



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA - CCEN
DOUTORADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR

**ANÁLISE GEOGRÁFICA DO CLIMA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO A PARTIR DAS
COMPLEXAS RELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DO SOLO E AS
TEMPERATURAS: UM RECORTE PARA O MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB NO
INTERVALO DOS ANOS DE 1990 A 2020**

JOÃO PESSOA-PB

2024

TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR

**ANÁLISE GEOGRÁFICA DO CLIMA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO A PARTIR DAS
COMPLEXAS RELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DO SOLO E AS
TEMPERATURAS: UM RECORTE PARA O MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB NO
INTERVALO DOS ANOS DE 1990 A 2020**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba como principal requisito para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daisy Beserra Lucena.

JOÃO PESSOA-PB

2024

Autoriza-se a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por quaisquer meios convencionais ou eletrônicos, apenas para fins de estudos e pesquisas, desde que seja devidamente citada a fonte.

**Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S719a Souza Júnior, Teobaldo Gabriel de.
Análise Geográfica do Clima em Ambiente Semiárido a Partir das Complexas Relações Entre Uso e Cobertura do Solo e as Temperaturas: Um Recorte Para o Município de Cajazeiras-PB no Intervalo dos Anos de 1990 a 2020 / Teobaldo Gabriel de Souza Júnior. - João Pessoa-PB, 2024.
211 f. : il.

Orientação: Daisy Beserra Lucena.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Uso do solo - Clima. 2. Temperaturas do ar e de superfície. 3. Desmatamento da Caatinga. 4. Mudança climática - Cajazeiras (PB). I. Lucena, Daisy Beserra. II. Título.

UFPB/BC

CDU 711.14:551.58(043)

**“ANÁLISE GEOGRÁFICA DO CLIMA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO A PARTIR DAS
COMPLEXAS RELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DO SOLO E AS
TEMPERATURAS: UM RECORTE PARA O MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB NO
INTERVALO DOS ANOS DE 1990 A 2020”**

por

Teobaldo Gabriel de Souza Júnior

**Tese de Doutorado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação
em Geografia do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da
Paraíba, como principal requisito para a obtenção do grau de Doutor em Geografia**

Grande Área: Ciências Exatas e da Terra

Área: Geociências

Subárea: Geografia Física

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental

Aprovada em 13 de dezembro de 2024, pelos membros da banca composta por:

Documento assinado digitalmente
 **DAISY BESERRA LUCENA**
Data: 16/12/2024 11:40:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Daisy Beserra Lucena
Orientadora / Presidente
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA**
Data: 16/12/2024 08:24:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza
Examinador interno
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA CUNICO**
Data: 16/12/2024 08:41:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Camila Cunico
Examinadora interna
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **FRANCINEIDE AMORIM COSTA SANTOS**
Data: 16/12/2024 09:40:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Francineide Amorim Costa Santos
Examinadora externa
Universidade Federal do Cariri - UFCA

Documento assinado digitalmente
 **ISORLANDA CARACRISTI**
Data: 16/12/2024 08:32:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Isorlanda Caracristi
Examinadora externa
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UEVA

Universidade Federal da Paraíba - UFPB
Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG
Cursos *Stricto Sensu* de Mestrado e Doutorado em Geografia

JOÃO PESSOA-PB

2024

DEDICATÓRIA

Aos antepassados que não conheci e aos familiares contemporâneos, em especial aos meus avós (maternos e paternos *in memoriam*); às mulheres da minha vida: D. Ana Maria (mãe) e Rafaella Roque (esposa); e, ainda, aos grandes mestres (professoras e professores) da caminhada acadêmica, por tanto contribuírem com a minha formação: Basílio Silva Neto, Regiopídio Gonçalves de Lacerda, Ana Célia Maia Meireles, Carlos Wagner Oliveira e Daisy Beserra Lucena, eu dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é sempre um ato bastante delicado, cheio de meandros e, quiçá, tão complexo e perigoso quanto a própria escrita do texto principal! Mesmo assim, incorrendo no risco de deixar alguém ou algo de fora (solicitando antecipadamente perdão caso isso ocorra), ousarei, nesta circunstância, dedicar algumas palavras de gratidão.

A todas as forças e combinações complexas e incertas do universo, assim como ao acaso ou mesmo ao(s) seu(s) ser(es) regente(s), pela permissão da minha existência e chegada até aqui!

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Daisy Beserra Lucena, pela parceria, paciência, questionamentos e ensinamentos repassados durante toda a pesquisa.

Aos professores componentes da banca: Dr. Bartolomeu Israel de Souza, Dr^a. Camila Cunico, Dr^a. Isorlanda Caracristi e Dr^a. Francineide Amorim Costa Santos, por dedicarem parte do seu precioso tempo às leituras e contribuições com este manuscrito. Aproveito o ensejo para render crédito, também, o Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura (PPGG/UFPB) que, com seu extenso conhecimento acerca da climatologia geográfica, muito contribuiu, desde o momento da nossa seleção até a banca de qualificação, para a composição final deste documento.

