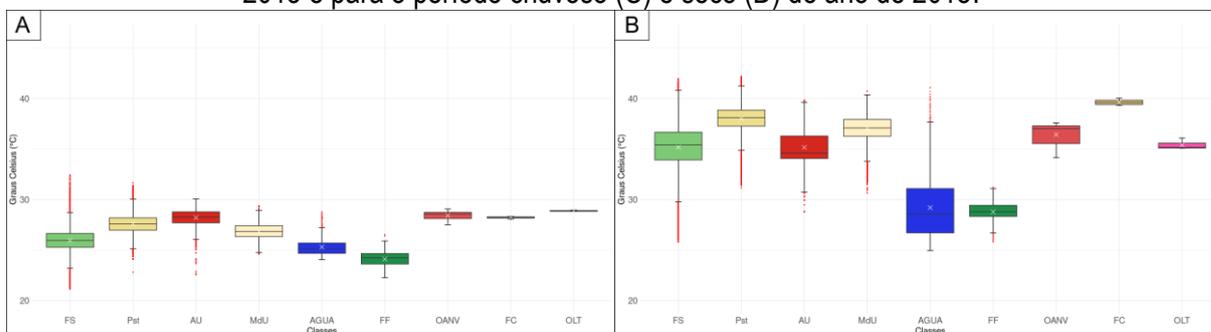


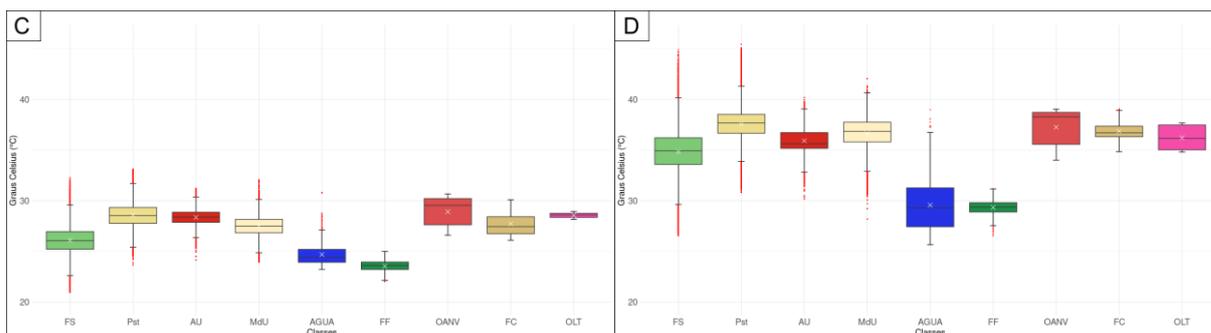
Fonte: Elaboração própria (2024).

A partir dos mapas é possível constatar a elevação das temperaturas superficiais, quando comparados os períodos chuvosos de 2013 (Figura 4C) e de 2018 (Figura 4D) aos períodos secos desses mesmos anos (Figura 4G e Figura 4H), fato que se deve à perda natural da folhagem da vegetação de Caatinga durante a estiagem, modificando a resposta ao NDVI quando comparados os mesmos períodos secos (Figura 4E e Figura 4F) aos chuvosos (Figura 4I e Figura 4J).

Os gráficos do tipo *boxplot*, representados na Figura 5, comparam a variabilidade das temperaturas, por classe identificada pelo MapBiomas, entre os mesmos períodos de chuva e de estiagem para os anos 2013 e 2018. Salienta-se que, da esquerda para a direita, as classes aparecem, em todos os gráficos, na ordem crescente de área ocupada em Cajazeiras-PB.

Figura 5: Gráficos *boxplot* demonstrando a variabilidade de TST das classes de uso e cobertura do solo identificadas pelo MapBiomas em Cajazeiras-PB, para o período chuvoso (A) e seco (B) do ano de 2013 e para o período chuvoso (C) e seco (D) do ano de 2018.





Fonte: Elaboração própria (2024).

