



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS V - JOÃO PESSOA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS - CCBSA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

AMANDA ALVES GALDINO

**MUDANÇA NO USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO
AUMENTO DAS TEMPERATURAS NO CARIRI PARAIBANO: UMA ANÁLISE DE
40 ANOS**

JOÃO PESSOA - PB

2024

AMANDA ALVES GALDINO

**MUDANÇA NO USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO
AUMENTO DAS TEMPERATURAS NO CARIRI PARAIBANO: UMA ANÁLISE DE
40 ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Célia Cristina Clemente Machado.

JOÃO PESSOA - PB

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G149m Galdino, Amanda Alves.

Mudança no uso e cobertura da terra e suas implicações no aumento das temperaturas no cariri paraibano [manuscrito] : uma análise de 40 anos / Amanda Alves Galdino. - 2024.
62 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Célia Cristina Clemente Machado, Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA".

1. Cariri. 2. Caatinga. 3. Desertificação. 4. Uso da terra. I. Título

21. ed. CDD 551.1

AMANDA ALVES GALDINO

MUDANÇA NO USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO
AUMENTO DAS TEMPERATURAS NO CARIRI PARAIBANO: UMA ANÁLISE DE
40 ANOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de
Bacharela em Ciências Biológicas

Aprovada em: 21/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Cleber Ibraim Salimon** (***.493.788-**), em **03/12/2024 07:56:43** com chave **489aa470b16511ef8bf32618257239a1**.
- **Nyedja Fialho Morais Barbosa** (***.062.864-**), em **03/12/2024 09:49:40** com chave **0f910952b17511ef987f1a1c3150b54b**.
- **Célia Cristina Clemente Machado** (***.425.594-**), em **03/12/2024 11:16:37** com chave **3510bedcb18111efbf271a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 03/12/2024

Código de Autenticação: 59b8cc



Dedico este trabalho a Deus e à Virgem Maria, que sempre me guiaram. À minha família, especialmente à minha sobrinha Ana Laura e ao meu irmão João Gabriel, que me inspiram a ser sempre melhor. Aos meus pais, pelo amor incondicional, pela dedicação incansável, pelo apoio financeiro em cada etapa da minha caminhada e pela confiança que sempre me fortaleceu ao longo desses quatro anos de jornada. A vocês, dedico com todo o meu carinho e gratidão.

*"O Senhor Deus tomou o homem e o colocou no jardim do Éden para o cultivar e guardar."
(Gênesis 2:15)*

"A criação, confiada por Deus ao homem, exige cuidado e respeito. Cada intervenção no meio ambiente nos convoca a repensar nosso papel de guardiões e restauradores da Terra."

(PAPA FRANCISCO, Laudato Si', 2015)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Localização das microrregiões do Cariri Paraibano e classificação do clima por alvares.....	15
Figura 2 -	Uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2023	22
Figura 3 -	Mudanças nos efetivos de caprinos, ovinos e bovinos, dados do SIDRA entre 1990 e 2022 nas microrregiões do Cariri ParaibanoMudanças.....	25
Figura 4 -	Mudanças nas áreas de lavouras permanentes e temporárias, dados do SIDRA entre 1990 e 2022 nas microrregiões do Cariri Paraibano.....	25
Figura 5 -	Regressões Lineares entre a temperatura da superfície (TS - variável resposta) e as variáveis preditoras efetivos de caprinos (CAP - a esquerda) e a área de pastagens (PAST - a direita)	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGRI	Agricultura
ARB	Vegetação Arbustiva Herbácea
BOV	Bovinos
CAP	Caprinos
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CRU Ts4.0	Climate Research Time-Series, versão 4.0
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IQR	Amplitude Interquartil
JRA-55	Japanese 55-year Reanalysis
LAVPERM	Lavouras Permanentes
LAVTEMP	Lavouras Temporárias
MOS	Mosaico de Uso
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NDWI	Índice de Umidade
OVI	Ovinos
PAM	Pesquisa de Produção Agrícola Municipal
PAST	Pastagem
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
PREC	Precipitação
RAD	Relatório Anual de Desmatamento
SAV	Formação Savânica
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
TMAX	Temperatura Máxima
TS	Temperatura da Superfície
UCT	Uso e Cobertura da terra
WorldClim	Global Climate Data

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1	Área de estudo	14
2.2	Dados de reflectância e emitância da superfície	17
2.3	Dados climáticos	18
2.4	Dados do Mapbiomas.....	18
2.5	Dados do SIDRA	19
2.6	Análise estatística	20
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1	Mudanças ao longo do tempo.....	21
3.2	Variáveis que contribuem para o aumento da temperatura da superfície .	26
3.3	Importância da adoção de políticas públicas para região do Cariri Paraibano.....	31
4	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIA	33
	ANEXO A – RESULTADOS DO TESTE DE MANN-KENDALL.....	48
	Resultados do Teste de Mann-Kendall para Diferentes Variáveis Ambientais e Econômicas.....	53
	ANEXO B – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE AS VARIÁVEIS TS, NDVI E NDWI CONSIDERANDO A VARIABILIDADE SAZONAL ENTRE 1984 E 2023.....	54
	ANEXO C – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE AS VÁRIAVEIS TS, NDVI E NDWI ENTRE 1984 E 2023 NO MÊS DE OUTUBRO	55
	ANEXO D – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN E PEARSON ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS	56
	ANEXO E – RESULTADOS DE REGRESSÕES LINEARES E AVERIGUAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS	57

MUDANÇA NO USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO AUMENTO DAS TEMPERATURAS NO CARIRI PARAIBANO: UMA ANÁLISE DE 40 ANOS

LAND USE AND COVER CHANGE AND ITS IMPLICATIONS FOR TEMPERATURE INCREASE IN CARIRI PARAIBANO: A 40-YEAR ANALYSIS

Amanda Alves Galdino*

RESUMO

Mudanças no uso e cobertura da terra no Cariri Paraibano intensificam-se desde o período colonial. A exploração intensiva dos recursos naturais, principalmente para atividades agropecuárias, acelera a degradação ambiental nesta região, considerada uma área semiárida com os menores registros de precipitação do Brasil. O objetivo desta pesquisa é investigar as mudanças no uso e cobertura da terra (UCT), bem como nas condições climáticas, do Cariri Paraibano e analisar seus efeitos sobre a temperatura da superfície. Para alcançar esse objetivo, utilizaram-se dados de refletância e emitância da superfície da série Landsat (1984-2023), obtidos do ClimateEngine.org, além de dados climáticos do TerraClimate e dados de UCT do MapBiomas e SIDRA. Aplicou-se o teste de Mann-Kendall para identificar tendências temporais no UCT, na quantidade de biomassa verde, na umidade, temperatura da superfície, temperatura do ar e precipitação. Também foram calculadas correlações lineares e regressões para medir a força e a direção da relação e a influência que as mudanças na vegetação, umidade e uso da terra exercem sobre a temperatura da superfície. Observou-se um aumento significativo da área de pastagem, substituindo principalmente a área de vegetação natural savânica e o mosaico de usos. Lavouras temporárias e permanentes também diminuíram significativamente. Também foi percebido que essa substituição ocorreu para o estabelecimento de rebanhos de caprinos e ovinos, após verificação do aumento significativo na criação desses animais e a sua forte correlação negativa com a formação savânica. Em resultado dessas mudanças, observou-se o aumento expressivo da temperatura da superfície. A variação deste mostrou-se significativamente correlacionada com as mudanças no UCT, principalmente com o aumento da pastagem e diminuição do mosaico de usos, e com o aumento da caprinocultura. As regressões lineares revelaram que a área de pastagem explica aproximadamente 50% da variabilidade da temperatura da superfície, enquanto o crescimento do rebanho de caprinos explica 28%. Em conclusão esses resultados reforçam que o desmatamento e o uso intensivo das terras na região são fatores críticos para o aquecimento da superfície e para a vulnerabilidade ambiental do Cariri paraibano, exacerbando os riscos de desertificação e perda de biodiversidade local.

Palavras-Chave: Cariri; Caatinga, Desertificação; Uso da terra.

* Aluna do Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado CCBSA/UEPB

ABSTRACT

Changes in land use and land cover in Cariri Paraibano have intensified since the colonial period. Intensive exploitation of natural resources, mainly for agricultural activities, accelerates environmental degradation in this region, which is considered a semi-arid area with the lowest precipitation records in Brazil. The objective of this research is to investigate changes in land use and cover (LUC), as well as climatic conditions in Cariri Paraibano, and to analyze their effects on surface temperature. To achieve this objective, reflectance and surface emissivity data from the Landsat series (1984-2023), obtained from ClimateEngine.org, were used, along with climatic data from TerraClimate and LUC data from MapBiomas and SIDRA. The Mann-Kendall test was applied to identify temporal trends in LUC, green biomass amount, moisture, surface temperature, air temperature, and precipitation. Linear correlations and regressions were also calculated to measure the strength and direction of the relationship and the influence of changes in vegetation, moisture, and land use on surface temperature. A significant increase in pasture area was observed, mainly replacing natural savanna vegetation and land use mosaic. Temporary and permanent crops also decreased significantly. It was noted that this substitution occurred for the establishment of goat and sheep herds, after verifying the significant increase in the rearing of these animals and their strong negative correlation with savanna formation. As a result of these changes, a significant increase in surface temperature was observed. This variation was significantly correlated with changes in LUC, mainly with the increase in pasture and decrease in the land use mosaic, and with the increase in goat farming. Linear regressions revealed that the pasture area accounts for approximately 50% of the variability in surface temperature, while the growth of the goat herd explains 28%. In conclusion, these results reinforce that deforestation and intensive land use in the region are critical factors for surface warming and environmental vulnerability in Cariri Paraibano, exacerbating the risks of desertification and loss of local biodiversity.

Keywords: Cariri; Caatinga; Desertification; Land use.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm gerado desafios consideráveis nas esferas econômica, social, ambiental, política e da saúde pública ao longo dos séculos XX e XXI. O aumento das emissões de gases de efeito de estufa, juntamente com eventos como inundações, padrões irregulares de precipitação e a elevação do nível do mar, torna cada vez mais difícil prever com precisão os impactos futuros dessas transformações no meio ambiente (Barbieri, Ferreira e Barbi, 2018; Pereira e Nascimento, 2020, Salvador *et al.*, 2024). Esse contexto de irregularidade climática é particularmente preocupante face à sociedade contemporânea em crescimento, amplamente dependente de um sistema fundiário estável e eficiente para garantir a produção de alimentos e

do acesso a recursos naturais essenciais, como água, madeira, minerais e combustíveis (Lautenbach *et al.*, 2011).

Ao mesmo tempo, as alterações no uso e cobertura da terra (UCT) impulsionadas por atividades humanas nas últimas décadas têm transformado aceleradamente a composição e a estrutura dos ecossistemas (Defries, Foley e Asner, 2004), resultando em sua degradação e representando uma ameaça crescente ao equilíbrio dos sistemas terrestre, atmosférico e oceânico, colocando em risco a biodiversidade global e o bem-estar da humanidade (Souza Junior *et al.*, 2020).

A degradação ambiental exerce uma pressão crescente sobre os biomas, especialmente em regiões semiáridas. A combinação de práticas humanas insustentáveis, como o desmatamento e a conversão de áreas naturais para agricultura e pecuária, com os efeitos das mudanças climáticas - incluindo o aumento das temperaturas e a alteração dos regimes de precipitação - acelera esse processo, agravando a vulnerabilidade de ecossistemas semiáridos, como a Caatinga (Accioly *et al.*, 2019; Angelotti e Hamada, 2022; Campos, 2024).

Um estudo recente do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) revelou, pela primeira vez, a presença de uma região árida no Brasil, na Caatinga do norte do estado da Bahia, uma área de aproximadamente 5.700 km². A pesquisa analisou dados climatológicos entre 1960 e 2020, em intervalos de 30 anos, para observar tendências de longo prazo, já que variações anuais de precipitação podem mascarar essas mudanças. Nesta região, temos o clima semiárido, porém ao longo dos 30 anos, devido ao desmatamento, sobretudo na Caatinga, com produção de lenha, a pecuária extensiva, etc, colaborou para a redução da evapotranspiração, reduzir a infiltração da água e aumentar a aridez local da região, ocorrendo a mudança de clima semiárido pra árido. O clima árido ocorre quando o índice de aridez, a precipitação sob a evapotranspiração, vai ser entre 0,05 e 0,02, adquirindo o clima árido, conhecido como o processo de desertificação, que é diferente do clima do Bioma Deserto, onde o clima é hiperárido, com índices menores de 0,05. Logo, os resultados mostraram um aumento na aridez e uma expansão do semiárido de 75 mil km² por década, em média (Brasil, 2023).

No Brasil, existem seis ecorregiões distintas: Amazônia, Pantanal, Cerrado, Pampas, Mata Atlântica e a Caatinga, sendo este último, o maior núcleo de Floresta Tropical sazonalmente seca na região Neotropical (Queiroz *et al.*, 2017; Souza Junior

et al., 2020). A Caatinga, um dos maiores e mais distintos ecossistemas fitogeográficos do país (Pernas *et al.*, 2021), está situada no semiárido brasileiro e enfrenta grandes desafios devido a práticas humanas insustentáveis e fatores naturais, como baixa pluviosidade, altas taxas de evaporação e solos frágeis, o que a torna suscetível à desertificação (Araújo *et al.*, 2024).

Com uma área de 862.818 km², a Caatinga representa cerca de 11% do território nacional (IBGE, 2019) e faz fronteira com a Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado (MMA, 2011). Predominantemente presente na região Nordeste, ocupa cerca de 70% da área total dessa região (Drumond, Kiill e Nascimento, 2002; Boff, 2018) e se estende pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (Brasil, 2012). Apesar de sua aparência seca, a Caatinga abriga uma surpreendente variedade de espécies adaptadas às condições áridas e desafiadoras da região (Marengo *et al.*, 2022). No entanto, é frequentemente subestimada em comparação com províncias biogeográficas mais conhecidas, como a Amazônia e o Cerrado, o que leva à negligência em relação ao seu valor ecológico, à falta de investimentos em pesquisas e à ausência de iniciativas eficazes para sua conservação (Andrade-Lima, 1981; Silva, 2007; Oliveira, 2024).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (MMA), em 2022, apenas 9,16% da Caatinga estava protegida por Unidades de Conservação (UCs) (Brasil, 2024). Segundo Tabarelli *et al.* (2018) a ausência de conhecimento sobre o ecossistema, até mesmo do ponto de vista científico, contribui para a baixa prioridade dada à conservação da Caatinga. Concorde-se, portanto, com a observação feita por Giulietti *et al.* (2004), de que a Caatinga é talvez o ecossistema mais negligenciado e desconhecido entre os encontrados no Brasil, frequentemente visto como um ambiente de baixa biodiversidade. Em contraste, esse ecossistema possui grande biodiversidade, abrigando uma grande riqueza de espécies endêmicas e altas taxas de endemismo, em relação a flora apresenta 3.347 espécies registradas, das quais 526 são endêmicas, representando uma taxa de endemismo significativa. A região possui uma razão de diversidade por área de $4,0 \times 10^{-3}$ espécies/km², quase o dobro das florestas tropicais da Amazônia ($2,5 \times 10^{-3}$ espécies/km²). Além de muitas das espécies da Caatinga são compartilhadas com outras ecorregiões tropicais, refletindo zonas de transição com savanas e florestas tropicais vizinhas, o que destaca ainda

mais a complexidade e importância ecológica (Leal *et al.*, 2005; Fernandes, Cardoso e Queiroz, 2019).