Ao Prof. Dr. Paulo Renato Alves Firmino, da Universidade Federal do Cariri - UFCA, por sempre dispor do seu tempo para nos ajudar com as dúvidas que envolvem a Ciência Estatística, e à Prof^a. Dr^a. Celme Tôrres Ferreira da Costa, também da UFCA, pela amizade e pelas reiteradas parcerias acadêmicas.

A todos os meus familiares, sobretudo à minha mãe, D. Ana Maria, e à minha esposa, Rafaella Roque, pelo carinho e constante encorajamento nos momentos mais difíceis da caminhada (tanto de vida quanto acadêmica).

À Musa e à Maura, nossas duas *felis catus* (parte essencial da família), por sempre estarem por perto, trazendo sua alegria, beleza e leveza.

Ao amigo José Bertrand (Bebé), que, com o seu vasto conhecimento territorial acerca do Município de Cajazeiras, vem nos prestando incomensurável auxílio, desde a pesquisa para a produção da dissertação do mestrado e ao qual, por justiça, faço questão de registrar aqui o meu agradecimento.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, por permitir a minha licença para a conclusão deste curso de doutoramento, assim

como a todas e todos as/os colegas e companheiras/companheiros do *campus* Cajazeiras (gestão, técnicos e docentes), pelo estímulo de sempre.

Aos(as) amigos(as)/irmãos(ãs) que a vida me trouxe, cujas boas energias, parcerias, ajudas e opiniões foram combustível para seguir o plano: Romeu Nunes, Leandro Honorato e suas respectivas esposas (Núbia e Polly); aos companheiros do “quarteto” André Flávio (UFMA), Rafael Vitor (IFCE) e Vladimir Feitosa (SEDUC-CE); e a Ricardo Paes, Rafael Ponce, Fábio Araújo e Sylvia Calixto.

À Maria das Dores de Souza (Branquinha) Abreu, Servidora Pública e Secretária Municipal de Meio Ambiente, ao Sr. Edilson Pereira de Almeida, responsável pela Gerência Regional da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária - EMPAER de Cajazeiras, e ao servidor, do mesmo órgão, Sr. José Edson, pelas valiosas informações que nos foram repassadas.

Ao Sr. José Eldismar Firmino do Nascimento e ao Sr. Francisco Cezanildo Gomes, respectivos Chefe e Fiscal da Unidade Local de Sanidade Animal e Vegetal - ULSAV de Cajazeiras, órgão vinculado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca - SEDAP da Paraíba, pelas inestimáveis informações e dados sobre a área rural fornecidos, gentilmente, para esta pesquisa.

Às psicólogas Jéssika Fernandes e Vlória Nijinsk. Terapia em dia é sinal de uma busca efetiva pela saúde mental e pelo equilíbrio nos momentos turbulentos causados pela ansiedade... elas duas sabem o quanto me ajudaram!

À coordenação, secretaria e docentes do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB); aos colegas da turma 2021.1 do PPGG/UFPB, em especial a Alexandre Ribeiro da Silva, que nos fez perceber o mundo de novas maneiras; e aos grupos de pesquisa GEOAMB/IFPB, LEMGE/UFCA e GEOFISA/UFPB, pelos corriqueiros momentos de troca e aprendizado.

Em 2004, no primeiro ano da graduação, quando eu era um humilde estudante iniciando os passos da carreira acadêmica, era também mandato presidencial inaugural de um simples operário brasileiro. Duas décadas depois, o terceiro mandato do Governo Lula devolve a este país a esperança de um futuro melhor, e é a ele a quem, por isso, faço ainda um agradecimento especial: imensa gratidão a você, Luiz Inácio Lula da Silva, meu presidente!

Finalmente, a todos os meus discentes (passados, presentes e futuros), razão pela constante busca de aprimoramento profissional. Pessoal, muito obrigado!!!

EPÍGRAFE(S)

Era uma vez um planeta mecânico,
Lógico, onde ninguém tinha dúvidas
Havia nome pra tudo e para tudo uma explicação
Até o pôr-do-sol sobre o mar era um gráfico

[...]

Mas de uma hora pra outra,
Tudo o que era tão sólido desabou, no final de um século
Raios de sol na madrugada de um sábado radical
Foi a pá de cal, tão legal

(Gessinger, s.d.)

Todos os gigantes tombados
Deram suas folhas ao vento
Folhas são bilhetes deixados
Aos homens do nosso tempo

[...]

Como dormir e sonhar
Quando a fumaça no ar
Arde nos olhos de quem pode ver
Terríveis sinais de alerta
Desperta pra selva viver

(Carlos; Carlos, 1989)

Potência nenhuma
Poderá suplantar
A ira da natureza
Quando a insurreição
Do planeta chegar
Em toda a sua grandeza
Não haverá meios de subornar
De impor alguma condição
A força oculta
Que irá engendrar
As vias da transição

(Beydoun, 2001)

SOUZA JÚNIOR, T. G. **ANÁLISE GEOGRÁFICA DO CLIMA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO A PARTIR DAS COMPLEXAS RELAÇÕES ENTRE USO E COBERTURA DO SOLO E AS TEMPERATURAS: UM RECORTE PARA O MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB NO INTERVALO DOS ANOS DE 1990 A 2020.** Tese (Doutorado). Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Departamento de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba. 211 f., il., 2024.