Os *boxplots* revelam que as classes que se apresentaram dentro das menores faixas de temperaturas foram “Formação Savânica - FS”, “Rio, Lago e Oceano - AGUA” e “Formação Florestal - FF”, ao passo que as demais classes se mantiveram com as faixas de temperaturas mais altas, sobretudo as zonas antropizadas mais expressivas como “Pastagem - Pst”, “Área Urbanizada - AU” e “Mosaico de Usos - MdU”, cujas áreas, somadas, recobrem algo em torno de 24% da superfície municipal de Cajazeiras.

Ressalta-se que os valores discrepantes - *outliers* -, representados por pontos vermelhos nos gráficos, são explicados por questões como: pixels dos arquivos utilizados estarem localizados em áreas de limite entre duas ou mais classes, assim como pela altitude, exposição de vertentes, dentre outros fatores climáticos não discutidos aqui, mas que também exercem influência sobre clima e temperatura (ROMERO, 2020).

Os dados são coerentes com o estudo de Cruz *et al.* (2023), que, ao analisar a temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea e Cabralia Paulista, ambos Municípios pertencentes ao Estado de São Paulo, identificou que as áreas urbanas apresentaram elevados TSTs, em comparação com as áreas de vegetação natural ou com aquelas reflorestadas, mas ainda em desenvolvimento.

Outro trabalho, de autoria de Pavão *et al.* (2017), ao investigar o impacto em variáveis biofísicas da conversão da cobertura natural em pastagem e em área urbana no Município de Apuí-AM, observou que superfícies antropizadas - sendo, na pesquisa em questão, identificadas como as zonas urbanas e áreas dedicadas a atividade agropecuária - apresentaram maiores temperaturas do que as áreas com vegetação natural, indicando, ainda, que a TST da “área urbana” superou os valores encontrados na classe “pastagem”, as quais foram superiores a “área de floresta”.

Chama-se atenção para o fato de que, em Cajazeiras-PB, nos períodos de estiagem, embora todas as classes apresentem elevações em suas faixas de temperaturas, mas mantendo certo

padrão análogo ao período chuvoso, das áreas naturais com valores abaixo das áreas antropizadas, há a particularidade que de nessas últimas, nos períodos secos, “Pastagem - Pst” e “Mosaico de Usos - MdU” superaram os registros da classe “Área Urbanizada - AU”.

Provavelmente isso ocorreu porque, consoante Cruz *et al.* (2023), locais de pós-colheita - que provocam maior exposição do solo -, com plantio mais recente, ou recobertos por pastagens, tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, superiores até mesmo do que os valores identificados em algumas áreas urbanas.

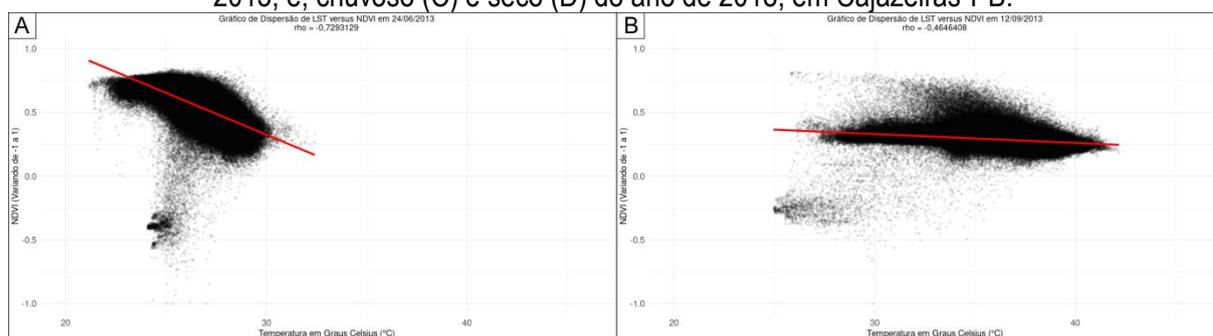
Outra análise foi feita a partir da aplicação do Coeficiente de Correlação de Spearman - ρ (SPEARMAN, 1904), entre o TST e o NDVI, para os períodos chuvosos e secos das imagens dos anos de 2013 e 2018. O Quadro 4 mostra os resultados obtidos enquanto a Figura 6 ilustra, por meio de gráficos de dispersão, o comportamento dos dados.