Apesar de sua importância socioeconômica e ambiental, a Caatinga enfrenta grandes desafios. O aumento do desmatamento e a conversão de áreas florestais para outros usos tem ampliado a vulnerabilidade do solo e acelerado a perda de produtividade desse ecossistema (Beuchle *et al.*, 2015; Dubovyk, 2017). A remoção da vegetação reduz a proteção natural do solo, tornando-o mais suscetível à erosão, o que compromete sua capacidade produtiva e intensifica os processos de desertificação, criando um problema particularmente grave (Buraka *et al.*, 2022). Segundo o Projeto MapBiomas (2023), a Caatinga é o terceiro bioma brasileiro com as maiores áreas desmatadas, atrás apenas da Amazônia e o Cerrado, tendo perdido cerca de metade de sua cobertura original, principalmente devido à expansão da agricultura extensiva e da pecuária (Antongiovanni *et al.*, 2020).

Se mirarmos para o futuro, com base nas considerações do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC (2013), até 2100, a Caatinga pode experimentar um aumento de temperatura entre 3,5°C e 4,5°C, além de uma redução de 40% a 50% das chuvas, intensificando o processo de desertificação (PBMC, 2013; Demartelaere *et al.*, 2021)). Esse cenário é agravado pelo desmatamento contínuo, o que torna a região ainda mais vulnerável às mudanças climáticas e à escassez de água (Moura & Silva, 2021).

Na Paraíba, a Caatinga domina mais de 80% da vegetação do estado e está presente em 177 dos 223 municípios (Marinho, 2015; Costa, 2021; Lima, 2024). O Sertão dos Cariris Velhos, conhecido como Cariri paraibano, possui um clima semiárido, marcado por baixos índices pluviométricos. Um dos fatores que contribui para essa condição, é a topografia da região: localizada no Planalto da Borborema, essa formação impede o fluxo de umidade, reduzindo as precipitações e resultando em períodos de seca que podem durar até 11 meses em condições normais, tornando o Cariri uma das áreas mais áridas do Brasil (Alves, 2009; Buriti e Barbosa, 2018).

Na região, práticas humanas, disponibilidade limitada de água e o grau de degradação das terras têm exacerbado a semiaridez. Com o aumento das temperaturas, a evaporação da água ocorre de forma mais rápida, ampliando o risco de secas prolongadas e intensificando a vulnerabilidade ao processo de desertificação (Buriti e Barbosa, 2018; Guilherme, 2020; Buriti e Barbosa, 2021; Gomes, 2022; Barbosa, 2023). O aquecimento global, avançando mais rapidamente do que as previsões

iniciais, torna a região ainda mais suscetível a condições climáticas extremas, afetando tanto os recursos naturais quanto a vida das comunidades locais (Olsson et al., 2019; Milhomens, 2022).

A economia do Cariri paraibano é fortemente baseada em atividades agropecuárias, com destaque para a criação de caprinos e, em menor escala, bovinos. Essas práticas são favorecidas pelas condições locais, mas geram uma pressão significativa sobre a terra, impactando negativamente o ecossistema da região. O desmatamento, as queimadas e a conversão de áreas nativas em pastagens, bem como a extração de madeira, são atividades comuns e economicamente viáveis, mas que aceleram a degradação ambiental. Essas ações contribuem para o agravamento das condições climáticas de uma área que já enfrenta desafios devido à sua localização geográfica ligada a características naturais da região, o clima semiárido, a topografia e os recursos hídricos limitados (Alves, 2009; Barbieri, Ferreira e Barbi, 2018; Barbosa, 2020; Demartelaere et al., 2021; Araujo et al., 2024; Campos, 2024).

Um mapeamento realizado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites - LÁPIS demonstrou que a aridez já afeta uma parte significativa da Paraíba (Barbosa, 2023). A intensificação da aridez, observada por meio de séries históricas de dados, está principalmente ligada ao agravamento das secas e ao aquecimento global. Esses fenômenos, que indicam que a região pode estar se aproximando de condições climáticas desérticas, resultam diretamente no aumento das temperaturas e na prolongação dos períodos de estiagem. De acordo com a pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2024) a tendência global aponta que as regiões secas estão se tornando ainda mais áridas, enquanto as áreas úmidas enfrentam uma queda na umidade. Esse processo, é impulsionado pelo desmatamento contínuo e pelas alterações climáticas, que estão transformando o ambiente de maneira preocupante (Pivetta e Fontanetto, 2024).

Nesse contexto, é fundamental analisar as transformações recentes na cobertura vegetal da Caatinga e suas consequências para o equilíbrio ambiental da região. Esses estudos servirão como base para o desenvolvimento de estratégias de regeneração da vegetação, uma vez que o desmatamento tem um impacto direto na cobertura vegetal, a qual desempenha um papel essencial na manutenção ecológica do ecossistema. A vegetação influencia, por exemplo, o ciclo hídrico e os padrões de temperatura da superfície, tornando-se vital para a sustentabilidade do ecossistema.

Sousa (2015) destaca a importância de desenvolver técnicas de pesquisa que integrem informações sobre o estado dos recursos naturais, seus inter-relacionamentos e possíveis caminhos para intervenções eficazes, que promovam a recuperação e o aproveitamento sustentável das terras nessa região. Uma destas alternativas é uso de práticas sustentáveis, como o manejo técnico das áreas degradadas, que podem reverter as condições de risco ambiental (Moura & Silva, 2021). Sendo os processos de restauração florestal essenciais não apenas para preservar a Caatinga, mas também para combater a desertificação nas regiões afetadas (Demartelaere *et al.*, 2021;).

O objetivo desta pesquisa é investigar as mudanças no uso e cobertura da terra, bem como nas condições climáticas, no Cariri Paraibano, uma região semiárida que apresenta os menores índices de precipitação do Brasil, e analisar seus efeitos sobre a temperatura da superfície. Esse estudo é crucial para compreender as dinâmicas ambientais da Caatinga Paraibana, permitindo o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes para promover a regeneração das áreas degradadas e contribuir para a conservação dessa região.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Cariri Paraibano, também conhecido como "Cariris Velhos", é uma região localizada no centro-sul da Paraíba, no Planalto da Borborema (Figura 1). Divide-se em duas microrregiões: Cariri Ocidental e Cariri Oriental, abrangendo latitudes entre 07° e 08° 30' S e longitudes entre 36° e 37° 30' W (Agra et al., 2007). A região compreende 29 municípios, destacando-se Cabaceiras, Sumé, Monteiro e Boqueirão. Segundo o censo de 2022, a população é de 191.268 habitantes, com uma densidade demográfica de 16,36 hab/km² (IBGE, 2023). O Cariri está situado a cerca de 300 km da capital, João Pessoa (Souza; Suertegaray; Lima, 2009), e ocupa uma área de 11.689 km², correspondente a aproximadamente 20% da área total do Estado da Paraíba (Nascimento & Alves, 2008).

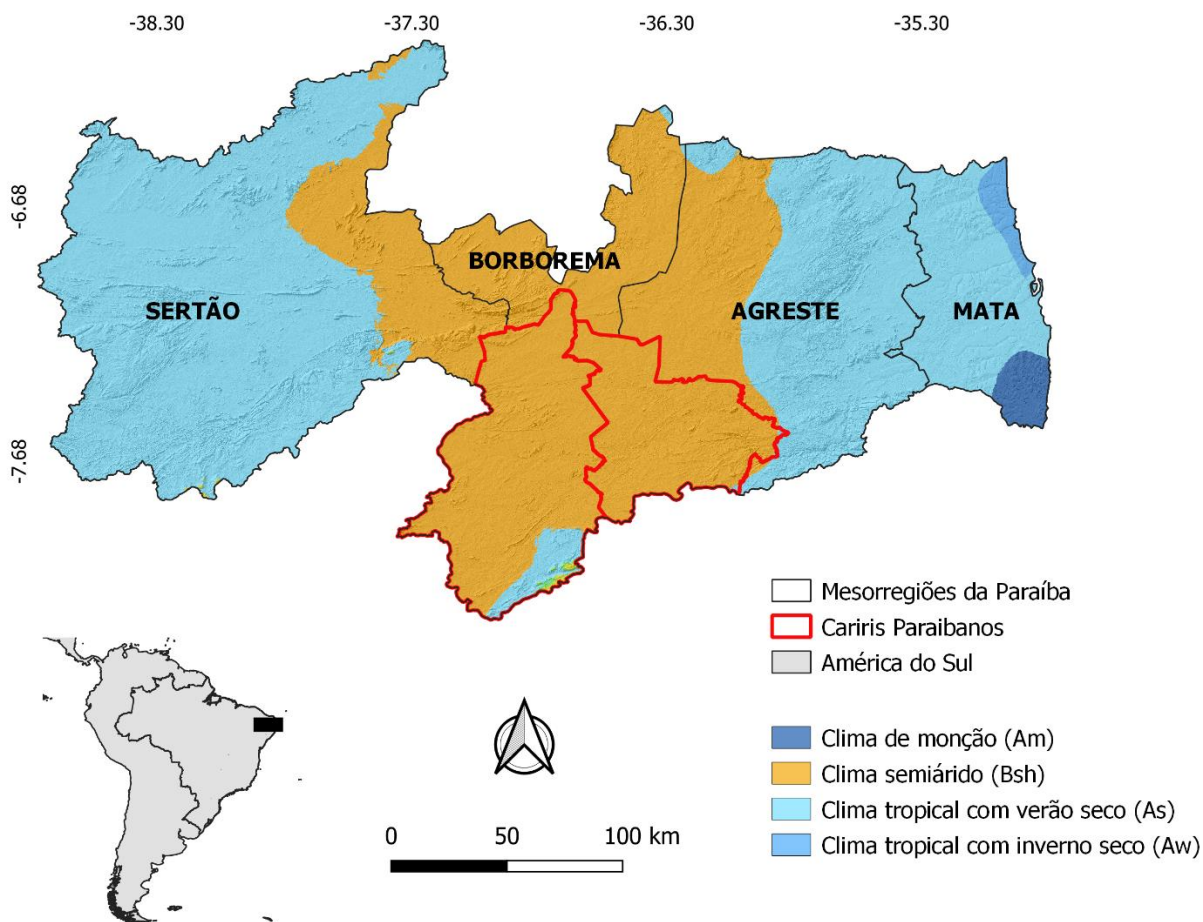


Figura 1. Localização das microrregiões do cariri paraibano (IBGE, 2022) e classificação do Clima por Alvares et al. (2013).

O relevo do Cariri Paraibano é classificado como residual, com elevações que se destacam em uma superfície aplainada, resultado de erosão diferenciada. Apesar de sua altitude superior a 300 metros, predominam áreas de pediplano irregulares na superfície do planalto da Borborema, que são ocasionalmente interrompidas por elevações residuais isoladas ou em alinhamentos (Nascimento e Alves, 2008; Diniz et al., 2020).

Inserido na região semiárida brasileira, o Cariri é caracterizado por um clima quente e seco, sendo uma das áreas mais secas do Brasil (Agra et al., 2007). Segundo a Classificação Climática de Köppen, a região é classificada como Bsh, semiárido quente (Alvares et al., 2013), além de ser considerada sub-desértica quente com tendência tropical (2b) de acordo com a classificação de Gausson (Vieira Leite et al., 2014). Os baixos índices pluviométricos, com precipitação anual inferior a 400 mm, são acompanhados por temperaturas médias anuais elevadas, que variam entre 25°C

e 27°C. A deficiência pluviométrica, é devida, em grande parte, à sua localização na face a sotavento do Planalto da Borborema. Esse fator evidencia a influência da distância do oceano e da morfologia do relevo na distribuição dos padrões climáticos locais (Molion e Bernardo, 2002; Nascimento e Alves, 2008; Azevedo e Farias, 2015).

A umidade relativa do ar gira em torno de 70%, com uma média de 2.800 horas de insolação anualmente. O índice de aridez oscila entre 0,14 (clima árido) e 0,22 (clima semiárido) (Nascimento e Alves, 2008; Vieira Leite et al., 2014; Maciel e Silva, 2021).

A vegetação predominante no Cariri Paraibano é a caatinga hiperxerófila, composta por plantas adaptadas a longos períodos de seca e características típicas de ambientes semiáridos. Entre as espécies comuns estão o xiquexique (*Pilosocereus gounellei*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), macambira (*Bromelia laciniosa*), baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), aroeira (*Schinus terebinthifolius*), angico (*Anadenanthera colubrina*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) (Diniz et al., 2020).

Esse tipo de caatinga é típico de regiões com elevada aridez edáfica, onde os solos compactos e pedregosos frequentemente apresentam afloramentos rochosos. Nesses locais, predominam solos rasos e pedregosos, resultando em formações vegetais mais esparsas e de menor porte (Alves, 2009; Diniz et al., 2020). A variação dos solos, que vai de rasos a Luvisolos mais profundos, reflete a expressão dos processos pedogenéticos (Sousa et al., 2008; Macedo et al., 2021).

Historicamente, até o século XVIII, o Cariri apresentava uma vasta cobertura vegetal. No entanto, a partir do século XIX até os anos 70, a vegetação nativa foi transformada, principalmente devido ao cultivo do algodão. A praga do bicudo (*Anthonomus grandis*) e a concorrência das fibras sintéticas no mercado global contribuíram para o abandono dessa cultura (Souza e Souza, 2016).

A economia do Cariri Paraibano, tanto nas microrregiões Ocidental quanto Oriental, é diversificada e marcada por atividades agrícolas, principalmente pecuária e, mais recentemente, por iniciativas voltadas ao turismo e à agroindústria. Mas o que predomina mesmo na região é a atividade de caprinocultura, justamente devido às características locais, tendo um clima semiárido, sendo mais propício para a atividade (Souza e Souza, 2016; Campos, 2024).

Assim, a região é marcada pelo uso exploratório da vegetação sucessional e pela criação extensiva de ruminantes. A pecuária é um pilar importante da economia

local, e o Cariri tem se beneficiado de programas como o Prodeter, que visa aumentar a produção de leite e fortalecer a economia dos municípios da região. O setor de laticínios, impulsionado pela produção de queijo, como o queijo coalho e caprino, é uma tradição local que não apenas preserva práticas culturais, mas também busca certificações para agregar valor aos produtos (Agro em dia, 2020; Tavares, 2021; Brasil, 2022; Araújo, 2023; Studio Rural, 2023).

Além disso, a Agenda Pacto Novo Cariri 2033, lançada pelo Sebrae/PB em 2023, visa fomentar o desenvolvimento econômico e social da região, destacando a importância do empreendedorismo e da inovação como pilares para a competitividade local (SEBRAE, 2023). Essa agenda é fruto de um processo colaborativo envolvendo representantes de diversos setores e busca consolidar as potencialidades da região, que inclui a caprinocultura e o turismo, como eixos centrais de sua economia.

2.2 Dados de reflectância e emitância da superfície

Os dados de reflectância e emitância da superfície foram obtidos a partir dos sensores da série Landsat devido à longa continuidade temporal e à alta qualidade dos dados fornecidos por esses satélites. A série Landsat é amplamente reconhecida por sua resolução espacial adequada para estudos de monitoramento ambiental e mudanças na cobertura da terra e tem sido consistentemente utilizada por oferecer uma cobertura global sólida das últimas cinco décadas (Parente et al., 2017; Almalki et al., 2022; Dhaloiya et al., 2023). Hemati et al. (2021) em sua revisão das aplicações dos dados Landsat, concluíram que os mesmos têm sido fundamentais para o monitoramento da superfície terrestre, especialmente devido à sua coleta contínua de longa duração e à integração com outros sistemas de satélites e avanços em computação em nuvem, como o Earth Engine, que aumentaram ainda mais a capacidade de monitorar mudanças em áreas maiores e com maior frequência.