RESUMO

As temáticas “uso e cobertura do solo” e “temperaturas” são constantemente discutidas, em decorrência da intensa pressão que as atividades antrópicas imprimem ao redor do planeta. Assim, o presente manuscrito investiga o comportamento dessas variáveis, dentro do intervalo temporal que compreende os anos de 1990 a 2020, e analisa a sua correlação direta, no âmbito do Município de Cajazeiras, zona semiárida do Estado da Paraíba, cuja vegetação nativa é a Caatinga, a qual tem ocorrência endêmica no Brasil. Os dados utilizados são provenientes: do projeto MapBiomas e de trabalhos de campo - para uso e cobertura do solo -; das estações meteorológicas do INMET e dos arquivos do projeto TerraClimate - para temperaturas máximas, médias e mínimas do ar -; e, de imagens dos sensores dos satélites das missões LANDSAT 5 e LANDSAT 8 - para as temperaturas de superfície. As principais técnicas estatísticas empregadas foram os testes de Shapiro-Wilk, de Mann-Kendall e o Coeficiente de Correlação de Spearman. Os resultados indicaram que, no período analisado: houve modificação perceptível da cobertura do solo em Cajazeiras, mediante uma expressiva diminuição das áreas de vegetação natural, com o incremento da zona urbana e, sobretudo, o aumento das parcelas destinadas à utilização agropecuária; que ocorreu variação positiva para a elevação das temperaturas do ar; e, que existe correlação, com significância estatística, entre os tipos de uso e cobertura do solo e as temperaturas do ar e de superfície. Com isso, o trabalho chama atenção para a complexa relação existente entre as interfaces “condição natural” *versus* “atividades humanas” no tocante às mudanças climáticas, especificamente no campo da regulação térmica do meio ambiente, em área de ocorrência da vegetação de Caatinga. Esses resultados servem de subsídio para que haja uma melhor tomada de decisões, por parte da sociedade, no que concerne à maneira como se ocupa e se modifica a superfície terrestre, sobretudo em zonas semiáridas.

Palavras-chave: Temperaturas do Ar e de Superfície; Desmatamento; Caatinga; Correlações Estatísticas; Análise Sistêmica; Complexidade.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de. **GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE CLIMATE IN A SEMI-ARID ENVIRONMENT BASED ON THE COMPLEX RELATIONSHIPS BETWEEN LAND USE AND LAND COVER AND TEMPERATURES: A FOCUS ON THE MUNICIPALITY OF CAJAZEIRAS-PB FROM 1990 TO 2020.** Thesis (Doctorate). Center for Exact and Natural Sciences. Department of Geosciences. Graduate Program in Geography. Federal University of Paraíba. 211 f., il., 2024.

ABSTRACT

The themes of “land use and land cover” and “temperatures” are frequently discussed due to the intense pressure that human activities exert worldwide. Thus, this manuscript investigates the behavior of these variables within the time frame spanning the years 1990 to 2020 and analyzes their direct correlation in the context of the Municipality of Cajazeiras, located in the semi-arid region of the State of Paraíba, where the native vegetation is the Caatinga, which is endemic in Brazil. The data used were derived from: of MapBiomass project and fieldworks - for land use and land cover -; of meteorological stations from INMET and the TerraClimate project archives - for maximum, average, and minimum air temperatures -; and, the images of satellites sensors from the LANDSAT 5 and LANDSAT 8 missions - for surface temperatures. The main statistical techniques employed were the Shapiro-Wilk test, the Mann-Kendall test, and Spearman's Correlation Coefficient. The results indicated that, during the analyzed period: there was a noticeable modification in land cover in Cajazeiras, with a significant reduction in natural vegetation areas, an increase in urban zones, and, above all, an expansion of land allocated for agricultural activities; there was a positive variation in air temperature elevation; and there exists a statistically significant correlation between land use and land cover types and both air and surface temperatures. This study highlights the complex relationship between the interfaces of “natural condition” *versus* “human activities” concerning climate change, particularly in the field of environmental thermal regulation in areas with Caatinga vegetation. These results serve as a basis for improved decision-making by society regarding how the Earth's surface is occupied and altered, especially in semi-arid regions.

Keywords: Air and Surface Temperatures; Deforestation; Caatinga; Statistical Correlations; Systemic Analysis; Complexity.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de. **ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL CLIMA EN UN ENTORNO SEMIÁRIDO A PARTIR DE LAS RELACIONES COMPLEJAS ENTRE EL USO Y LA COBERTURA DEL SUELO Y LAS TEMPERATURAS: UN ENFOQUE EN EL MUNICIPIO DE CAJAZEIRAS-PB EN EL PERÍODO DE 1990 A 2020.** Tesis (Doctorado). Centro de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geociencias. Programa de Posgrado en Geografía. Universidad Federal de Paraíba. 211 f., il., 2024.