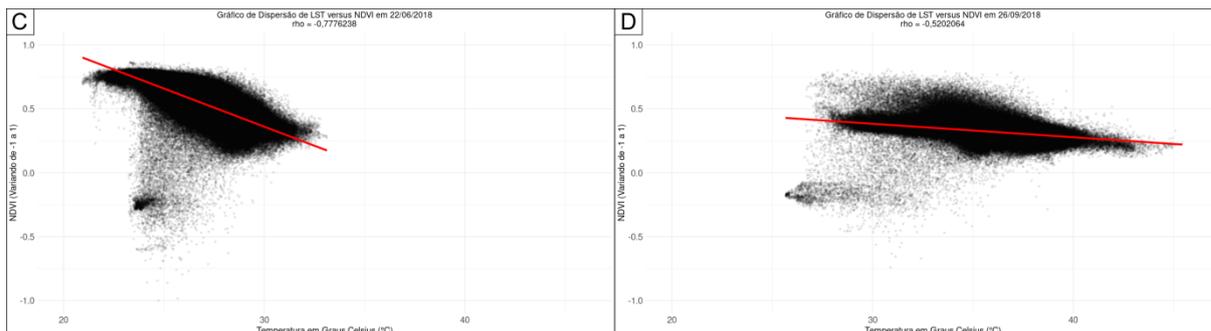
Quadro 4: Resultados dos testes do Coeficiente de Correlação de Spearman - ρ entre TST e NDVI, para os períodos chuvosos e secos dos anos de 2013 e 2018, em Cajazeiras-PB.

DATA	PERÍODO	CORRELAÇÃO ρ	P-VALUE
24/06/2013	Chuvoso	- 0,7293129	< 0,05
12/09/2013	Seco	- 0,4646408	< 0,05
22/06/2018	Chuvoso	- 0,7776238	< 0,05
26/09/2018	Seco	- 0,5202064	< 0,05

Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 6: Gráficos de dispersão entre TST e NDVI, para os períodos: chuvoso (A) e seco (B) do ano de 2013; e, chuvoso (C) e seco (D) do ano de 2018, em Cajazeiras-PB.





Fonte: Elaboração própria (2024).

Como já explicado, o NDVI é um indicador relacionado ao estado fenológico da vegetação (MARTINS *et al.*, 2022), dessa maneira, quanto mais próximo de 1, melhor é a condição do dossel da área. Por isso, nos períodos chuvosos (Figura 6A e Figura 6C), houve uma maior quantidade de amostras chegando perto do valor de referência 1, do que nos períodos secos (Figura 6B e Figura 6D), quando a vegetação de Caatinga perde folhagem.

Além disso, os resultados dos valores de NDVI *versus* TST, quando submetidos à correlação ρ , demonstraram uma correlação inversa, isto é, quanto maior a resposta ao NDVI, menor tende a ser as temperaturas da superfície e, embora ocorra uma redução do citado coeficiente, quando comparados os períodos secos aos chuvosos (Quadro 4), em ambos os casos há significância estatística ao nível definido, o que indica que, mesmo nos momentos de estiagem e perda de dossel, a vegetação de Caatinga auxilia na amenização das temperaturas.

Tal situação é especialmente importante em Municípios como Cajazeiras-PB, em que a área urbana representa uma pequena parcela do território, indicando que é a vegetação que exerce forte influência sobre as suas temperaturas, como demonstra o trabalho de Maffioletti *et al.* (2021). Por fim, destaca-se que no NDVI, valores abaixo de 0 representam a ocorrência de corpos hídricos.

Isso ocorre porque a água absorve tanto a energia captada pela banda do vermelho quanto a do infravermelho próximo, no âmbito do espectro eletromagnético, o que gera valores inversos aos da vegetação. Ademais, uma das características desse elemento é o seu alto calor específico o que demanda bastante energia para mudar o seu estado físico e acaba por absorver bem o calor, amenizando as temperaturas.

Ou seja, a presença de corpos hídricos, como é o caso do “Açude Grande”, que está posicionado no interior da zona urbana de Cajazeiras, proporcionam menores temperaturas, tanto da superfície - como se depreende da pesquisa de Martins *et al.* (2022) -, quanto do ar - conforme conclui o trabalho de Saraiva e Caracristi (2022).