O intervalo de dados observado foi entre 1984 e 2023, mês de outubro (mês com maior quantidade de imagens com baixa cobertura de nuvens ao longo da série de anos observados) e os produtos analisados foram a temperatura da superfície (TS), o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e o índice de umidade (NDWI), obtidos do ClimateEngine.org (Huntington et al., 2017). Esta plataforma permite o processamento e visualização rápida de observações terrestres de satélite e

uma quantidade significativa de dados meteorológicos em grade para monitoramento ambiental, graças ao suporte da computação em nuvem do Google Earth Engine.

2.3 Dados climáticos

Os dados de precipitação (PREC: acumulado anual) e de temperatura máxima do ar (TMAX: média anual) também foram obtidos do Climate Engine.org (Huntington et al., 2017), no mesmo intervalo de datas, através do produto TerraClimate, um conjunto de dados de clima e balanço hídrico climático para superfície terrestre, com resolução espacial de 4 km, baseado no WorldClim (Global Climate Data), CRU Ts4.0 (Climatic Research Time-Series, versão 4.0) e JRA-55 (Japanese 55-year Reanalysis) (Abatzoglou et al., 2018). O WorldClim, desenvolvido pela Universidade da Califórnia (Fick e Hijmans, 2017), fornece camadas de dados climáticos globais que incluem variáveis como temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação, entre outras. CRU Ts4.0 são dados baseados em observações meteorológicas de estações ao redor do mundo (temperatura, precipitação e pressão de vapor), ajustados para garantir consistência espacial e temporal e desenvolvidos pela Universidade de East Anglia, Reino Unido (Harris e Jones, 2017). JRA-55 é desenvolvida pela Agência Meteorológica do Japão, combina dados observacionais (vento, temperatura, umidade e pressão) com modelos climáticos para produzir uma representação coerente e abrangente do estado do clima ao longo do tempo (JMA, 2013). Vale explicar que se optou por utilizar os dados de temperatura máxima ao invés de temperatura média pois estes tendem a suavizar as variações diárias, enquanto que TMAX é mais sensível a mudanças no uso da terra (Zhou et al., 2004).

2.4 Dados do Mapbiomas

Os dados das mudanças de UCT foram obtidos do MapBiomas, Coleção 9, que inclui os mapas e dados de UCT para o período de 1985 e 2023 (MapBiomas Project, 2024). O MapBiomas é uma iniciativa colaborativa que mapeia o UCT no Brasil ao longo do tempo, utilizando imagens da série de satélites Landsat e tecnologias avançadas de inteligência artificial. A confiabilidade dos dados do MapBiomas é

amplamente reconhecida e revisada garantindo que, apesar das limitações inerentes ao uso de imagens de satélite, como resolução espacial e cobertura de nuvens, os dados sejam robustos e úteis para diversas aplicações científicas e governamentais (Souza Junior et al., 2020; RAD2023, 2024). As classes analisadas foram as de maior significância na região: formação savânica (SAV), mosaico de usos (MOS), pastagem (PAST), vegetação arbustiva e herbácea (ARB) e agricultura (AGRI). A descrição das classes é a seguinte (Mapbiomas Project, 2024):

Formação savânica: tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semicontínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.

Mosaico de usos: áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. Pode incluir áreas de ocupação periurbana, como chácaras, sítios, condomínios e alguma vegetação natural.

Pastagem: 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.

Vegetação arbustiva e herbácea: formação campestre, 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).

Agricultura: no caso dos Cariris Paraibanos, apenas se encontrava lavoura temporária com maior representação de áreas cultivadas com a monocultura da cana-de-açúcar e outras lavouras temporárias, como cultivos de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.

2.5 Dados do SIDRA

Para avaliar as mudanças no uso da terra na área de estudo utilizaram-se os dados organizados por microrregiões do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), uma plataforma desenvolvida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística). Os dados analisados, nas microrregiões do Cariri Ocidental e Oriental, foram do PAM (Pesquisa da Produção Agrícola Municipal), onde foram coletados os dados de lavouras permanentes (LAVPERM) e lavouras temporárias (LAVTEMP). Em adição, foram consultados os dados da PPM (Pesquisa Pecuária Municipal), especificamente os dados de efetivos de caprinos (CAP), ovinos (OVI) e bovinos (BOV). O intervalo de dados disponíveis é de 1990 a 2022 (IBGE, 2024).

2.6 Análise estatística

Para garantir a precisão dos resultados e a robustez das análises estatísticas, foi utilizado o método da amplitude interquartil (IQR) para a identificação e eliminação de outliers nos dados. Esse método consiste em calcular a diferença entre o terceiro quartil (Q3) e o primeiro quartil (Q1) de um conjunto de dados, conhecida como IQR. O método da amplitude interquartil é amplamente reconhecido e validado na literatura como uma abordagem eficaz para a detecção de outliers (Tukey, 1977).

O teste de Mann-Kendall foi utilizado para avaliar se existe evidência estatisticamente significativa de tendência monotônica (crescente ou decrescente) entre 1984 e 2023 nos dados de reflectância e emitância (TS, NDVI e NDWI), nos dados climáticos (PREC e TMAX), nos dados de uso e cobertura da terra do MapBiomas (SAV, MOS, PAST, ARB e AGRI) e nos dados de uso da terra do SIDRA (CAP, OVI, BOV, LAVPERM, LAVTEMP) (Anexo A). Esse teste é uma ferramenta comum e eficaz para avaliar tendências temporais em séries de dados, especialmente em séries temporais hidrológicas, climáticas e ambientais. Ele é robusto e não paramétrico, o que significa que não requer suposições sobre a distribuição dos dados, sendo adequado para uma ampla variedade de situações (Hamed e Rao, 1998).

Para medir a força e a direção da relação entre as mudanças na vegetação, mensuradas pelo NDVI, e o efeito das mudanças na umidade, avaliadas pelo NDWI, sobre a TS (variável resposta), foram investigadas correlações lineares, de Pearson (quando verificada a normalidade dos dados) e de Spearman (quando verificada a não normalidade dos dados). A normalidade dos dados foi averiguada pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise da correlação foi conduzida em dois conjuntos de dados distintos: um conjunto que considerou todas as imagens com poucas nuvens disponíveis entre 1984 e 2023 e outro que considerou apenas as imagens capturadas no mês de

outubro. A razão para essa separação é permitir uma análise detalhada das relações sazonais e interanuais. Ao utilizar todas as imagens disponíveis é possível observar a influência da sazonalidade. Por outro lado, focar apenas no mês de outubro facilita a avaliação da influência das mudanças no NDVI e no NDWI ao longo dos anos, minimizando a interferência da variabilidade sazonal. Esse enfoque permitirá observar de forma mais clara como essas variáveis afetam a TS ao longo do tempo, sem os efeitos sazonais que poderiam mascarar ou confundir as relações entre as variáveis.

Correlações lineares também foram investigadas entre a TS (variável resposta) e PREC, TMAX, CAP, OVI, BOV, LAVTEMP, LAVPERM, AGRI, PAST, MOS, SAV e ARB (variáveis preditoras) no intervalo de dados disponíveis, entre 1985 e 2023. Notar que para as correlações com os dados do SIDRA foi necessário reduzir a matriz de dados para o intervalo de dados disponíveis (1990 – 2022). Novamente, a normalidade dos dados foi averiguada pelo teste de Shapiro-Wilk.

Por fim, para avaliar o quanto a TS é afetada pelas variáveis com as quais obteve maiores coeficientes de correlação, observados todos os pressupostos (normalidade, ausência de outliers, homocedasticidade e independência nos resíduos), os dados passaram por uma modelagem utilizando técnicas de regressão linear.

Todas as imagens foram processadas através do software QGIS, versão 3.28.1-Firenze. Os tratamentos estatísticos foram realizados pelo RStudio, versão 1.1.453.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mudanças ao longo do tempo

Os resultados dos testes de Mann-Kendall para a região do Cariri paraibano indicam várias tendências significativas, demonstrando que a região tem passado por mudanças importantes em termos de uso e cobertura da terra nas últimas décadas (Anexo A).

O NDVI, que mede a densidade da vegetação verde em uma área através das respostas refletivas de ondas curtas do vermelho e infravermelho próximo, mostrou uma leve tendência positiva ($z = 1,8873$, $p = 0,059$, $\tau = 0,21$). Embora este índice indique um leve aumento na cobertura vegetal, a tendência não foi significativa no

nível de 5%. Assim, as mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas no Cariri paraibano não se manifestaram em suas respostas refletivas de ondas curtas. A cobertura vegetal pode ter sido substituída, mas não teve significância no índice de biomassa verde aqui utilizado.

Por outro lado, a formação natural savânica do MapBiomias apresentou uma tendência decrescente significativa ($z = -3,8952$, $p < 0,001$, $\tau = -0,44$), enquanto que a vegetação arbustiva e herbácea mostrou uma tendência crescente significativa ($z = 2,5161$, $p = 0,01186$, $\tau = 0,28$), sugerindo uma mudança na cobertura vegetal, não perceptível no NDVI. A agricultura e as pastagens também exibiram tendências crescentes significativas (AGRI: $z = 4,4516$, $p < 0,001$, $\tau = 0,50$; PAST: $z = 7,5001$, $p < 0,001$, $\tau = 0,84$), enquanto o mosaico de usos apresentou uma tendência decrescente significativa ($z = -6,5323$, $p < 0,001$, $\tau = -0,73$). Estes resultados sugerem o que claramente se observa na Figura 2 a área de pastagem cresceu significativamente, substituindo a área da vegetação natural savânica e o mosaico de usos. A diminuição no mosaico de usos pode representar uma simplificação dos usos da terra na região e uma consequente perda de resiliência ecossistêmica, o que poderá tornar a região mais vulnerável a mudanças climáticas futuras.

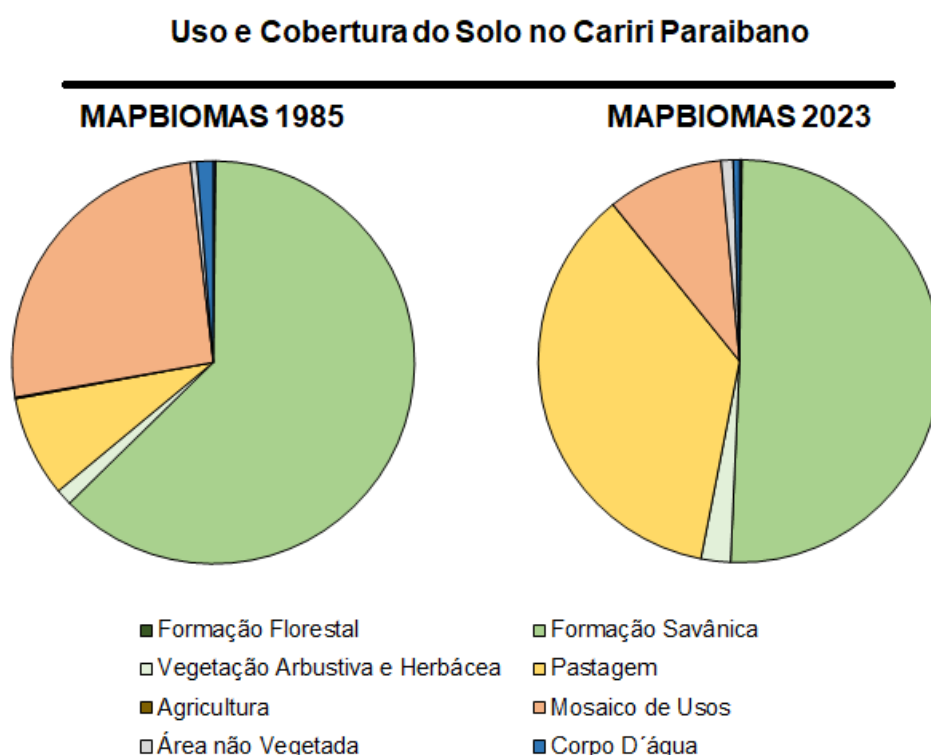


Figura 2. Uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2023 (MapBiomias Project, 2024)

Lopes et al. (2024) relatam que quase não existem mais formações florestais significativas no Cariri, restando apenas 0,02% de caatinga arbórea densa. Salazar et al. (2021) também ressaltam nos seus estudos sobre a restauração de florestas semi-áridas o aumento de pastagens, destacando que as terras agrícolas na área de estudo aumentaram 8,2%, enquanto a Caatinga aberta e densa diminuiu 20,2%, e, apenas no período entre 2000 e 2018, cerca de 4,9% Caatinga densa foram convertidas em pastagem.

Souza e Souza (2016) destacam que a diminuição da formação florestal teve início com o uso de queimadas para expansão agrícola e para renovação de pastagens durante os períodos chuvosos, o que alterou significativamente a vegetação da Caatinga. O autor ainda enfatiza que o uso contínuo de queimadas ao longo do tempo compromete gravemente a regeneração da vegetação. A prática repetitiva não apenas degrada a estrutura do solo, mas também reduz sua fertilidade ao esgotar os nutrientes essenciais e alterar sua composição, tornando o ambiente menos favorável para o crescimento de novas plantas. Além disso, o solo exposto após as queimadas se torna mais vulnerável à erosão, agravando ainda mais os processos de desertificação e degradação ambiental.

Dessa maneira, a diminuição da vegetação natural e a expansão de pastagens em regiões semiáridas, como no Cariri, têm impacto direto na resiliência ecológica, reduzindo a biodiversidade e a capacidade de regeneração dos ecossistemas (Souza e Souza, 2016; Lopes et al., 2024; Salazar et al., 2021).

Os rebanhos de caprinos e ovinos apresentaram tendências crescentes significativas (CAP: $z = 4,9117$, $p < 0,001$, $\tau = 0,60$; OVI: $z = 5,4385$, $p < 0,001$, $\tau = 0,67$), refletindo um aumento na criação desses animais. Em contraste, o efetivo de bovinos não apresentou uma tendência significativa ($z = 0,23242$, $p = 0,8162$, $\tau = 0,03$). Essa propensão pode ser explicada por incentivos de políticas públicas voltadas para a caprinocultura e pela menor disponibilidade de água na região, que possui terrenos pedregosos e escassez de vegetação, favorecendo especialmente a criação de caprinos. Essa dinâmica foi destacada por Souza (2008), Souza e Souza (2016) e Moreira e Targino (1997, apud Lopes et al., 2024).

As lavouras temporárias e permanentes exibiram tendências decrescentes significativas (LAVTEMP: $z = -3,4243$, $p < 0,001$, $\tau = -0,42$; LAVPERM: $z = -3,7651$, p

< 0,001, tau = -0,46), indicando uma redução na área cultivada na região. Esse declínio pode estar relacionado com a degradação do solo e ainda as políticas públicas de incentivo à pecuária semi-extensiva (caprinocultura) que contribui para a redução da cobertura vegetal e o aumento da desertificação na região, reforçando a tendência de declínio à agricultura, possivelmente devido a mudanças econômicas e climáticas na região, corroborando os dados estatísticos apresentados em Souza (2008).

O aumento de caprinos e ovinos, juntamente com a expansão das pastagens, sugere uma adaptação ao semiárido, onde a pecuária caprina se destaca como uma atividade econômica crescente. Estudos anteriores destacaram a correlação direta de aumento dos efetivos de caprinos com o empobrecimento da vegetação, exacerbando a degradação ambiental em regiões como o Cariri, contribuindo significativamente para a compactação e erosão do solo, além de reduzir sua fertilidade e capacidade de retenção de água (Leal et al., 2005; Barbosa, 2020; Barbosa, 2021; Campos, 2024).