RESUMEN

Los temas de “uso y cobertura del suelo” y “temperaturas” se discuten con frecuencia debido a la intensa presión que las actividades humanas ejercen en todo el mundo. Así, el presente manuscrito investiga el comportamiento de estas variables dentro del intervalo temporal que abarca los años 1990 a 2020 y analiza su correlación directa en el contexto del Municipio de Cajazeiras, situado en la región semiárida del Estado de Paraíba, cuya vegetación nativa es la Caatinga, que es endémica de Brasil. Los datos utilizados provienen de: el proyecto MapBiomias y trabajos de campo - para el uso y cobertura del suelo -; de las estaciones meteorológicas del INMET y de los archivos del proyecto TerraClimate - para las temperaturas máximas, medias y mínimas del aire -; y, de las imágenes de los sensores de los satélites de las misiones LANDSAT 5 y LANDSAT 8 - para las temperaturas de superficie. Las principales técnicas estadísticas empleadas fueron las pruebas de Shapiro-Wilk, Mann-Kendall y el Coeficiente de Correlación de Spearman. Los resultados indicaron que, durante el período analizado: hubo una modificación perceptible en la cobertura del suelo en Cajazeiras, con una disminución significativa de las áreas de vegetación natural, un incremento en la zona urbana y, sobre todo, un aumento de las parcelas destinadas a actividades agropecuarias; que se registró una variación positiva en la elevación de las temperaturas del aire; y que existe una correlación, con significancia estadística, entre los tipos de uso y cobertura del suelo y las temperaturas del aire y de superficie. Este trabajo llama la atención sobre la compleja relación existente entre las interfaces “condición natural” *versus* “actividades humanas” en lo que respecta a los cambios climáticos, específicamente en el campo de la regulación térmica del medio ambiente en áreas con vegetación de Caatinga. Estos resultados sirven de base para una mejor toma de decisiones por parte de la sociedad en cuanto a la manera en que se ocupa y se modifica la superficie terrestre, especialmente en zonas semiáridas.

Palabras clave: Temperaturas del Aire y de Superficie; Deforestación; Caatinga; Correlaciones Estadísticas; Análisis Sistémica; Complejidad.

LISTA DE ABREVIACÕES

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
AR6	<i>Sixth Assessment Report</i> (Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas)
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BDiA	Banco de Informações Ambientais
BRACIS	<i>Brazilian Conference on Intelligent Systems</i> (Conferência Brasileira sobre Sistemas Inteligentes)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
cal	Caloria
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CCEN	Centro de Ciências Exatas e da Natureza
CE	Ceará
CENTEC	Instituto Centro de Ensino Tecnológico
CF	Constituição Federal
CFC	Clorofluorcarboneto
CH₄	Gás Metano
cm²	Centímetro Quadrado
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO₂	Dióxido de Carbono (Gás Carbônico)
DCA	Departamento de Ciências Atmosféricas
DCEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DOU	Diário Oficial da União
Dr. / Dr^a.	Doutor / Doutora
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPAER	Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária
FJN	Faculdade de Juazeiro do Norte
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEOAMB	Grupo de Pesquisa Geografia e Meio Ambiente
GEOFISA	Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais
GIS	<i>Geographic Information System</i> (Sistema de Informação Geográfica)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)
ha	Hectare
IAS	Instituto Água e Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas)
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
JEMS	<i>Journal and Event Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Diários e Eventos)
km	Quilômetro
km²	Quilômetro Quadrado
LA-CCI	<i>Latin America Conference on Computational Intelligence</i> (Conferência Latino-Americana sobre Inteligência Computacional)
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i> (Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre)
LEMGE	Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento
m	Metro
m²	Metro quadrado
MDE	Modelo Digital de Elevação
Mha	Mega Hectares
N₂O	Óxido Nitroso
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço)
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
NDWI	<i>Normalized Difference Water Index</i> (Índice de Água por Diferença Normalizada)
NIR	<i>Near Infrared</i> (Infravermelho Próximo)
ObservaSSA	Observatório de Bairros de Salvador
OLI	<i>Operational Land Imager</i> (Imageador Terrestre Operacional)
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
ORCID	<i>Open Researcher and Contributor Identification</i> (Identificação Aberta de Pesquisador e Colaborador)
PB	Paraíba
PIB	Produto Interno Bruto
PPGG	Programa de Pós-Graduação em Geografia
PRODER	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável
Prof. / Prof^a.	Professor / Professora
QR Code	<i>Quick Response Code</i> (Código de Resposta Rápida)
REGIC	Regiões de Influência das Cidades
REM	Radiação do Espectro Eletromagnético
RGI	Região Geográfica Imediata

RM	Região Metropolitana
RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i> (Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente)
S.C.U.	Sistema Clima Urbano
SEDAP	Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca da Paraíba
SEDUC-CE	Secretaria de Estado de Educação do Ceará
SHP	<i>Shapefile</i> (Tipo de arquivo para trabalho em <i>software</i> de geoprocessamento)
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
Sr. / Sr^a.	Senhor / Senhora
SUAP	Sistema Unificado de Administração Pública
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
TM	<i>Thematic Mapper</i> (Mapeador Temático)
TST	Temperatura Superficial Terrestre
UACA	Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
UFCA	Universidade Federal do Cariri
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal do Pernambuco
ULSAV	Unidade Local de Saúde Animal e Vegetal
UN	<i>United Nations</i> (Organização das Nações Unidas)
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
UPE	Universidade de Pernambuco
URCA	Universidade Regional do Cariri
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Pesquisa Geológica dos Estados Unidos)
USP	Universidade de São Paulo
UVA / UEVA	Universidade Estadual Vale do Acaraú