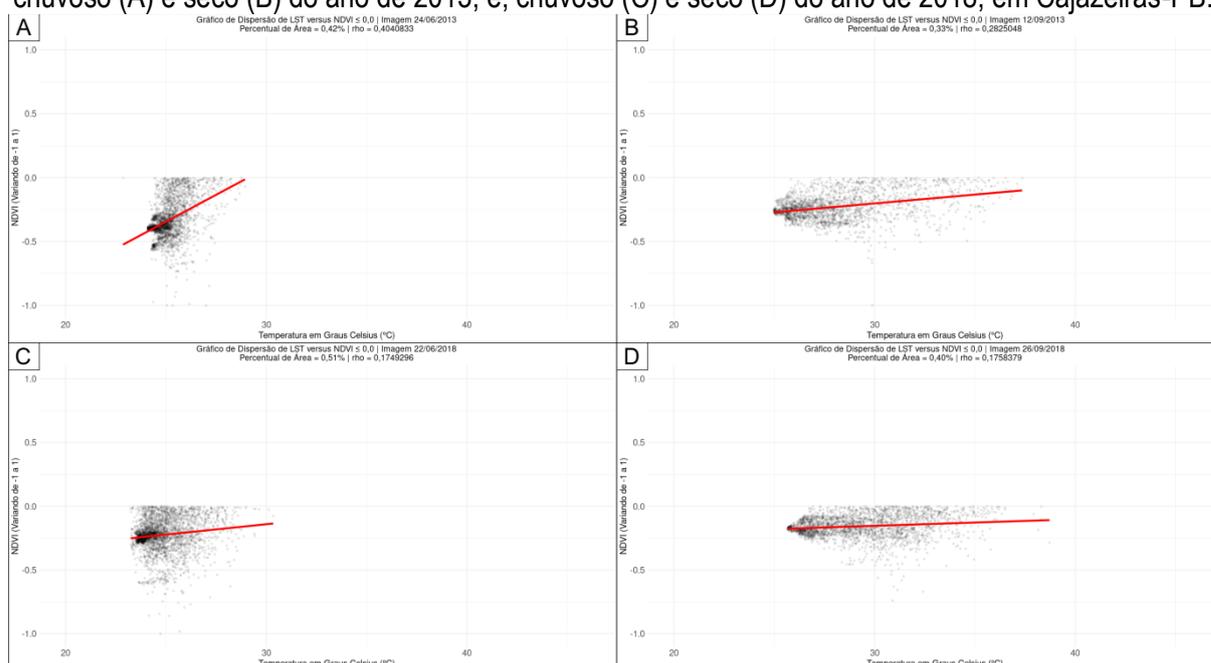
A água em Cajazeiras-PB representa, aproximadamente, 0,5% da sua superfície e quando se realiza a correlação ρ entre esse elemento e somente os valores de NDVI iguais ou menores do que 0 gera-se um coeficiente positivo, conforme sumariza o Quadro 5 e ilustra os gráfico de dispersão da Figura 7.

Quadro 5: Resultados dos testes do Coeficiente de Correlação de Spearman - ρ entre TST e valores de NDVI em áreas iguais ou abaixo de 0, para os períodos chuvosos e secos dos anos de 2013 e 2018, em Cajazeiras-PB.

DATA	PERÍODO	CORRELAÇÃO ρ	P-VALUE
24/06/2013	Chuvoso	0,4040833	< 0,05
12/09/2013	Seco	0,2825048	< 0,05
22/06/2018	Chuvoso	0,1749296	< 0,05
26/09/2018	Seco	0,1758379	< 0,05

Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 7: Gráficos de dispersão entre TST e NDVI em áreas iguais ou abaixo de 0, para os períodos: chuvoso (A) e seco (B) do ano de 2013; e, chuvoso (C) e seco (D) do ano de 2018, em Cajazeiras-PB.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Assim, os dados indicam que tanto a existência de água, bem como a presença cobertura vegetal na superfície, tem potencial ação de regulação térmica. No caso específico de Cajazeiras, zona de formação da vegetação de Caatinga, dada a expressividade da ocupação territorial pelas áreas verdes naturais, identificadas como “Formação Savânica - FS”, “Formação Florestal - FF” e “Formação

Campestre - FC”, são estas as que mais influenciaram no conjunto de dados observados, principalmente a primeira - FS - que, sozinha, representa pouco mais de 75% da área do Município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do quadro das mudanças climáticas, os dados de temperatura são extremamente importantes para entender e mitigar os impactos ambientais impulsionados pelas mudanças de uso e cobertura do solo.