A degradação dos ecossistemas e a diminuição da resiliência ambiental aumentam o risco de vulnerabilidade socioeconômica, agravando a pobreza rural e intensificando a migração de populações em busca de melhores condições (Silva et al., 2021). Assim, essa alteração compromete a subsistência das comunidades locais, que dependem diretamente da vegetação nativa para o pastoreio e para atividades agrícolas sustentáveis.

Na Figura 3, é visível o aumento expressivo dos efetivos de caprinos e ovinos ao longo das últimas décadas, enquanto a Figura 4 mostra um declínio claro nas áreas destinadas a lavouras permanentes e temporárias. Estes gráficos revelam uma transformação significativa no uso do solo, com a substituição da agricultura tradicional pela pecuária caprina que contribui para a degradação da vegetação nativa.

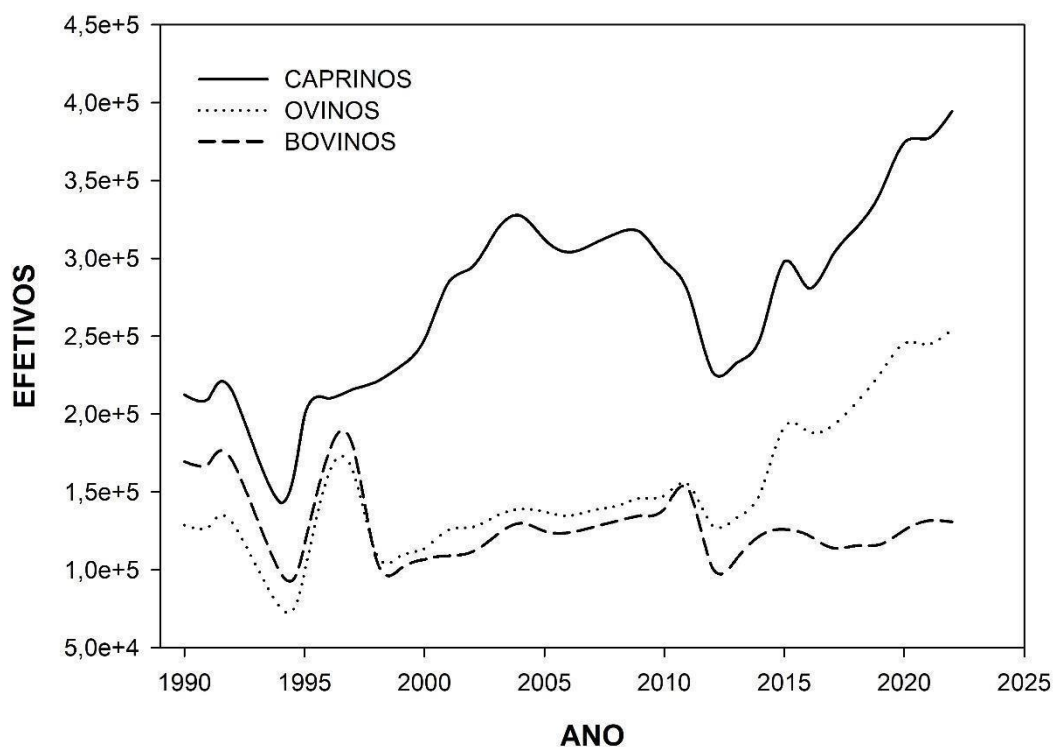


Figura 3. Mudanças nos efetivos de caprinos, ovinos e bovinos, dados do SIDRA entre 1990 e 2022 nas microrregiões do Cariri Paraibano.

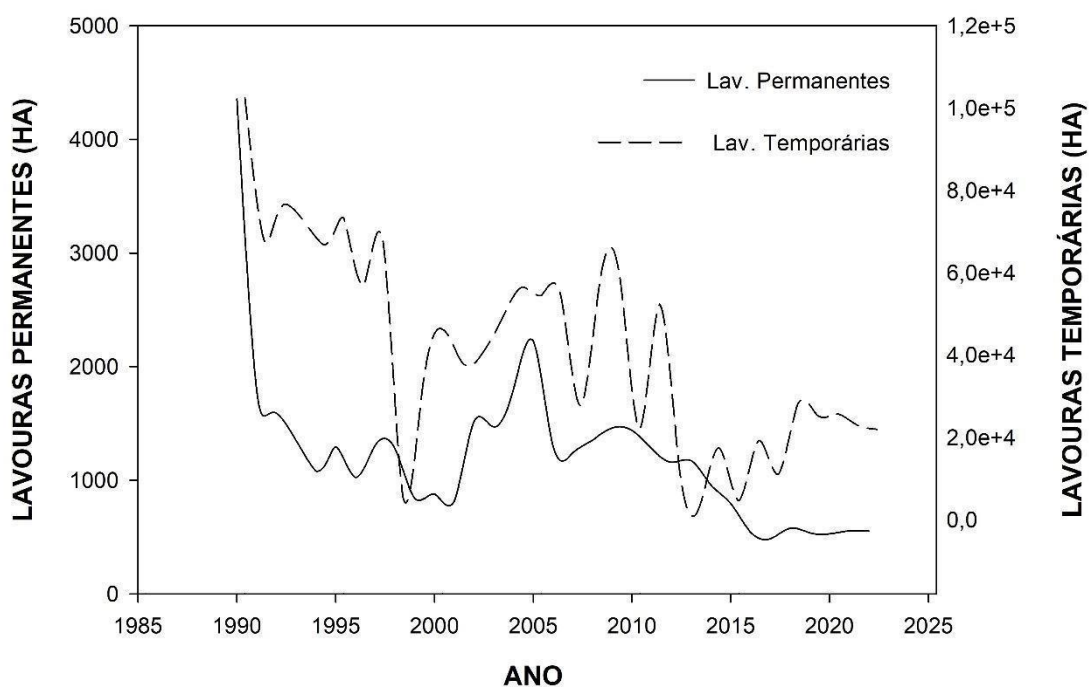


Figura 4. Mudanças na área de lavouras permanentes e temporárias, dados do SIDRA entre 1990 e 2022 nas microrregiões do Cariri Paraibano.

A temperatura da superfície (TS) apresentou um aumento contínuo ao longo dos anos, com uma tendência crescente significativa ($z = 4,6452$, $p < 0,001$, $\tau = 0,52$).

Esse aumento reflete o impacto das mudanças no uso do solo, especialmente o desmatamento e a expansão das áreas de pastagem. Menor densidade da vegetação se traduz em menor capacidade de retenção de água no sistema. O conjunto irá se traduzir em menor evapotranspiração, fazendo com que o saldo de radiação seja principalmente gasto nos processos de aquecimento do solo e do ar (fluxo de calor do solo e fluxo de calor sensível). Estudos anteriores também apontam que a substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas e de pastagem pode intensificar o aumento da temperatura em regiões semiáridas, como o Cariri (IPCC, 2019; Jia et al., 2019).

Em contraste, o índice de umidade (NDWI) não apresentou uma tendência significativa ($z = 0,48387$, $p = 0,6285$, $\tau = -0,055$), indicando estabilidade na umidade da região ao longo do tempo. A temperatura máxima anual (TMAX) e a precipitação anual (PREC) também não revelaram tendências significativas (TMAX: $z = -0,55646$, $p = 0,5779$, $\tau = -0,063$; PREC: $z = -0,26613$, $p = 0,7901$, $\tau = -0,031$), sugerindo que as variações de temperatura do ar e precipitação não seguem um padrão consistente, mantiveram-se estáveis, sem apresentar tendências significativas.

A ausência de tendências significativas na precipitação, temperatura máxima do ar e nos índices de umidade sugere que as mudanças observadas na temperatura da superfície não estão sendo influenciadas diretamente por variáveis climáticas, mas sim por fatores antrópicos de mudanças no uso da terra.

Segundo Lucas (2022), o desmatamento para expansão agrícola, especialmente em regiões de Caatinga, contribui diretamente para o aumento da temperatura local devido à redução da evapotranspiração.

O aumento na temperatura da superfície, aliado ao crescimento das áreas de pastagens e agricultura, evidencia uma intensificação das atividades humanas que impacta diretamente o meio ambiente local, agravando os processos de desertificação, como visto em outras regiões semiáridas (Rocha, 2017; Silva et al., 2017; Silva et al., 2021,).

3.2 Variáveis que contribuem para o aumento da temperatura da superfície

Uma primeira análise da correlação entre TS e o NDVI e NDWI, utilizando dados de imagens de satélite obtidas entre 1983 e 2024, abrangeu todos os meses disponíveis sem nuvens. Dado o caráter sazonal dessas variáveis, era esperado

encontrar uma relação significativa entre elas, uma vez que a variação da vegetação e da umidade da terra ao longo do ano tende a influenciar diretamente a temperatura da superfície.

A matriz de correlação de Spearman (Anexo B) mostra que a TS apresenta uma correlação negativa moderada a forte com o NDVI ($r = -0.5989$; $p = <0,001$) e uma correlação negativa ainda mais acentuada com o NDWI ($r = -0.7358$; $p = <0,001$). Corroborando os resultados obtidos por Rothmund *et al.* (2019) que áreas mais vegetadas são mais frias, enquanto Pedreira Junior *et al.* (2020) observaram que regiões com baixos valores de NDVI e NDWI apresentam temperaturas mais altas, especialmente no período seco. Isso sugere que, conforme a biomassa verde (NDVI) e a umidade (NDWI) aumentam, a temperatura da superfície tende a diminuir, o que está em linha com o efeito esperado da cobertura vegetal e da umidade no resfriamento da superfície (Becerra, Shimabukuro e Alvalá, 2009; Rothmund *et al.*, 2019; Bezerra *et al.*, 2021; Pedreira Junior *et al.*, 2021; Cardoso, 2023). Além disso, observa-se uma forte correlação positiva entre o NDVI e o NDWI ($r = 0.9104$; $p = <0,001$), indicando que, em períodos de maior biomassa verde, a umidade do solo também tende a ser mais elevada. Essa relação é consistente com o comportamento sazonal, onde condições mais úmidas geralmente favorecem o crescimento da vegetação (Becerra, Shimabukuro e Alvalá, 2009; Costa, 2017; Gomes, 2022). Ademais, o desenvolvimento da vegetação aumenta a cobertura do solo e altera seu comportamento hídrico, estabilizando o regime térmico, o que leva a menores variações e a uma redução nas médias de temperatura, enfatizando o impacto positivo da cobertura vegetal na retenção de umidade do solo especialmente em áreas semiáridas (Guilherme *et al.*, 2020; Araújo, 2023).

Portanto, os resultados confirmam a expectativa de uma relação significativa entre as variáveis estudadas, com as correlações observadas refletindo as variações sazonais típicas, que apresentam alternância entre estações secas e chuvosas no semiárido do Nordeste, caracterizada por grande variabilidade interanual de precipitação, reforçando essa correlação negativa entre as variáveis que ocorrem na região ao longo das décadas analisadas (Maciel e Silva, 2021; Lucas, 2022; Oliveira *et al.*, 2021; Bezerra, Bezerra e Rêgo, 2021.).

No entanto, ao restringir a análise ao mês de outubro, não foram encontradas correlações significativas entre a TS e as variáveis preditoras NDVI ($r = 0,0733$) e NDWI ($r = 0,2062$) (Anexo C). Esse resultado sugere que esses índices de biomassa

verde e de umidade não conseguem explicar a variação na TS observada na área de estudo. No entanto, a correlação entre NDVI e NDWI em outubro foi significativa e positiva ($r = 0.5980$), indicando que o aumento da vegetação foi acompanhado por um aumento da umidade, conforme esperado. É provável que as mudanças na temperatura da superfície sejam influenciadas de forma mais expressiva por fatores relacionados ao uso e cobertura do solo, que também afetam diretamente esses índices (Costa, 2017; Araújo *et al.*, 2023; Arruda *et al.*, 2023).

A análise de correlação (Anexo D) também revelou que a TS está positivamente correlacionada com a área de pastagens ($r = 0,7033$), agricultura ($r = 0,5369$) e vegetação arbustiva e herbácea ($r = 0,4538$). Esses resultados indicam que o aumento da temperatura da superfície está fortemente associado à expansão dessas áreas, que estão relacionadas à intensificação das atividades agropecuárias e à substituição da vegetação nativa por usos mais intensivos da terra (Souza *et al.*, 2008; Barbosa *et al.*, 2020; Jardim *et al.*, 2022; Araújo *et al.*, 2023).

Vale ressaltar, que o Cariri paraibano é historicamente uma região de grande desmatamento, já foi considerada uma importante exportadora de produtos extrativistas, especialmente para abastecer as indústrias de cerâmica vermelha em Campina Grande. No entanto, com a atividade agropecuária sendo mais favorável economicamente, o aumento de áreas de pastagem e agricultura intensificaram ainda mais o desmatamento. (Sousa, 2008; Sousa, Suertegaray e Lima, 2009; Travassos e Souza, 2014; Silva, Almeida e Silva, 2017; Campos, 2024).

Segundo Salazar *et al.* (2021), ao longo de um período de 33 anos (1985 – 2018), áreas de pastagens, agricultura, aumentaram 8,2% na região de Caatinga, em contrapostos áreas de florestas diminuíram 20%, tendo quase 5% destas florestas transformadas em pastagens.

Por outro lado, a correlação negativa entre TS e MOS ($r = -0,7109$) sugere que a redução dessas áreas de uso diversificado pode estar contribuindo para o aumento da TS. O MOS, composto por uma variedade de tipos de cobertura, pode exercer um papel moderador sobre a temperatura, provavelmente devido à sua capacidade de manter uma maior diversidade de cobertura vegetal, o que ajuda a estabilizar o balanço energético e a reduzir o aquecimento da superfície, além de amenizar os efeitos das mudanças climáticas agravadas por ações naturais e principalmente ocasionadas por atividade humana (Araújo, Brito e Nascimento, 2022; Jardim *et al.*, 2022; Silva, Souza e Artigas, 2022).

A diminuição das lavouras temporárias ($r = -0,6683$) e permanentes ($r = -0,4025$) também está correlacionada com o aumento da TS. Esses tipos de lavouras, que anteriormente contribuíam para a regulação do microclima local, têm sido substituídos por pastagens e áreas de agricultura mais intensiva, que possuem menor capacidade de retenção de umidade e podem estar provocando um maior aquecimento da superfície (Barbosa, 2020; Zani, 2023).

Reveladora é também a correlação negativa entre a formação savânica e o efetivo de caprinos ($r = -0,7016$) e a mesma formação savânica com a pastagem ($r = -0,6067$). A redução da SAV está associada ao aumento desse rebanho e a área de pasto criado para ele. O fenômeno de sobrepastoreio ocorre quando as plantas estão expostas a pastoreio intensivo durante longos períodos de tempo, ou sem períodos suficientes para a necessária recuperação ambiental, reduzindo a utilidade, a produtividade e a biodiversidade dos terrenos, sendo também considerada uma das causas da desertificação e a erosão das terras (Esteves, 2022; Oliveira, 2023). Estudos anteriores já demonstraram que a degradação da vegetação natural, como a savana, pode levar ao aumento da temperatura da superfície devido à perda de cobertura vegetal que normalmente ajuda a regular a temperatura e a umidade do solo (Alves e Azevedo, 2013; Souza e Souza, 2016; Souza, 2018; Azevedo e Barbosa, 2020; Fernandes *et al.*, 2021; Jardim *et al.*, 2022).