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica do Município de Cajazeiras, Paraíba	30
Figura 2: Posição da climatologia no campo do conhecimento científico	39
Figura 3: Disposição das partículas segundo o pensamento de Boltzmann	45
Figura 4: A superposição de sistemas do micro ao macro / (A) Células vegetais do catafilo de uma cebola; (B) Municípios e os seus núcleos urbanos no interior do Estado da Paraíba; (C) Células de Rayleigh-Bénard; e (D) Solo rachado em área que passou por seca severa	47
Figura 5: (A) Espacialização de postos pluviométricos (AESA) e estações meteorológicas (INMET) no Estado da Paraíba / (B) Pluviômetro do tipo Ville de Paris da AESA, instalado na sede da Gerência Regional de Cajazeiras da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER)	50
Figura 6: Articulação entre clima, vegetação, fauna e superfície (rochas-solos)	53
Figura 7: Os grandes biomas do mundo	54
Figura 8: Diagrama esquemático do geossistema	55
Figura 9: Os domínios morfoclimáticos brasileiros	56
Figura 10: Representação de dois biomas brasileiros / (A) Cerrado; e (B) Caatinga	57
Figura 11: Área de extensão do Domínio Morfoclimático das Caatingas	57
Figura 12: Contraste de períodos em área de formação de Caatinga / Serra da Arara, Município do Cajazeiras-PB, no período (A) chuvoso e (B) no período seco, do ano de 2023; e, imagens orbitais da porção centro-norte do Município de Cajazeiras-PB no período (C) chuvoso e (D) no período seco do ano de 2006	58
Figura 13: Fitofisionomias da Caatinga / (A) Caatinga arbórea; (B) Caatinga arbustiva; (C) Mata seca; e (D) Carrasco	59
Figura 14: Área de surgimento das primeiras grandes civilizações	63
Figura 15: Técnicas que compõem o geoprocessamento	69
Figura 16: Diagrama esquemático das ondas de Radiação do Espectro Eletromagnético-REM	69
Figura 17: Resposta espectral de alguns alvos encontrados na superfície terrestre	70
Figura 18: Interação da radiação eletromagnética com as folhas dos vegetais	72
Figura 19: Localização de Cajazeiras e de alguns dos principais municípios do Estado da Paraíba	81
Figura 20: Cajazeiras-PB e os seus municípios limítrofes	82
Figura 21: Evolução da população do Município de Cajazeiras-PB entre os anos 1960 e 2019	83
Figura 22: Pirâmide etária da população do Município de Cajazeiras-PB, recenseamento de 2022	83

Figura 23: Municípios centralizados ao polo de Cajazeiras-PB seja por meio da Região Metropolitana, da Região Geográfica Imediata e/ou da Microrregião	84
Figura 24: Região de Influência da Cidade de Cajazeiras-PB	86
Figura 25: Número de Anotações de Responsabilidade Técnica - ARTs emitidas para Cajazeiras, Patos e Sousa no ano de 2022	87
Figura 26: População urbana e rural <i>versus</i> área municipal da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras.....	88
Figura 27: Imóveis rurais de Cajazeiras-PB, conforme registro do Cadastro Ambiental Rural (CAR).....	89
Figura 28: Mapa hipsométrico do Município de Cajazeiras-PB	91
Figura 29: Mapa de declividade de Cajazeiras-PB.....	92
Figura 30: Vista panorâmica de Cajazeiras, localizada na Depressão Sertaneja do Estado da Paraíba.....	93
Figura 31: Pedologia de Cajazeiras-PB.....	94
Figura 32: Potencialidade agrícola de Cajazeiras-PB	95
Figura 33: Subprovíncias geológicas de Cajazeiras-PB	96
Figura 34: Unidades geomorfológicas de Cajazeiras-PB	97
Figura 35: Compartimentação geomorfológica de Cajazeiras-PB	98
Figura 36: Distribuição fitogeográfica de Cajazeiras-PB.....	99
Figura 37: Rede de drenagem de Cajazeiras-PB	101
Figura 38: Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos	103
Figura 39: Climograma de Cajazeiras-PB	104
Figura 40: Localização da estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET, instalada no Município de Sousa-PB.....	105
Figura 41: Balanço hídrico climatológico na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, Município de Sousa-PB, período de 1961 a 1990.....	106
Figura 42: Umidade relativa do ar na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, Município de Sousa-PB.....	106
Figura 43: Irradiância solar em Cajazeiras-PB	108
Figura 44: Fluxograma síntese das etapas procedimentais da pesquisa	111
Figura 45: Visão geral da metodologia do projeto MapBiomias	112
Figura 46: Temas transversais do projeto MapBiomias	112
Figura 47: Aparelho receptor GNSS utilizado no levantamento de campo.....	113
Figura 48: Quadrantes de análise das temperaturas do ar no Município de Cajazeiras-PB	115
Figura 49: Polígono de cobertura das 8 (oito) estações selecionadas do INMET para validação de dados de temperatura do TerraClimate.....	120