Assim, o presente estudo evidenciou o papel crucial das formações vegetais naturais, nomeadamente “Formação Savânica - FS”, “Formação Florestal - FF” e “Formação Campestre – FC”, na regulação da Temperatura Superficial Terrestre - TST, em áreas de ocorrência de Caatinga.

Os resultados demonstraram que cada tipo de cobertura possui uma influência distinta na TST, contribuindo de forma diferenciada para a condição térmica local.

Em especial, observou-se que áreas verdes naturais ou com a presença de água apresentam maior capacidade de atenuação da temperatura superficial, enquanto as áreas antropizadas agem de forma oposta, contribuindo com a elevação das temperaturas.

Esses achados ressaltam a importância da preservação das formações vegetais como estratégia natural de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, além de apoiar a formulação de políticas públicas voltadas para a conservação ambiental e o manejo sustentável da Caatinga.

Conclui-se, portanto, que a manutenção das formações vegetais naturais representa uma ferramenta essencial na adaptação às mudanças climáticas e no equilíbrio térmico do bioma, reforçando a necessidade de esforços contínuos para sua conservação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), assim como, pelas prolíficas discussões científicas e aprendizados empreendidos durante a construção do presente trabalho, manifestam sua gratidão aos seguintes Grupos de Estudos e Pesquisas: GEOFISA/UFPB; GEOAMB/IFPB; e LEMGE/UFCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Depressões periféricas e depressões semiáridas no nordeste do Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. l.], n. 22, p. 3-18, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1302>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- AB'SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. 1971, **Anais**. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 1971. Disponível em: https://biblio.ffch.usp.br/AbSaber_AN_1533154_AOrganizacaoNaturalDasPaisagens.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.
- AMORIM, M. C. de C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. Curitiba-PR: Editora Appris, 2021.
- BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivai-PR**. 2006. 153 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/fc08322a-2f19-46b3-81f5-8a556f3e4beb>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília-DF: Planalto, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 2 nov. 2024.
- BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília- DF, p. 1-8, seção 1. 28 de maio de 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- CAJAZEIRAS-PB. **O Município**: Dados do Município. Site oficial da Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, [s.d.]. Disponível em: <https://cajazeiras.pb.gov.br/omunicipio.php>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- CRUZ, G. C. F. da; SANTOS, J. da S. V. dos; MORESCO, F. A.; KUBASKI, K. M. A temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea-SP e Cabralia Paulista-SP. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1833-1850, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-125>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56156>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- CRUZ, G. C. F. da; SANTOS, J. da S. V. dos; MORESCO, F. A.; KUBASKI, K. M. A temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea-SP e Cabralia Paulista-SP. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1833-1850, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-125>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56156>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Informações Ambientais**: BDIA, [s.d.]. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **REGIC - Regiões de Influência das Cidades**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **TopoData**: Banco de dados geomorfológicos do Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- MAFFIOLETTI, F. D.; RAMALHO, A. H. C.; PAES, J. B.; FIEDLER, N. C. Influência da cobertura vegetal na temperatura da superfície em cidade pouco urbanizada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 17, n. 3, p. 161-168, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v17i3.1311>. Disponível em: <https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/1311/>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- MANOEL, R. L. **Sensoriamento remoto aplicado na análise temporal da relação uso da terra/temperatura e albedo de superfície na bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais**. Uberlândia, MG. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Uberlândia, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16134>. Acesso em: 2 nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-125>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56156>. Acesso em: 2 nov. 2024.