Assim, essas correlações têm sérias implicações para o equilíbrio ambiental. Mudanças no balanço energético afeta diretamente a temperatura da superfície local, dificultando os processos de regeneração florestal, onde a cobertura vegetal exerce influência direta nas interações ecológicas do ecossistema, intensificando a evapotranspiração e alterando o equilíbrio hidrológico, resultando em menor retenção de umidade e, conseqüentemente, em maior aridez ((Lima e Almeida, 2017; Silva *et al.*, 2019; Barbosa, 2020; Lima e Fernandes, 2021; Esteves, 2022; Araújo, Brito e Nascimento, 2022; Lucas, 2022; Rodrigues, 2022; Lopes, 2023; Oliveira, 2023; Rosa e Faria Filho, 2024). Dado o impacto significativo da TS sobre o meio ambiente, especialmente em termos de balanço energético, evapotranspiração e equilíbrio hidrológico, é essencial entender quais dessas variáveis estão contribuindo mais diretamente para o aumento da TS.

Observando o resultado das regressões lineares (Figura 5, Anexo E) verifica-se que 50% da variabilidade de TS pode ser explicada pela área de pastagem e que a cada aproximadamente 20.000 ha de pasto cultivada aumenta 1°C. Assim como se

percebe que 28% da variabilidade dos dados de TS podem ser explicados pelos efetivos de caprinos e que para diminuir a temperatura em 1°C seria necessário reduzir os números de caprinos em aproximadamente 44.300 unidades.

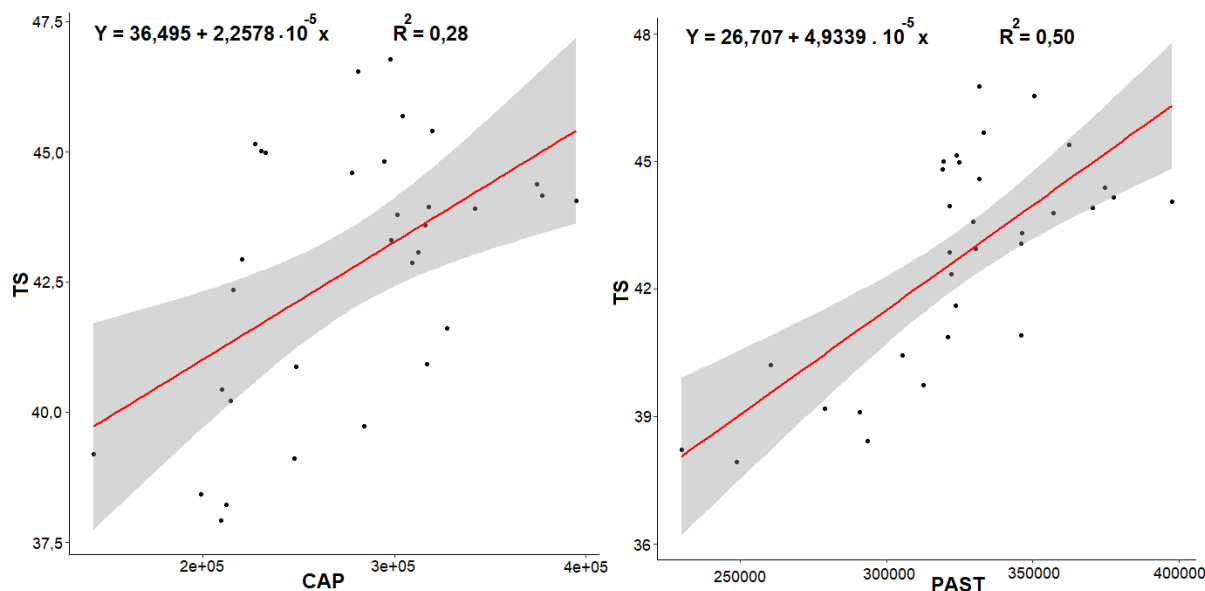


Figura 5. Regressões lineares entre a temperatura da superfície (TS - variável resposta) e as variáveis predictoras efetivos de caprinos (CAP – a esquerda) e área de pastagens (PAST – a direita).

Esses resultados corroboram o que já foi destacado anteriormente e principalmente o que já foi descrito na literatura sobre o processo de desertificação do Cariri paraibano, que foi agravado desde a colonização europeia e intensificado pelas práticas de uso intensivo de terras para pecuária extensiva, com a substituição de vegetação nativa por pastagens, impactando negativamente a capacidade de regulação climática e da umidade do solo (Souza, Suertegaray e Lima, 2009; Souza, Artigas e Lima, 2015; Rito et al., 2017; Lucas, 2022; Araújo et al., 2023).

Oliveira (2024) cita um estudo feito por Silva e Barbosa (2017), que até 2017, cerca de 63,3% da área da vegetação era composta por ecossistemas antropogênicos, evidenciando que uma grande parte do ecossistema foi bastante alterada pelas atividades humanas. Continuando essa análise, o Projeto MapBiomias (2023) revelou que a região semiárida perdeu cerca de 60.000 km² de vegetação nativa entre 1985 e 2020, enquanto as áreas destinadas à agricultura e pecuária aumentaram de 1.000 km² para 30.000 km² e de 130.000 km² para 220.000 km², respectivamente. Apresentando uma expansão de 24% a mais de áreas agrícolas e de pastagem na região.

Entretanto, esses resultados reforçam a necessidade de adotar medidas eficazes para reduzir o impacto das mudanças no UCT, consideradas um dos fatores mais severos na aceleração do processo de degradação das terras, com implicações econômicas, sociais, culturais e ambientais. É provável que essas áreas se expandam ainda mais ao longo do século, intensificando os desafios, especialmente devido às mudanças climáticas exacerbadas pela ação humana, o que agrava ainda mais a vulnerabilidade da região (Sousa, 2008; Esteves, 2022; Araújo et al., 2023).

3.3 Importância da adoção de políticas públicas para região do Cariri Paraibano

As políticas públicas desempenham um papel fundamental na mitigação dos efeitos da degradação do solo e da desertificação. A implementação de programas voltados para a conservação do solo, tecnologias de captação de água da chuva e reflorestamento com espécies nativas (como o Umbuzeiro) são essenciais para restaurar áreas degradadas, fortalecendo a resiliência ecológica de regiões como o Cariri, ao mesmo tempo em que garantem a sustentabilidade econômica das comunidades locais. Se aplicadas de maneira eficaz, essas políticas podem reverter parcialmente o processo de desertificação, garantindo um equilíbrio entre as atividades agropecuárias e a preservação ambiental (Rodorff *et al.*, 2018; Lindoso *et al.*, 2018; Owuor *et al.*, 2016). Ledru *et al.* (2020) destaca nos seus estudos sobre políticas públicas no Ceará que políticas integradas de conservação e manejo da vegetação nativa, como o programa de manejo sustentável do solo, ajudaram a reverter parcialmente o processo de desertificação em áreas críticas. Além disso, o manejo sustentável do pastoreio na Caatinga pode aumentar o sequestro de carbono e melhorar a densidade florestal, mantendo a produtividade agrícola e minimizando a degradação da área (Schulz *et al.*, 2018).

Dessa maneira, fica nítido a importância de políticas voltadas para o reflorestamento ativo em regiões como a do Cariri paraibano. A restauração ativa envolve intervenções como a semeadura direta e o plantio de árvores em áreas extremamente degradadas, onde a floresta tem pouca capacidade de regeneração natural. Nesse processo, é essencial estudar as espécies nativas para garantir que as mudas sejam plantadas de acordo com a vegetação original da área antes da degradação. Esse

método é significativamente mais rápido e dinâmico em comparação com a restauração passiva, exigindo, portanto, mais atividades diretas e maior investimento financeiro (Chazdon; Durigan; Engel, 2012).

4 CONCLUSÃO

Nas últimas quatro décadas, o Cariri paraibano tem experienciado mudanças significativas no uso e cobertura da terra, resultando em um aumento expressivo da temperatura da superfície. Essas mudanças, impulsionadas por decisões locais, têm levado à substituição da vegetação savânica natural e do mosaico de usos por pastagens, principalmente para sustentar a atividade de caprinocultura. Essa modificação na paisagem afeta o balanço hídrico e energético da região, contribuindo para o aumento observado na temperatura da superfície. A degradação decorrente desse processo compromete a disponibilidade de recursos naturais, impactando negativamente a resiliência ambiental e a sustentabilidade econômica regional. Se não forem implementadas estratégias de manejo sustentável, os impactos poderão se intensificar, prejudicando a capacidade da região de manter suas atividades econômicas e a qualidade de vida de sua população no longo prazo.

Diante desses resultados, é fundamental promover projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, com prioridade para espécies adaptadas ao semiárido, como o umbuzeiro. Também se destaca a importância de implementar programas de manejo sustentável para reduzir o sobrepastoreio na região, aliados à oferta de educação ambiental e assistência técnica aos pequenos agricultores e pecuaristas, incentivando práticas de uso da terra mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABATZOGLOU, J.T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. **Scientific Data**, [s. l.], v. 5, n. 170191, p. 1-12, jan. 2018. DOI: 10.1038/sdata.2017.191. Disponível em: TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015 | Scientific Data.

ACCYOLI, L. J. de O.; SILVA, A. B. da; ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; SILVA, E. A. da; PEREIRA, A. G. de S. Mudanças climáticas e desertificação. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (orgs.). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Série Ciência e Tecnologia, 1. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 161 – 186. Disponível em: Mudancasclimaticasedesertificacao2019.pdf.

AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NURIT, K.; BASÍLIO, I. J. L. D.; COELHO, V. P. M. Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano”, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 111, n. 2, p. 383-395, maio 2007. DOI: 10.1016/j.jep.2006.12.007. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez121.periodicos.capes.gov.br/science/article/>.

AGRO EM DIA. Projeto vai apoiar cadeia dos queijos caprino e coalho na PB e no CE. 20 set. 2020. Disponível em: <https://agroemdia.com.br/2020/09/02/projeto-vai-apoiar-cadeia-dos-queijos-caprino-e-coalho-na-pb-e-no-ce/>. Acesso em: 10 set. 2024.

ALMALKI, R.; KHAKI, M.; SACO, P. M.; RODRIGUEZ, J. F. Monitoring and Mapping Vegetation Cover Changes in Arid and Semi-Arid Areas Using Remote Sensing Technology: A Review. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 14, n. 5143, out. 2022. DOI: 10.3390/rs14205143. Disponível em: Monitoring and Mapping Vegetation Cover Changes in Arid and Semi-Arid Areas Using Remote Sensing Technology: A Review.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.D. de; SPA-ROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711 - 728, dez. 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507 Disponível em: Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil - Meteorologische Zeitschrift Vol. 22 No. 6 — Schweizerbart science publishers.

ALVES, Jose Jakson Amâncio. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 19 - 25, fev. 2009. DOI: 10.18285/geonomos.v17i1.80.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de. Estimativa da Erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Revista Ambiental**, Guarapuava – PR, v. 9, n. 1, p. 13 – 23, jan./abr. 2013. DOI: 10.5777/ambiental.2013.01.01. Disponível em: Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB) Estimation of rainfall erosivity in Namorado Creek watershed, in the municipality of São João do Cariri (PB) | Alves | AMBIÊNCIA.

Andrade-Lima, D. 1981. "The caatingas dominium". Separata da Revista Brasileira de Botânica 4. p149-153.

ANGELOTTI, F.; HAMADA, E. Estratégias de adaptação para o manejo de doenças de plantas em regiões semiáridas sob os impactos das mudanças climáticas. In: GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. (orgs.). **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 201-208. E-book. Disponível em: [Estrategias-de-adaptacao-para-o-manejo-de-doencas-de-plantas-em-regioes-semiaridas-sob-os-impactos-das-mudancas-climaticas-2022.pdf](#).

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; MATSUMOTO, M.; FONSENCA, C. R. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 57, n. 10, p. 2064-2074, jun. 2020. DOI: 10.1111/1365-2664.13686. Disponível em: [Distúrbio antrópico crônico em fragmentos de floresta seca da Caatinga - Antongiovanni - 2020 - Journal of Applied Ecology - Wiley Online Library](#).

ARAÚJO, A. S. F.; MEDEIROS, E. V. de; COSTA, D. P. da; PEREIRA, A. P. de A.; MENDES, L. W. From desertification to restoration in the Brazilian semiarid region: Unveiling the potential of land restoration on soil microbial properties. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 351, n. [?], p. 119746, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119746. Disponível em: [From desertification to restoration in the Brazilian semiarid region: Unveiling the potential of land restoration on soil microbial properties - ScienceDirect](#).

ARAÚJO, H. F. P.; CANASSA, N. F.; MACHADO, C. C. C.; TABARELLI, M. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 13, n. 18440, p. 1 - 11, out. 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-45571-9. Disponível em: [Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region | Scientific Reports](#).

AZEVEDO, L. de S.; BARBOSA, L. C. Estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na área de proteção ambiental triunfo do xingu (pa) utilizando o google earth engine. **Revista de Geociências do Nordeste**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 244–256, dez. 2020. DOI: 10.21680/2447-3359.2020v6n2ID21984. Disponível em: [vista do estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na área de proteção ambiental triunfo do xingu \(pa\) utilizando o google earth engine](#).

ARRUDA, A. M.; MASIERO, E.; KOWALSKI, L. F. Análise do impacto da vegetação urbana na temperatura do ar e na umidade relativa em duas áreas habitacionais distintas de uma cidade de grande porte. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 12, n. 2, p. 38-55, jul./dez. 2023. DOI: 10.18256/23181109.2023.v12i2.4952. Disponível em: [Análise do impacto da vegetação urbana na temperatura do ar e na umidade relativa em duas áreas habitacionais distintas de uma cidade de grande porte | Arruda | Revista de Arquitetura IMED](#).

BARBOSA, H. A. Flash Drought and Its Characteristics in Northeastern South America during 2004–2022 Using Satellite-Based Products. **Atmosphere**, v. 4, n. 11, p. 1629, out. 2023. DOI: 10.3390/atmos14111629. Disponível em: [Flash Drought and](#)

Its Characteristics in Northeastern South America during 2004–2022 Using Satellite-Based Products.

BARBOSA, Anselmo de Araújo. **Avaliação da desertificação com indicadores bi-
ofísicos e econômicos no cariri oriental paraibano (1999 a 2019)**. 2020. Monografia (Licenciatura em Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/22747/ANSELMO>.

BARBIERI, M. D.; FERREIRA, L. da C.; BARBI, F. Governando as mudanças climáticas: As estratégias políticas de Brasil e China. **Ideias**, Campinas, SP, v. 09, n. 02, p. 71 - 98, jul./dez. 2018. DOI: 10.20396/ideias.v9i2.8655192. Disponível em: Vista do Governando as mudanças climáticas | Ideias.]

BECERRA, J. A. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; ALVALÁ, R. C. dos S.. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de Cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 24, p. 125-134, 2009.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, [s. l.], v. 58, p. 116-127, mar. 2015. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.01.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622815000284>.

BEZERRA, H. N.; BEZERRA, J. M.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, W. B; RÊGO, A. T. A. Avaliação espaço-temporal do saldo de radiação para área heterogênea em região semiárida. **Revista de Geografia**, Recife, v. 38, n. 3, p. 18 – 36, nov. 2021. DOI: 10.51359/2238-6211.2021.244692.

BEZERRA, H. N.; BEZERRO, J. M.; RÊGO, A. T. A. do. Avaliação do método SEBAL para estimativa da Evapotranspiração real diária no semiárido brasileiro. *Revista Tecnologia e Sociedade*, [s.l.], v. 17, n. 47, p. 183-201, 2021. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12633/8248>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**, [s. l.]: Ministério do Meio Ambiente, [2012?]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>. acesso em: 29 abr. 2024.

BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Prevenção da Caatinga é prioridade no Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste**: O aproveitamento do potencial da biodiversidade da região é defendida pela Sudene para a promoção do desenvolvimento socioeconômico da região. [s. l.]: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 26 abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeto para fortalecer a cadeia dos queijos caprino e coalho será implantado na Paraíba e no Ceará**. [S. l.], Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 03 nov. 2022. Disponível

em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/projeto-para-fortalecer-a-cadeia-dos-queijos-caprino-e-coalho-sera-implantado-na-paraiba-e-no-ceara>. Acesso em: 7 nov. 2024

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden/MCTI. **Estudo do CEMADEN e do INPE identifica pela primeira vez a ocorrência de uma região árida no país**. [s. l.]: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden/MCTI, 14 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/estudo-do-cemaden-e-do-inpe-identifica-pela-primeira-vez-a-ocorrencia-de-uma-regiao-arida-no-pais>. Acesso em: 02 set. 2024.

BOFF, Maurício. Caatinga tem novas unidades de conservação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 57-57, 2018. DOI:10.21800/2317-66602018000400015. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo>. Acesso em: 13 abr. 2024.

BURAKA, T.; ELIAS, E.; SURYABHAGAVAN, K. V.; LELAGO, A. Assessment of soil erosion risks in response to land-use and landcover changes in Coka watershed, Southern Ethiopia. **Geology, Ecology, and Landscapes**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 140 - 153, ago. 2022. DOI: 10.1080/24749508.2022.2109825. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/24749508.2022.2109825?needAccess=true>.

BURITI, C. de O.; BARBOSA, H. A. Índice de vegetação no monitoramento da seca no semiárido brasileiro. *In*: MOURA, F. de B. P.; SILVA, J. V. **Restauração na caatinga**. 2. ed. Maceió: EDUFAL, 2021. p. 54 – 69. *E-book*
Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/9074>.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. Um Século de secas: Por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?. *In*: Chiado Editora, 1 Ed. 2018.

CAMPOS, Ingrid Leão. **Impactos da pecuária nos recursos ambientais em território brasileiro**. 2024. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2024. Disponível em: Ingrid Leão Campos - Impactos da pecuária nos recursos ambientais em território brasileiro.pdf.

CARDOSO, A. T. **Dinâmica espaço temporal do índice de vegetação NDVI e EVI como ferramenta para a cana-de-açúcar**. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2023. Disponível em: content.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém - PA, v. 07, n. 03, p. 195 – 218, set. 2012. Disponível em: regeneracao(chazdon).pdf

COSTA, Tássia Alves. **Estimativa da umidade do solo na região semiárida do Brasil pelo método do triângulo universal**. 2017. Tese - (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017. Disponível em: publicacao.pdf.

COSTA, Carlos Augusto de Lima. **Semiárido paraibano: Uma revisão territorial**. 2021. TCC - (Graduação em Engenheiro Agrônomo) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017. Disponível em: CALC09082021-MA1256.pdf.

DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 2, n. 5, p. 249 - 257, jun. 2004. DOI: 10.1890/1540-9295(2004)002[0249:LCBHNA]2.0.CO;2.

DEMARTELAERE, A. C. F.; SANTOS, A. F. dos; COUTINHO, P. W. R.; SÁ, R. J. da S. de; LEÃO, F. de A. do N.; CONCEIÇÃO, A. G. C. da; RUPPENTHAL, V.; OLIVEIRA, P. H. B. de; COSTA, A. B. R. da; SILVA, A. P. da; MATA, T. C. da; NICOLINI, F.; PEREIRA, J. S.; SOUZA, J. B. de; PAIVA, L. L. de; JUNIOR, F. C. E.; SANTOS, P. S. dos; MEDEIROS, C. C. de; SILVA, L. H. P. da; OLIVEIRA, J. M. de; MOURA, R. V. F.; LIRA, M. E. B. de; OLIVEIRA, R. G. de; SOUZA, T. L. de; SOUZA, T. L. de. Causas, consequências e métodos atribuídos para prevenir a desertificação na caatinga / Causes, consequences and methods attributed to prevent desertification in caatinga. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 8, p. 83270–83285, ago. 2021. DOI:10.34117/bjdv7n8-502. Disponível em: View of Causas, consequências e métodos atribuídos para prevenir a desertificação na caatinga / Causes, consequences and methods attributed to prevent desertification in caatinga.

DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A. de; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. de. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 13, n. 06, nov. 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.6.p2628-2640.

DHALOIYA, A.; DENIS, D.M.; DUHAN, D.; KUMAR, R.; SINGH, M.; MALIK, A. Monitoring Vegetation Health, Water Stress, and Temperature Variation through Various Indices using Landsat 8 Data. **Indian Journal of Ecology**, v. 50, n. 3, p. 802-810. set. 2023. DOI: 10.55362/IJE/2023/3973.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; NASCIMENTO, C. E. S. Inventário e sociabilidade de espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga na região de Petrolina, PE. **Brasil Florestal**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 37– 43, set. 2002. Disponível em: Inventario-e-sociabilidade-de-especies-arboreas-e-arbustivas-da-caatinga-na-regiao-de-Petrolina-PE..pdf.

DUBOVYK, Olena. The role of Remote Sensing in land degradation assessments: Opportunities and challenges. **European Journal of Remote Sensing**, [s. l.], v. 50, n. 1, p. 601-613, set. 2017. DOI: 10.46357/bcnaturais.v7i3.587. Disponível em: DOI: 10.1080/22797254.2017.1378926. Disponível em: <https://www.tandfonline.com>.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde queremos chegar. **Editora da UFV**, v. 2, p. 41 – 68, 2012.

ESTEVES, Poliana Maria da Silva Valdevino. **Avaliação da Fragilidade Ambiental ao Processo de Desertificação nos Municípios de Ouro Velho e São José dos Cordeiros no Cariri Ocidental Paraibano de 1998 a 2018**. 2022. Tese (Mestrado

em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Capina Grande – PB, 2022.

FERNANDES, M. M.; SILVA, D. A. O.; BARBOSA, J. A.; XAVIER, B. D.; ANDRADE, D. C. Valoração dos serviços ecossistêmicos do uso da terra na sub-bacia do rio jacaré, Sergipe. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**, Canoas, v. 15, n. 1, p. 01-13, abr. 2021. DOI: 10.18316/rca.v15i.6477.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P. de. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism, **Journal of Arid Environments**, v. 174, n. [?], p. 01 - 08, mar. 2020. DOI:10.1016/j.jaridenv.2019.104079. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196319301491>.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 37, n. 12, p. 4302 - 4315, out. 2017. DOI: 10.1002/joc.5086. Disponível em: WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas.

GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. du B.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGINIO, J. F.; QUEIROZ, L. P. de; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. de J. N.; BARBOSA, M. R. de V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. P. 48 – 78. Disponível em: Biodiversidade_Caatinga_parte2-libre.pdf

GUILHERME, A. P.; BIUDES, M. S.; MOTA, D. dos S.; MUSIS, C. R. de. Relação entre o tipo de cobertura do solo e a temperatura da superfície. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia - MG, v. 32, p. 539 - 550, jul. 2020. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-47462. Disponível em: scielo.br/j/sn/a/XrSYLdsT98ghGVPFgyYR8Lt/?format=pdf&lang=pt.

GOMES, Viviane Pedroso. **Variação Espacial da biomassa e índice do potencial de umidade para solos da região semiárida**. 2022. Tese - (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48404>.

HAMED, K. H.; RAO, A. R. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 204, n. 1 - 4, p. 182 - 196, jan. 1998. DOI: 10.1016/S00221694(97)00125-X. Disponível em: A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data - ScienceDirect.

HARRIS, I. C.; JONES, P. D. CRU TS4.00: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.00 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901 - Dec. 2015). **Centre for Environmental Data Analysis**, University of East Anglia Climatic Research Unit, ago. 2017. DOI: <http://doi.org/10.5285/edf8febfdaad48abb2cbaf7d7e846a86>.

HEMATI, M.; HASANLOU, M.; MAHDIANPARI, M.; MOHAMMADIMANESH, F. A Systematic Review of Landsat Data for Change Sensing Applications: 50 Years of

Earth Monitoring. **Remote sensing**, v. 13, n. 15, p. 2869, jul. 2021. DOI: 10.3390/rs13152869. Disponível em: Uma revisão sistemática dos dados Landsat para aplicações de detecção de mudanças: 50 anos de monitoramento da Terra.

HUNTINGTON, J., HEGEWISCH, K., DAUDERT, B., MORTON, C., ABATZOGLOU, J., MCEVOY, D., and T., ERICKSON. (2017). Climate Engine: Cloud Computing of Climate and Remote Sensing Data for Advanced Natural Resource Monitoring and Process Understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/BAMS-D-15-00324.1>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Produção Agrícola Municipal (PAM) e Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM)**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: jul. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Série Relatórios Metodológicos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: IBGE | Biblioteca. Acesso em: 22 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico: 2023**. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4714#resultado>. <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha Territorial Digital do Brasil: 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: ago. 2024.

IPCC. Relatório especial: Relatório especial sobre mudanças climáticas e terra. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-4/>. Acesso em: 04 set. 2024.

JARDIM, A. M. da R. F.; JUNIOR, G. do N. A.; SILVA, M. V. da; SANTOS, A. dos; SILVA, J. L. B. da; PANDORFI, H.; 1 ORCID; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. de; TEIXEIRA, A. H. de C.; TEODORO, P. E.; LIMA, J. L. M. P. de; JUNIOR, C. A. da S.; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, E. A.; SILVA, T. G. F. da. Using Remote Sensing to Quantify the Joint Effects of Climate and Land Use/Land Cover Changes on the Caatinga Biome of Northeast Brazilian. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 1911, abr. 2022. DOI: 10.3390/rs14081911. Disponível em: Using Remote Sensing to Quantify the Joint Effects of Climate and Land Use/Land Cover Changes on the Caatinga Biome of Northeast Brazilian.

JIA, G.; Shevliakova, E.; Artaxo, P.; Noblet-Ducoudré, N. de; Houghton, R.; House, J.; Kitajima, K.; Lennard, C.; Popp, A.; Sirin, A.; Sukumar, R.; Verchot, L. 2019: Land–climate interactions.. In: SHUKLA, P. R. et al. (org.). **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. [s.l.]: In press, 2019. p. 131–247.

JMA - Japan Meteorological Agency/Japan. 2013. JRA-55: Japanese 55-year Reanalysis, Daily 3-Hourly and 6-Hourly Data. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory.

LAUTENBACH, S.; KUGEL, C.; LAUSCH, A.; SEPPELT, R. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 676-687, mar. 2011. DOI: 10.1016/j.ecoind.2010.09.007. Disponível em: Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data - ScienceDirect.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: UFPE, 2005. E-book.

LEDRU, M.-P.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; BREMOND, L.; DEVELLE, A.-L.; SABATIER, P.; MARTINS, E. S. P. R.; FILHO, M. R. F.; FONTENELE, D. P.; ARNAUD, F.; FAVIER, C.; BARROSO, F. R. G.; ARAÚJO, F. S. When archives are missing, deciphering the effects of public policies and climate variability on the Brazilian semi-arid region using sediment core studies. **Science of the Total Environment**, v. 723, n.137989, p. 2 – 16, jun. 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137989. Disponível em: When archives are missing, deciphering the effects of public policies and climate variability on the Brazilian semi-arid region using sediment core studies - ScienceDirect

LIMA, Anderson. Dia da caatinga: Bioma ocupa 92% do território da PB. **A União**, João Pessoa – PB, 28 abr. 2024. Disponível em: https://auniao.pb.gov.br/noticias/caderno_diversidade/bioma-ocupa-92-do-territorio-dapb#:~:text=Hoje%20%C3%A9%20o%20Dia%20Nacional,%2C%20significa%20%E2%80%9Cmata%20branca%E2%80%9D. Acesso em: 02 set. 2024.

LIMA, L. B.; FERNANDES, M. M. Uso e cobertura da terra em assentamento na região semiárida de Sergipe. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 213 - 218, fev. 2021. DOI: 10.18378/rvads.v16i2.8454. Disponível em: Vista do uso e cobertura da terra no semiárido sergipano, Brasil.

LIMA, F. S. de; ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 10, n. 03, p. 699 - 721, abr. 2017.
LINDOSO, D. P.; EIRO, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES-FILHO, S.; NASUTI, E. Harvesting Water for Living with Drought: Insights from the Brazilian Human Coexistence with Semi-Aridity Approach towards Achieving the Sustainable Development Goals. **Sustainability**, [s.l.], v. 10, n. 03, p. 622; jan. 2018. DOI: 10.3390/su10030622

LOPES, Dionísio dos Santos. **Biologia e Música: Uma estratégia interdisciplinar para o ensino do Bioma Caatinga numa perspectiva da educação ambiental**. TCC (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel – PB, 2023.

LOPES, I. A. P.; MACEDO, M. L. A. de; TORRES, E. N.; SOUSA, R. R. de; CORREIA, A. A. Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura do Solo na Microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba. **Revista de Geociência do Nordeste**, Caicó, v. 10, n. 1, p. 14 - 23, jan. 2024. DOI: 10.21680/24473359.2024v10n1ID33459. Disponível em: Vista do Análise Espaço-Temporal do Uso e Cobertura do Solo em Área Semiárida da Paraíba.

LUCAS, Alanderson Firmino de. **O impacto da desertificação na hidrologia: um estudo de modelagem para a bacia do rio Seridó**. 2022. Dissertação - (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/47606/1/Impactodesertificacaohidrologia_Lucas_2022.pdf

MACEDO, R. S.; BEIRIGO, R. M.; MEDEIROS, B. M.; FELIX, V. J. L.; DA SILVA SOUZA, R. F.; DE BAKKER, A. P. Processos Pedogenéticos e Susceptibilidade dos solos à degradação no semiárido brasileiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 22, n. 81, p. 176 – 195, jun 2021. DOI: 10.14393/RCG228155397. Disponível em: PROCESSOS-PEDOGENETICOS-E-SUSCEPTIBILIDADE-DOS-SOLOS-A-DE-GRADACAO-NO-SEMIARIDO-BRASILEIRO.pdf.

MACIEL, J. S.; SILVA, M. T. Mapeamento da vulnerabilidade natural aos processos erosivos na microrregião do Cariri Oriental Paraibano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 12, n. 9, p. 582-596, set. 2021. DOI:10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0045. Disponível em: Vista do Mapeamento da vulnerabilidade natural aos processos erosivos na microrregião do Cariri Oriental Paraibano.

MapBiomass Project, 2024, "Collection 9 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2023)", <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/XXUKA8>, MapBiomass Data, V1.

MAPBIOMASS. **Relatório Anual de Desmatamento 2022**. São Paulo: MapBiomass, 2023. 125 p. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022/>. Acesso em: 20 jun. 2024

MARENCO, J. A.; GALDOS, M. V.; CHALLINOR, A.; CUNHA, A. P.; MARIN, F. R.; VIANNA, M. dos S.; ALVALA, R. C. S.; ALVES, L. M.; MORAES, O. L.; BENDER, F. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. e17, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/cli2.17>. Disponível em: Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security.

MARENCO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, [s. l.], v. 129, n. 1-2, p. 103 - 115, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1310-1>.

MARINHO, Cristina de Oliveira. **Os biomas da região semiárida: aspectos territoriais**. 2015. Monografia - (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias,

Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/3886>.