Figura 50: Hipsometria da área de Cajazeiras-PB considerando os quadrantes de Q01 a Q40.....	123
Figura 51: Mapas de uso e cobertura de solo em Cajazeiras para os anos de (A) 1990, (B) 2000, (C) 2010, e (D) 2020.....	129
Figura 52: Diagrama de Sankey das mudanças de uso e cobertura do solo em Cajazeiras-PB entre as décadas de 1990 a 2020.....	130
Figura 53: Representação dos dez pontos levantados em campo (P01 a P10) para os anos: (A) 1990, (B) 2020 e (C) 2024.....	133
Figura 54: Gráfico de dispersão entre temperaturas medidas e temperaturas estimadas para o recorte temporal 1990-2020, para: (A) Máximas, (B) Médias e (C) Mínimas.....	136
Figura 55: Influência da altitude nos dados de temperatura estimados pelo TerraClimate, para o Município de Cajazeiras-PB, considerando o recorte temporal 1990-2020 / (A) Matriz de correlação de ρ de temperaturas <i>versus</i> altitudes médias e medianas; e, (B) Comparação entre os quadrantes Q07, com altitude média de 260,70 m e Q40, com altitude média de 540,85 m.....	137
Figura 56: Tendência de aumento das temperaturas do ar, nos quadrantes de Q01 a Q40 e na estação meteorológica do INMET 82689-São Gonçalo, segundo o Teste de Mann-Kendall, aplicado no intervalo 1990-2020 / (A) Máximas; (B) Médias; e, (C) Mínimas.....	138
Figura 57: Série dos dados mensais de temperaturas (máximas, médias e mínimas) da estação 82689-São Gonçalo, com linhas dos testes de Pettitt, de 1990 a 2020.....	140
Figura 58: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, na Estação 82689-São Gonçalo, do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas.....	141
Figura 59: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, para os quadrantes Q09 (máximas), Q35 (médias) e Q08 (mínimas), do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas.....	143
Figura 60: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, para a média dos valores encontrado em todos os 40 quadrantes, do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas.....	143
Figura 61: Área ocupada por faixas de temperaturas definidas de acordo com os resultados dos processamentos das imagens dos sensores dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas.....	145
Figura 62: Gráfico dos valores de temperaturas de superfície (°C) encontrados nas imagens processadas para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas.....	146
Figura 63: Espacialização das faixas de temperaturas de superfície, definidas de acordo com os resultados dos processamentos das imagens dos sensores dos satélites LANDSAT 5 (imagens de 1992 e de 2009) e LANDSAT 8 (imagens de 2013 e de 2018), para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas.....	147
Figura 64: Matriz de correlação de Spearman entre uso e cobertura do solo <i>versus</i> temperaturas do ar para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas, no período de 1990 a 2020.....	148

- Figura 65:** Gráficos de setores ilustrando o contraste das modificações das classes de cobertura do solo nos 40 quadrantes de Cajazeiras e adjacências imediatas e no quadrante de localização da estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET / (A) 1990; e (B) 2020 149
- Figura 66:** (A) Comparação das temperaturas mínimas entre os quadrantes Q06 e Q16; (B) Comportamento das classes de uso e cobertura do solo no quadrante Q06; e, (C) Comportamento das classes de uso e cobertura do solo no quadrante Q16 150
- Figura 67:** Correlação de Spearman entre as classes definidas na pesquisa e suas respectivas respostas de NDVI e TST para a imagem de 22 de junho de 2018, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas 152
- Figura 68:** *Boxplots* com as variações de TST observadas no processamento das imagens de satélites nas datas de 14/06/1992, 29/06/2009, 24/06/2013 e 22/06/2018, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas 153
- Figura 69:** Precipitações registradas no Município de Cajazeiras-PB / (A) 2009; (B) 2013; (C) 2018 153
- Figura 70:** Imagens de comparação, para a área de Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas, entre: (A) classes do solo, obtidas a partir do processamento dos arquivos do MapBiomias; (B) NDVI; e, (C) TST, ambas obtidas com o processamento das imagens de 14/06/1992, 29/06/2009 - do LANDSAT 5 -, 24/06/2013 e 22/06/2018 - do LANDSAT 8 154
- Figura 71:** *Boxplots* com as variações de TST, por classe de uso e cobertura do solo, nas imagens trabalhadas para Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas / (A) 14-06-1992; (B) 29-06-2009; (C) 24-06-2013; (D) 22-06-2018 157
- Figura 72:** Matriz de Correlação de Spearman (ρ), da imagem de 22/06/2018, montada para ilustrar a correspondência entre TST, NDVI e os valores de altitude da área de análise, para Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas 157
- Figura 73:** Diagrama esquemático do anel de co-produção mútua 161
- Figura 74:** Normais climatológicas das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar, nos períodos 1961-1990 e 1991-2020, para a estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET (A) e para Cajazeiras-PB (B), consoante valores médios dos seus 40 quadrantes de dados do TerraClimate 163