- MARTINS, M. I. B.; SOUZA, J. V. R. de; AIRES, T. L. B. A. SOUZA JÚNIOR, T. G. de; RODRIGUES, J. F. dos S. Ilhas de calor urbanas superficiais em Cajazeiras-PB. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 92-110, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG238960200>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60200>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- MELO, J. de O.; DANTAS-MEDEIROS, R.; MOREIRA, L. G. L.; GIORDANI, R. B.; ZUCOLOTTI, S. M. A Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro. **Ciência e Cultura**, v. 75, n. 4, p. 01-09, São Paulo, SP, Out./Dez., 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.5935/2317-6660.20230048>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252023000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 2 nov. 2024.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 208 p. 2009.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. Tese (Livre Docência em Geografia) FFLCH/ USP, São Paulo, 1975.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. Porto Alegre-RS: Sulina, 120 p., 2005.
- MORIN, E. **O método: 1. A natureza da natureza**. Tradução Maria Gabriela de Bragança. Portugal: Publicações Europa-América, LDA. 2ª ed., 363 p., 1977.
- NUNES, G. M.; DRESCHER, R.; TYSZKA, D. Sensoriamento remoto na análise e caracterização de recursos florestais em ecossistemas tropicais. **Multitemas**, [S. l.], n. 39, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20435/multi.v0i39.358>. Disponível em: <https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/358>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- OLIVEIRA, V. G. de; SILVA, M. T.; SANTOS, C. A. C. dos; SERRÃO, E. A. de O.; SILVA, B. K. da N.; SANTOS, M. R. da S.; CORRÊA, I. C. P. Variabilidade temporal da cobertura das terras nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 1, p. 125-136, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863610011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/B86NyfGYzQwLjXHyx7CXCvR/#>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- PAVÃO, V. M.; NASSARDEN, D. C. S.; PAVÃO, L. L.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da conversão da cobertura natural em pastagem e área urbana sobre variáveis biofísicas no sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 343-351, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863230002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/K386zvC79vGrcLgqgBvGqPf/?lang=pt>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. de F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 3, n. 9, p. 1243-1255, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2576>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- QGIS, **General Public License (GNU)**, Free Software Foundation, Inc., v. 3.10.14, A Coruña, 2021. Disponível em: <https://download.qgis.org/downloads/>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- R Development Core Team, **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- ROLIM, E. S. **Patrimônio Arquitetônico de Cajazeiras-PB: memória, políticas públicas e educação patrimonial**. João Pessoa, PB, 2010. 145 f.: il. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes - CCHLA, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6038>. Acesso em: 2 nov. 2024.
- ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 3ª ed., 2ª reimp., 128p., 2020.
- RUFINO, I. A. A.; SILVA, S. T. da. Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: uma abordagem metodológica. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, Curitiba-PR, v. 23, n. 1, p. 166 - 181, jan - mar, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100011>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702017000100166&lang=pt. Acesso em: 2 nov. 2024.
- SARAIVA, J. R.; CARACRISTI, I. Análise do clima urbano de Cajazeiras-PB. *Revista Territorium Terram*, [S. l.], v. 5, n. 7, 2022. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5203. Acesso em: 2 nov. 2024.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, pp. 591-611, Dec., 1965. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2333709>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SOUZA JÚNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735, p. 1-27, 25 August 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; ROQUE, R. de L. Análise da Associação dos Registros de Temperaturas em Estações do INMET, para Realização de Estimativas Locais Utilizando Técnicas Geoespacializadas. *In*: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 2436-2447, 2024. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; SILVA, L. H. de S.; ANDRADE, J. V. R. de; FERNANDES, B. J. T. Associação Entre Uso e Ocupação Do Solo e as Temperaturas do Ar: Uma Análise do Período 1990-2020 da Região Geográfica Intermediária de Sousa - Cajazeiras, Estado Da Paraíba. *In*: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 911-932, 2024. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; PAULA FILHO, F. J. de; MENEZES, J. M. C.; SILVA NETO, B. Inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano utilizando o sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 3138-3155, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3138-3355>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/247536>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de. **Açude Grande de Cajazeiras-PB**: uma análise das suas águas e dos seus usos. Crato-CE, 2020. 164 f.: il. color. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Cariri, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, 2020. Disponível em: <http://deposita.ibict.br/handle/deposita/175>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, pp. 72-101, Jan., 1904. DOI: <https://doi.org/10.2307/1412159>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1412159>. Acesso em: 2 nov. 2024.

THE DOCUMENT FOUNDATION. **OpenOffice.org**. 2019. Disponível em: <http://pt-br.www.libreoffice.org/>. Acesso em: 2 nov. 2024.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Explorer**. [s.d.]. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 2 nov. 2024.