MILHOMENS, Allan Kardec Moreira. **A percepção de risco associada às mudanças climáticas e capacidade adaptativa dos agricultores familiares agroecológicos no semiárido brasileiro**. 2022. Dissertação - (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/44502>.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Subsídios para a elaboração do plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento da Caatinga. 2011. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MOURA, F. de B. P.; SILVA, J. V. **Restauração na caatinga 2**. Editora da Universidade Federal de Alagoas, 2021. *E-book*

NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano (Ecoclimatology of the Cariri Paraibano). **Revista Geográfica Acadêmica**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 28-41, dez. 2008. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2008/vol2/no3/3.pdf>.

OLIVEIRA, Francisco Guaraci Gomes de. **Erosão e reflorestamento na Caatinga: aplicação de modelos RUSLE3D e USPED combinado com inteligência artificial**. 2024. Dissertação - (Mestrado em Ciências Florestais) - Departamento de Ciências agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/59080>.

OLIVEIRA, Janaina Silva de. **Florestas tropicais sazonalmente secas na perspectiva da ecologia de paisagens: uma análise geoambiental dos fragmentos de Caatinga no cariri paraibano**. 2023. Tese - (Doutorado - em Gestão do Território e Análise Geoambiental) - Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/30248>.

OLIVEIRA, Mikelle da Silva. **Variabilidade sazonal do efluxo de CO₂ no solo em diferentes coberturas vegetais na região sudoeste da Amazônia**. 2023. Dissertação - (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9338>.

OLSSON, L.; BARBOSA, H.; BHADWAL, S.; COWIE, A.; DELUSCA, K.; FLORES-RENTERIA, D.; HERMANS, K.; JOBBAGY, E.; KURZ, W.; LI, D.; SONWA, D. J.; STRINGER, L. **Stringer, 2019: Land Degradation**. In: **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems** [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009157988.006>

OWUOR, S. O.; Butterbach-Bahl, K.; Guzha, A. C.; Rufino, M. C.; Pelster, D. E.; Díaz-Pinés, E.; Breuer, L. Groundwater recharge rates and surface runoff response to land use and land cover changes in semi-arid environments. **Ecological Processes**, [s.l.], v. 5, n. 16, p. 1-21, 2016. DOI: 10.1186/s13717-016-0060-6.

Parente, L.; Ferreira, L.; Faria, A.; Nogueira, S.; Araújo, F.; Teixeira, L.; Hagen, S. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [s. l.], v. 62, p. 135 - 143, out. 2017. DOI: 10.1016/j.jag.2017.06.003. Disponível em: Monitoring the Brazilian pasturelands_ A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains.

PIVETTA, M.; FONTANETTO, R. Aquecimento global faz surgir primeira zona árida e expande clima semiárido e áreas secas no Brasil. **FAPESP**, 16 jun. 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/aquecimento-global-faz-surgir-primeira-zona-arida-e-expande-clima-semiarido-e-areas-secas-no-brasil/>. Acesso em: 15 set. 2024.

PERNAS, G.; OLIVEIRA, M.; RIBEIRO, M.; AZEVEDO, P. Uma Abordagem na comunidade do bioma Caatinga. **Pesquisa & Educação a Distância**, América do Norte, 0, abr. 2021. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=2013EAD1&page=article&op=view&path%5B%5D=9036&path%5B%5D=4372>. Acesso em: 26 ago. 2024.

PEDREIRA JUNIOR; A. L.; BIUDES; M.S.; MACHADO; N. G.; ARRUDA; A. G. R.; SANTOS, L. O. F. dos; IVO, I. O. Efeito da Mudança da Cobertura em Parâmetros Biofísicos em Cuiabá, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v.13, n. 03, p.1324 - 1334, abr. 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.3.p1324-1334. Disponível em: Vista do Efeito da Mudança da Cobertura em Parâmetros Biofísicos em Cuiabá, Mato Grosso.

PEREIRA, L. H. NASCIMENTO, P. S. S. Avaliação das normais climatológicas em municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010 / Evaluation of climatological norms in Northeast Brazilian municipalities during 1961 to 2010. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 06, n. 01, p. 13 – 27, jan. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-002. Disponível em: View of Avaliação das normais climatológicas em municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010 / Evaluation of climatological norms in Northeast Brazilian municipalities during 1961 to 2010.

PBMC: AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (Eds.). **Executive summary: scientific basis of climate change — Contribution from Grupo de Trabalho 1 (GT1, acronym for the Working Group 1) to the Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (RAN1) of the Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)**. Rio de Janeiro: COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

QUEIROZ, L. P. de; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. 1. ed. Cham: Springer, p. 23 – 63, 2017.

RAD2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2024 – 154 p.

RITO, K. F.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; QUEIROZ, R. T.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology** v. **105**, n. 03, p. 828–838, 2017 DOI: 10.1111/1365-2745.12712. Disponível em: Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation - Rito - 2017 - Journal of Ecology - Wiley Online Library.

ROCHA, L. C. A. da; BARROS, M. R. G. de; MEDEIROS, P. da C.; ALCÂNTARA, H. M. de; RIBEIRO, G. do N. Geotecnologias no estudo do uso e cobertura da terra no Cariri Paraibano. In: II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (WIASB). **ANAIS**, 2017, João Pessoa, PB. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2017/TRABA-LHO_EV079_MD4_SA9_ID53_14092017180647.pdf. Acesso em: 10 set 2024.

RODRIGUES, Michael Araujo. **Caracterização química das madeiras de Andira an-thelmia (Vell.) Benth e Mimosa tenuiflora (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga**. Monografia - (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022. Disponível em: Michael Araujo Rodrigues.pdf.

RODORFF, V.; STEINMETZ, L.; MERTENS, J.; SIEGMUND-SCHULTZE, M.; KÖPPEL, J. Applying Bayesian networks to evaluate small-scale farmers' perceptions of native reforestation practices in Brazil's Caatinga biome. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v. 18, p. 1983-1997, 2018.

ROSA, H. A.; FARIA FILHO, R. F. Influência da vegetação na temperatura da superfície em áreas urbanas por meio de imagens do satélite Landsat 8. **E&S-Engineering and Science**, [s. l.], v. 12, n. 02, p. 01 - 18, ago. 2023, DOI: 10.18607/ES20231215245. Disponível em: Vista do Influência da vegetação na temperatura da superfície em áreas urbanas por meio de imagens do satélite Landsat 8.

ROCTHMUND, L. D.; JUNIOR, E.S. A.; LIMA, L. P. de A.; MASSAD, H. A. B.; PALÁCIOS, R. S.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S. Impacto da alteração da cobertura do solo nos parâmetros biofísicos no sul da floresta amazônica por sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 25, n. 15, p. 122-137, mar. 2019. DOI: 10.5380/abclima.v25i0.62677. Disponível em: vista do impacto da alteração da cobertura do solo nos parâmetros biofísicos no sul da floresta amazônica por sensoriamento remoto.

SALAZAR, A. A.; ARELLANO, E. C.; MUÑOZ-SÁEZ, A.; MIRANDA, M. D.; SILVA, F. O. da; ZIELONKA, N. B.; CROWTHER, L. P.; SILVA-FERREIRA, V.; OLIVEIRA-REBOUÇAS, P.; DICKS, L. V. Restoration and conservation of priority areas of caatinga's semi-arid forest remnants can support connectivity within an agricultural landscape. **Land**, [s. l.], v. 10, n. 06, p. 550, maio 2021. DOI: 10.3390/land10060550. Disponível em: Restoration and Conservation of Priority Areas of Caatinga's Semi-Arid Forest Remnants Can Support Connectivity within an Agricultural Landscape.

SALVADOR, M. do S. S.; LUCENA, D. B.; SOUZA, B. I. de; SAMPAIO, T. V. M.; BORGES NETO, I. de O. Trends of climatic elements in the Semi-arid Region of Brazil: Case study of Cariri paraibano. **RAEGA**, Curitiba, PR, v. 59, n. 04, p. 102 - 126, abr. 2024. DOI: 10.5380/raega.v59i0.94992. Disponível em: Trends-of-climatic-elements-in-the-Semi-arid-Region-of-Brazil-Case-study-of-Cariri-paraibano.pdf.

SCHULZ, K.; GUSCHAL, M.; KOWARIK, I.; CORTEZ, J. S. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CIERJACKS, A. Grazing, forest density, and carbon storage: towards a more sustainable land use Caatinga dry forest of Brazil. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v. 18, n. [?], p. 1969 - 1981, fev. 2018. DOI: 10.1007/s10113-018-1303-0

SEBRAE. Desenvolvimento sustentável: Sebrae realiza lançamento da Agenda Pacto Novo Cariri 2033. 03 dez. 2023. Disponível em: <https://pb.agenciasebrae.com.br/economia-e-politica/desenvolvimento-sustentavel-sebrae-realiza-lancamento-da-agenda-pacto-novo-cariri-2033/>. Acesso em: 12 set. 2024.

SILVA, K. S. T. e; ALMEIDA, A. M.; SILVA, T. S. F. Influência de determinantes ambientais na vegetação da caatinga. **Sociedade e Território**, Natal, v. 29, n. 1, p. 183 – 198, jan./jun. 2017. DOI: 10.21680/2177-8396.2017v29n1ID10807. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/10807/8983>.

SILVA, L. C. da; SILVA, J. L. B. da; MOURA, G. B. de A.; SILVA, D. A. de O.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. V. da; BATISTA, P. H. D. Índices biofísicos e o saldo de radiação à superfície via sensoriamento remoto no semiárido pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 012–023, jan. 2021. DOI: 10.24221/jeap.6.1.2021.2876.012-023. Disponível em: Vista do Índices biofísicos e o saldo de radiação à superfície via sensoriamento remoto no semiárido pernambucano.

SILVA, R. M. A. da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 03, p. 466 - 485, jul./set. 2007. DOI: 10.61673/ren.2007.539. Disponível em: Vista do Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: políticas públicas e transição paradigmática.

SILVA, L. F. da; SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C. Identificação de áreas desertificadas e preservadas em uma unidade de conservação no estado da Paraíba – Brasil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, [s. l.], v. 48, p. 59-78, 2022.

SILVA, A. dos S.; SILVA, F. H. dos S.; SANTOS, G.; LEITE, M. J. H. Desmatamento multitemporal no bioma Caatinga no município de Delmiro Gouveia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Alagoas, v. 14, n. 05, p. 654 – 657, nov. 2019. DOI: 10.18378/rvads.v14i5.7592.

SOUZA, Bartolomeu Israel de. **Cariri Paraibano: Do silêncio do lugar a desertificação**. Tese - (Doutorado) - Instituto Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: 000676898.pdf (ufrgs.br).

SOUSA, R. F. de; BARBOSA, M. P.; NETO, J. M. de M.; MENESES, L. F. de; GADDELHA, A. G. Vulnerabilidade e Impactos socio econômicos e Ambientais em

Municípios do cariri Paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 03, p. 63 - 78, set./dez. 2008. Disponível em: ISSN.

SOUZA, Ramon Santos. **Avaliação espaço-temporal do processo de desertificação em sub-bacias hidrográficas do Rio Paraíba no semiárido do Brasil**. 2018. Tese (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2018.

SOUZA JUNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W. de; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, n. 2735, p. 02 – 27, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. de. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do cariri paraibano (desertification and its effects over the vegetation and soils of the cariri region of Paraíba – Brazil). **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 217-232, out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2009.0816.0017>.

SOUZA, B. I. de; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos - PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do Semiárido. **Caderno de Geografia**, [s. l.], v. 26, n. 02, p. 229 – 258, 2016. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2016v26. Disponível em: Vista do Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido (pucminas.br).

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e desertificação. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 14, n. 01, p. 131 - 150, jan./abr. 2015. DOI:10.4215/RM2015.1401.0009. Disponível em: scielo.br/j/mercator/a/zxZxXj-Pfrx9HjpNj8PLVn4B/?format=pdf&lang=pt.

STUDIO RURAL. Prodeter proporciona aumento na produção de leite e economia de municípios do Cariri Oriental Paraibano. Campina Grande – PB, 13 jun. 2023. Disponível em: <https://www.studiorural.com.br/prodeter-proporciona-aumento-na-producao-de-leite-e-economia-de-municipios-do-cariri-oriental-paraibano/>. Acesso em: 14 set. 2024.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. da. The Future of the Caatinga. In: **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer, 2018. P. 461 – 474. E-book. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>.

TAVARES, Noaldo José Aires. **Políticas de sustentação de renda e consumo no Cariri paraibano: transformações no espaço comercial em Boqueirão**. 2021. Tese - (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: [TESE Noaldo Jose Aires Tavares.pdf](#).

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. *GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)*, São Paulo, v. 18, n. 02, p. 329 – 340, set. 2014. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2014.84536. Disponível em: Vista do Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano.

Tukey, J. W., *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley, New York, USA, 1977.

VIEIRA LEITE, M. L. M; SILVA, D. S. da; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. de F. Caracterização da Produção de Palma Forrageira no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 02, p. 192-200, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237131344021>.

ZANI, Mateus Amoedo. Entre sinais e incertezas: a espera pelas chuvas em 7 anos de seca no Cariri Paraibano. **Novos Cadernos NAEA**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 353 – 372, jan./abr. 2023. DOI: 10.18542/ncn.v26i1.11107. Disponível em: Entre sinais e incertezas: a espera pelas chuvas em 7 anos de seca no Cariri Paraibano | Zani | Novos Cadernos NAEA.

ZHOU, L.; DICKINSON, R. E.; TIAN, Y.; FANG, J.; LI, Q.; KAUFMANN, R. K.; TUCKER, C. J.; MYNENI, R. B. Evidence for a significant urbanization effect on climate in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, EUA, v. 101, n. 26, p. 9540 – 9544, jun. 2004. DOI: 10.1073/pnas.0400357101. Disponível em: Evidence for a significant urbanization effect on climate in China.