Para baixar todas as figuras em alta resolução, acesse o [link](https://drive.google.com/drive/folders/1LTX4CHDGIBrB-BkkzSlcX6IWx2a-KmEHG?usp=drive_link), digite em seu navegador o endereço eletrônico [https://drive.google.com/drive/folders/1LTX4CHDGIBrB-BkkzSlcX6IWx2a-KmEHG?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1LTX4CHDGIBrB-BkkzSlcX6IWx2a-KmEHG?usp=drive_link), ou faça a leitura do **QR Code**.

Também é possível realizar o acesso, ao longo do texto, clicando sobre qualquer uma das figuras exibidas.



LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese de vários pensadores e os seus respectivos conceitos de cidade	62
Quadro 2: Mudanças climáticas globais	66
Quadro 3: Rebanho de Cajazeiras por espécies e quantidades aproximadas	90
Quadro 4: Correspondência entre satélite, registro (data e horário) e sensor das imagens utilizadas na pesquisa.....	118
Quadro 5: Coordenadas e localidades de referências dos pontos visitados em campo.....	135
Quadro 6: Agrupamento de quadrantes mediante intervalo das altitudes médias..	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População dos municípios da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras	85
Tabela 2: Valores absolutos das áreas (km ²) ocupadas pelas classes de cobertura do solo nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.....	132
Tabela 3: Resultados dos testes estatísticos de geração do Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ) para validação das temperaturas do ar estimadas pelo TerraClimate.....	136
Tabela 4: Resumo dos resultados dos testes de Mann-Kendall, <i>Sen's Slope</i> e Pettitt para o período 1990-2020 na estação 82689-São Gonçalo.....	139
Tabela 5: Valores de temperaturas de superfície (°C) encontrados nas imagens processadas para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas.....	145
Tabela 6: Contabilização do número de observações das porções de terra, com 900 m ² da área cada, por classe de uso e cobertura do solo, conforme processamento de dados do MapBiomas, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas.....	156

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE(S)	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
RESUMEN	ix
LISTA DE ABREVIACÕES	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE QUADROS	xvii
LISTA DE TABELAS	xviii
APRESENTAÇÃO	22
Introdução	25
CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO	34
1.1. Fundamentação teórico-metodológica	35
1.1.1. Uma aproximação do método à pesquisa climatológica	35
1.1.2. Geografia e Climatologia	38
1.1.3. Teorias do clima: do mecanicismo estático à complexidade dinâmica .	40
1.1.4. Temperatura e Domínio Morfoclimático: características das Caatingas	48
1.1.5. O espaço urbano e o rural	60
1.1.6. Escala de análise (espaço e tempo)	64
1.1.7. Geoprocessamento	68
1.1.8. Estatística	73
1.2. Breve revisão de literatura sobre as mudanças climáticas	74
CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	80
2.1. O Município de Cajazeiras-PB	81
2.1.1. Caracterização geral	81
2.1.2. Representatividade de Cajazeiras	85
2.1.3. Aspectos fisiográficos de Cajazeiras	90
2.1.4. Aspectos climáticos de Cajazeiras	102

CAPÍTULO III: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	110
3.1. Dados da pesquisa	111
3.1.1. Uso e cobertura do solo	111
3.1.2. Levantamento de campo	113
3.1.3. Temperaturas do ar	114
3.1.4. Sensoriamento Remoto	115
3.2. Tabulação e <i>softwares</i> empregados	118
3.3. Técnicas de análise	119
3.3.1. Análise da dinâmica de uso e cobertura do solo	119
3.3.2. Validação e análise dos dados de temperatura do ar	119
3.3.3. Análise dos dados de Temperatura Superficial Terrestre - TST e <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> - NDVI	126
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS E ANÁLISES	 128
4.1. Dinâmica de uso e cobertura do solo observada em Cajazeiras	129
4.2. Variações dos dados de temperaturas do ar	136
4.2.1. Análise dos testes de Mann-Kendall	138
4.2.2. Análise da aplicação do método dos quantis	141
4.3. Temperatura Superficial Terrestre - TST para Cajazeiras e adjacências imediatas	144
4.4. Correlações estatísticas entre uso e cobertura do solo e temperaturas ..	148
4.4.1. Uso e cobertura do solo e temperaturas do ar	148
4.4.2. Uso e cobertura do solo e temperaturas de superfície	151
4.5. Alinhavando os resultados à teoria	158
4.6. Lacunas e sugestões para futuras pesquisas	161
 5. Considerações finais	 166
 6. Referencial bibliográfico	 170
 APÊNDICES	 199
Apêndice A: Detalhamento do resultado dos testes de Mann-Kendall aplicados nas temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) dos Quadrantes (Q01 a Q40) e da estação meteorológica 82689-São Gonçalo	200
Apêndice B: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)	201