ANEXO A – RESULTADOS DO TESTE DE MANN-KENDALL

Teste de tendência de Mann-Kendall para temperatura da superfície (TS)

- **Dados:** tabeladados\$TS
- **Estatística do teste:** $z = 4.6452$, $n = 39$, **p-value = 3.397e-06**
- **Hipótese Alternativa:** True S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - S: 385.0000000
 - varS: 6833.6666667
 - **tau: 0.5195682**

Teste de tendência de Mann-Kendall para o Índice de Vegetação (NDVI)

- **Dados:** tabeladados\$NDVI
- **Estatística do teste:** $z = 1.8873$, $n = 39$, **p-value = 0.05913**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - S = 157.0000000
 - vars: 6832.666667
 - **tau = 0.212019**

Teste de tendência de Mann-Kendall para o Índice de Umidade (NDWI)

- **Dados:** tabeladados\$NDWI
- **Estatística do teste:** $z = 0.48387$, $n = 39$, **p-value = 0.6285**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - S = 4.100000e+01
 - vars: 6.833667e+03
 - **tau = -5.533063e-02**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Temperatura Máxima do Ar Anual (TMAX)

- **Dados:** tabeladados\$TMAX
- **Estatística do teste:** $z = -0.55646$, $n = 39$, **p-value = 0.5779**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -47.000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = -0.0634278**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Precipitação Anual (PREC)

- **Dados:** tabeladados\$PREC
- **Estatística do teste:** $z = -0.26613$, $n = 39$, **p-value = 0.7901**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -23.00000000$
 - vars: 6833.66666667
 - **tau = -0.03103914**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Efetivos de Caprinos (CAP)

- **Dados:** tabeladados\$CAP
- **Estatística do teste:** $z = 4.9117$, $n = 33$, **p-value = 9.028e-07**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 318.0000000$
 - vars: 4165.3333333
 - **tau = 0.6022727**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Efetivos de Ovinos (OVI)

- **Dados:** tabeladados\$OVI
- **Estatística do teste:** $z = 5.4385$, $n = 33$, **p-value = 5.372e-08**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 352.0000000$
 - vars: 4165.3333333
 - **tau = 0.6666667**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Efetivos de Bovinos (BOV)

- **Dados:** tabeladados\$BOV
- **Estatística do teste:** $z = 0.23242$, $n = 33$, **p-value = 0.8162**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 1.600000e+01$
 - vars: 4.165333e+03
 - **tau = 3.030303e-02**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Lavouras Temporárias (LAVTEMP)

- **Dados:** tabeladados\$LAVTEMP
- **Estatística do teste:** $z = -3.4243$, $n = 33$, **p-value = 0.0006165**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -222.0000000$
 - vars: 4165.3333333
 - **tau = -0.4204545**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Lavouras Permanentes (LAVPERM)

- **Dados:** tabeladados\$LAVPERM
- **Estatística do teste:** $z = -3.7651$, $n = 33$, **p-value = 0.0001665**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -244.0000000$
 - vars: 4165.3333333
 - **tau = -0.4621212**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Formação Savânica (SAV)

- **Dados:** tabeladados\$SAV
- **Estatística do teste:** $z = -3.8952$, $n = 39$, **p-value = 9.812e-05**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -323.0000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = -0.4358974**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Vegetação Arbustiva e Herbácea (ARB)

- **Dados:** tabeladados\$ARB
- **Estatística do teste:** $z = 2.5161$, $n = 39$, **p-value = 0.01186**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 209.0000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = 0.2820513**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Agricultura (AGRI)

- **Dados:** tabeladados\$AGRI
- **Estatística do teste:** $z = 4.4516$, $n = 39$, **p-value = 8.521e-06**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 369.0000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = 0.4979757**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Pastagem (PAST)

- **Dados:** tabeladados\$PAST
- **Estatística do teste:** $z = 7.5001$, $n = 39$, **p-value = 6.379e-14**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = 621.0000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = 0.8380567**

Teste de tendência de Mann-Kendall para Mosaicos de Uso (MOS)

- **Dados:** tabeladados\$MOS
- **Estatística do teste:** $z = -6.5323$, $n = 39$, **p-value = 6.476e-11**
- **Hipótese Alternativa:** true S is not equal to 0
- **Estimativa da amostra:**
 - $S = -541.0000000$
 - vars: 6833.6666667
 - **tau = -0.7300945**

Resultados do Teste de Mann-Kendall para Diferentes Variáveis Ambientais e Econômicas

Variável	p-valor	Tau
Temperatura da Superfície (TS)	3,397e-06	0,520
Índice de Vegetação (NDVI)	0,05913	0,212
Índice de Umidade (NDWI)	0,6285	-0,055
Temperatura Máxima Anual (TMAX)	0,5779	-0,063
TMAX entre Abril e Setembro (TMAX6)	0,1275	-0,171
Precipitação Anual (PREC)	0,7901	-0,031
PREC entre Abril e Setembro (PREC6)	0,9807	-0,004
Efetivo de Caprinos (CAP)	9,028e-07	0,602
Efetivo de Ovinos (OVI)	5,372e-08	0,667
Efetivo de Bovinos (BOV)	0,8162	0,030
Lavouras Temporárias (LAVTEMP)	0,0006165	-0,420
Lavouras Permanentes (LAVPERM)	0,0001665	-0,462
Formação Savânica (SAV)	9,812e-05	-0,436
Vegetação Arbustiva e Herbácea (ARB)	0,01186	0,282
Agricultura (AGRI)	8,521e-06	0,498
Pastagens (PAST)	6,379e-14	0,838
Mosaico de Usos (MOS)	6,476e-11	-0,730

**ANEXO B – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE AS VARIÁVEIS
TS, NDVI E NDWI CONSIDERANDO A VARIABILIDADE SAZONAL ENTRE 1984 E
2023**

Matriz de correlação de Spearman

	TS	NDVI	NDWI
TS	1.0000000	-0.5989088	-0.7358494
NDVI	-0.5989088	1.0000000	0.9103674
NDWI	-0.7358494	0.9103674	1.0000000

Matriz de p-valores

	TS	NDVI	NDWI
TS	NA	0.0000	0.0000
NDVI	0.0000	NA	0.0000
NDWI	0.0000	0.0000	NA

OBSERVAÇÃO:

1. **NA** indica valores não aplicáveis, já que não há correlação de uma variável com ela mesma.

**ANEXO C – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE AS VÁRIAVEIS
TS, NDVI E NDWI ENTRE 1984 E 2023 NO MÊS DE OUTUBRO**

Matriz de Correlação de Pearson

	TS	NDVI	NDWI
TS	1.0000000	0.0733136	0.2062027
NDVI	0.0733136	1.0000000	0.5980244
NDWI	0.2062027	0.5980244	1.0000000

Matriz de p-valores

	TS	NDVI	NDWI
TS	NA	0.6573717	0.2078769
NDVI	0.6573717	NA	0.0000696
NDWI	0.2078769	0.0000696	NA

OBSERVAÇÃO:

1. O valor "NA" indica a ausência de p-valor para a correlação de uma variável com ela mesma.
2. Todos os valores de p-valor abaixo de 0,05 indicam correlações estatisticamente significativas.

ANEXO D – TESTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN E PEARSON ENTRE TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS

	<u>TS</u>	<u>NDVI</u>	NDWI	<u>PREC</u>	SAV	<u>MOS</u>	ARB	AGRI	<u>PAST</u>	BOV	<u>CAP</u>	OVI	<u>LAVTEMP</u>	LAVPERM
<u>IS</u>	1,00000NA													
<u>NDVI</u>	0,1064	1,00000NA												
<u>NDWI</u>	-0,1395	0,60193***	1,00000NA											
<u>PREC</u>	-0,0618	0,53299***	0,54656***	1,00000NA										
<u>SAV</u>	-0,2590	-0,1870	-0,1953	-0,1688	1,00000NA									
<u>MOS</u>	-0,71091***	-0,1750	-0,0198	0,2441	0,1940	1,00000NA								
<u>ARB</u>	0,45377**	0,0704	-0,0693	-0,2395	-0,0340	-0,48309**	1,00000NA							
<u>AGRI</u>	0,53693***	0,2643	0,2161	0,1408	-0,1861	-0,54940***	0,62928***	1,00000NA						
<u>PAST</u>	0,70325***	0,28876	0,1695	-0,0382	-0,60674***	-0,83631***	0,35354*	0,51329***	1,00000NA					
<u>BOV</u>	-0,2478	0,2071	0,2452	0,1602	0,0103	0,1485	-0,3600*	-0,1298	0,015	1,0000NA				
<u>CAP</u>	0,52606**	0,3766*	0,3163	0,4032*	-0,7016***	-0,3821*	0,1261	0,6668***	0,7908***	0,0715	1,0000NA			
<u>OVI</u>	0,4238*	0,4062*	0,2672	0,206	-0,3134	-0,6045***	0,4161*	0,6738***	0,7713***	0,4238*	0,6595***	1,0000NA		
<u>LAVTEMP</u>	-0,66829***	-0,0785	0,2317	0,1679	-0,0117	0,7898***	-0,7071***	-0,6525***	-0,6679***	0,4637**	-0,3762*	-0,3559*	1,0000NA	
<u>LAVPERM</u>	-0,4025*	-0,2056	-0,0092	0,0154	0,2661	0,4527**	-0,7797***	-0,5095**	-0,5011**	0,3944*	-0,272	-0,4776**	0,6367***	1,0000NA

OBSERVAÇÕES:

*** $p < 0,001$ (altamente significativo)

** $p < 0,01$ (muito significativo)

* $p < 0,05$ (significativo)

As variáveis sublinhadas na tabela apresentaram distribuição normal e, portanto, foram analisadas utilizando o teste de correlação de Pearson. Para as demais variáveis, que não seguiram uma distribuição normal, foi aplicado o teste de correlação de Spearman.

ANEXO E – RESULTADOS DE REGRESSÕES LINEARES E AVERIGUAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS

Regressão Linear entre a Temperatura da Superfície (TS) e Pastagens (PAST)

1. Normalidade dos Resíduos

a. Teste de Shapiro-Wilk

- i. Dados: mod\$residuals
- ii. Estatística W = 0.95405, p-valor = 0.1877

2. Outliers nos Resíduos

a. Resumo dos resíduos:

- i. Mínimo = -1.614493
- ii. 1º Quartil = -0.692860
- iii. Mediana = -0.203842
- iv. Média = -0.006833
- v. 3º Quartil = 0.791741
- vi. Máximo = 2.068668

3. Independência dos Resíduos

a. Teste de Durbin-Watson

- i. Defasagem (lag) = 1
- ii. Autocorrelação = 0.1094706
- iii. Estatística D-W = 1.728708, p-valor = 0.352
- iv. Hipótese alternativa = $\rho \neq 0$

4. Homocedasticidade

a. Teste de Breusch-Pagan

- i. Dados = mod
- ii. Estatística BP = 0.22269, df = 1, p-valor = 0.637

5. Modelo de Regressão

a. Modelo Linear: `lm(formula = TS ~ PAST, data = dados)`

b. Resumo dos Resíduos:

- i. Mínimo = -2.8685
- ii. 1º Quartil = -1.1971
- iii. Mediana = -0.3628

- iv. 3º Quartil = 1.4142
- v. Máximo = 3.6938
- c. **Coeficientes:**
 - i. Intercepto: 26.71 (Erro Padrão: 2.928, t: 9.121, $p < 0.001^{***}$)
 - ii. PAST: 4.934e-05 (Erro Padrão: 8.952e-06, t: 5.511, $p < 0.001^{***}$)
- d. **Indicadores de Ajuste do Modelo:**
 - i. Erro Padrão dos Resíduos: 1.815 (df = 30)
 - ii. R-quadrado múltiplo: 0.5031, R-quadrado ajustado: 0.4865
 - iii. Estatística F: 30.37 (df = 1 e 30), valor p: 5.502e-06

Regressão Linear entre Temperatura da Superfície (TS) e Efetivo de Caprinos (CAP)

1. **Normalidade dos Resíduos**
 - a. **Teste de Shapiro-Wilk**
 - i. Dados: mod\$residuals
 - ii. Estatística W = 0.94564, p-valor = 0.1083
2. **Outliers nos Resíduos**
 - a. Resumo dos resíduos:
 - i. Mínimo = -1.570746
 - ii. 1º Quartil = -0.603354
 - iii. Mediana = -0.183590
 - iv. Média = -0.005418
 - v. 3º Quartil = 0.778821
 - vi. Máximo = 1.719858
3. **Independência dos Resíduos**
 - a. **Teste de Durbin-Watson**
 - i. Defasagem (lag) = 1
 - ii. Autocorrelação = 0.2963155
 - iii. Estatística D-W = 1.32915, p-valor = 0.026
 - iv. Hipótese alternativa: $\rho \neq 0$
4. **Homocedasticidade**
 - a. **Teste de Breusch-Pagan**
 - i. Dados: mod
 - ii. Estatística BP = 2.6332, df = 1, p-valor = 0.1047
5. **Modelo de Regressão**
 - a. **Modelo Linear:** `lm(formula = TS ~ CAP, data = dados)`
 - b. **Resumo dos Resíduos:**
 - i. Mínimo = -3.3119
 - ii. 1º Quartil = -1.2720
 - iii. Mediana = -0.3911
 - iv. 3º Quartil = 1.6731
 - v. Máximo = 3.7068
 - c. **Coeficientes:**

- i. Intercepto: 3.650e+01 (Erro Padrão: 1.885e+00, t: 19.358, $p < 0.001^{***}$)
 - ii. CAP: 2.258e-05 (Erro Padrão: 6.664e-06, t: 3.388, $p = 0.00198^{**}$)
- d. **Indicadores de Ajuste do Modelo:**
- i. Erro Padrão dos Resíduos: 2.19 (df = 30)
 - ii. R-quadrado múltiplo: 0.2767, R-quadrado ajustado: 0.2526
 - iii. Estatística F: 11.48 (df= 1 e 30), valor p: 0.001985

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus e à Virgem Maria, meu porto seguro e refúgio nas horas de dificuldade. Foram minha força nos momentos de lágrimas e, sobretudo, minha companhia em todos os momentos em que precisei.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional durante essa longa jornada, que por muitas vezes pareceu não ter fim. Obrigada, pai e mãe, por sempre acreditarem em mim, por todo o suporte financeiro, pelo amor incondicional e pela dedicação incansável em cada etapa da minha caminhada. A confiança que vocês depositaram em mim foi um dos maiores alicerces nesses quatro anos.

À minha irmã, Rafaela, minha maior incentivadora para iniciar este curso. Foi ela quem me motivou a dar o primeiro passo para começar este curso, encorajando-me a enfrentar o medo que, naquela época, parecia maior do que eu podia suportar. Seu apoio foi fundamental para que eu tivesse coragem de sair de casa, de nossa cidade no interior, e viajar cerca de 180 km até outra cidade para dar início a este sonho de me tornar bióloga. Obrigada, Rafaela, por acreditar em mim quando eu mesma duvidava, e por estar sempre ao meu lado nessa caminhada.

Aos meus irmãos Michele, Wellington, Rafael, Rodrigo, Felipe, e à minha cunhada, sou profundamente grata por todo o apoio financeiro e pelo cuidado durante a minha estadia na casa de vocês. Obrigada por me acolherem com tanto carinho, por me oferecerem um lar e por estarem ao meu lado desde o início dessa história, lá em 2019. O apoio, o incentivo e a generosidade de vocês foram fundamentais para que eu pudesse seguir em frente e conquistar este sonho. Muito obrigada, de coração!

Ao meu irmão Gabriel e à minha irmã Vitória, minha eterna gratidão por estarem sempre ao meu lado. Obrigada por me darem forças nos momentos mais difíceis, especialmente naqueles em que pensei em desistir. Nas disciplinas que me

arrancaram lágrimas e me fizeram passar madrugadas em claro, vocês, com todo o carinho e os jeitinhos únicos de vocês, sempre me incentivaram a continuar. Na reta final, quando a exaustão parecia maior que a minha vontade, vocês me encorajaram com palavras simples mais que carregarei para sempre: "*Tu consegue, menina*", "*Você consegue, todo mundo faz, por que você não?*", "*Acredite no seu potencial, você consegue.*" Essas frases, podem parecer comum, mas para mim foram como combustível para que eu persistisse. Obrigada por acreditarem em mim quando eu quase não conseguia. Vocês foram e sempre serão parte essencial dessa conquista, obrigada Vi e Biel.

À minha orientadora, minha sincera gratidão pela paciência, dedicação e por compartilhar comigo seu vasto conhecimento ao longo dessa trajetória. Obrigada por acreditar no meu trabalho, por me guiar com tanta atenção e cuidado, e por ser uma inspiração em minha jornada acadêmica.

Aos meus professores, meu reconhecimento e agradecimento por todo o aprendizado transmitido. Em especial, àqueles que levarei para sempre na minha memória, não apenas pelos conhecimentos compartilhados, mas também pelo carinho com que sempre me tratou. Muito obrigada por fazerem parte dessa caminhada e contribuírem tanto para a minha formação.

Aos meus amigos e colegas de curso, que tornaram essa caminhada mais leve e cheia de aprendizado. Vocês foram parte essencial dessa jornada, e sou grata pelos momentos de companheirismo, troca de experiências e motivação.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste sonho. Cada gesto, conselho e apoio fez toda a diferença.

A todos, meu muito obrigada!