Apêndice C: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas médias da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)	202
Apêndice D: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)	203
Apêndice E: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas do quadrante Q09 (1990 a 2020)	204
Apêndice F: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas médias do quadrante Q35 (1990 a 2020)	205
Apêndice G: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas do quadrante Q08 (1990 a 2020)	206
Apêndice H: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)	207
Apêndice I: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas médias do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)	208
Apêndice J: <i>Heat map</i> do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)	209
Apêndice K: Percentual de ocupação das classes de uso e cobertura do solo, nos quadrantes de Q01 a Q40, entre 1990 e 2020	210
Apêndice L: Demais dados tabulados da pesquisa	211

APRESENTAÇÃO

De certa maneira, é possível dizer que o início do presente trabalho nasce a partir da experiência, enquanto discente, nas disciplinas de Climatologia I, Climatologia II e Biogeografia, cursadas, respectivamente, nos longínquos semestres de 2005.2, 2006.1 e 2006.2, durante a graduação de Licenciatura Plena em Geografia, da Universidade Regional do Cariri - URCA *campus* Pimenta, na cidade de Crato-CE.

Enquanto a Licenciatura auxiliava na formação crítica, sem prescindir de abordagens quantitativas (como foram os casos das disciplinas “Elementos de Matemática” e “Estatística Aplicada a Geografia” frequentadas, em sequência, nos períodos 2004.2 e 2005.1), o curso superior de Tecnologia em Eletromecânicaⁱ, do Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC unidade Cariri, localizado em Juazeiro do Norte-CE, acentuava os conhecimentos lógico-matemáticos, também presentes neste manuscrito.

A continuidade da ideação da investigação prosseguiu após a conclusão dos cursos superiores, em 2007 (Tecnologia) e 2008 (Licenciatura), momento do ingresso (quase que imediato) como professor de Geografia do Ensino Básico, níveis fundamental e médio.

Referida experiência docente ali estabelecida, por quem sempre trilhou academicamente o seu caminho por instituições públicas de ensino, propiciou mais contato com materiais didáticos e científicos a respeito das mudanças climáticas, o que foi aprofundando o interesse pela temática.

No ano de 2012, a disciplina “Educação Ambiental Aplicada a Geografia Escolar”, do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* (Especialização) em Ensino de Geografia, promovido pela Faculdade de Juazeiro do Norte - FJN, seguia estimulando a curiosidade pelo referido conteúdo, debatido de maneira crescente pela comunidade científica mundial, assim como pela sociedade em geral, graças à sua ampla divulgação por parte da mídia.

Assim, quando da chegada como Professor ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB *campus* Cajazeiras, no segundo semestre do ano de 2014, e a conseqüente decisão de fixar residência no Município, é despertada a ideia de gerar trabalhos científicos, com este teor e sobre a área em

questão, visando aproximar os discentes da realidade geográfica por eles vivenciada.

Em 2018, o ingresso no curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* (Mestrado) em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER, da Universidade Federal do Cariri - UFCA *campus* Crato, além de expandir o olhar crítico a respeito das pesquisas científicas relacionadas ao meio ambiente, pôs em prática o intento da geração de conhecimentos sobre Cajazeiras-PB.

Com isso, além da dissertação intitulada “Açude Grande de Cajazeiras-PB: uma análise da sua água e dos seus usosⁱⁱ”, foram produzidos os artigos científicos: “Açude Grande de Cajazeiras (PB): um insustentável exemplo de descuido com a água no semiárido brasileiroⁱⁱⁱ” e “Inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano utilizando o sensoriamento remoto^{iv}”.

Ao término do curso de Mestrado, a convite da colega (e amiga) do IFPB Prof^a. Dr^a. Telma Lúcia Bezerra Alves Aires, orientamos o projeto de pesquisa intitulado “Detecção remota de ilhas de calor urbanas superficiais em Cajazeiras-PB”, aprovado por meio do edital da “Chamada 01/2020 - Interconecta” da instituição, o qual nos legou como frutos os trabalhos: “Análise da temperatura de superfície e cobertura vegetal na Cidade de Cajazeiras-PB^v” e “Ilhas de calor urbanas superficiais em Cajazeiras-PB^{vi}”, além do projeto de pesquisa de doutoramento que, na presente ocasião, culmina com esta tese.

A investigação, ora apresentada, se diferencia das suas antecessoras, bem como do trabalho “Análise do clima urbano de Cajazeiras-PB^{vii}”, de autoria de Saraiva e Caracristi (2022), pelo fato de extrapolar as discussões climáticas de temperatura sobre a zona urbana e incluir, nas análises a serem efetuadas e debatidas, toda a área municipal deste relevante ente federativo do Alto Sertão paraibano.

Ressalta-se que todas as discussões teóricas empreendidas foram adensadas durante a integralização das seguintes disciplinas obrigatórias do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG da Universidade Federal da Paraíba - UFPB: “Teoria e Método em Geografia”, “Seminário de Teoria e Metodologia na Linha de Pesquisa” e “Seminário de Tese”.

Espera-se, com esta contribuição, ampliar um pouco mais os conhecimentos sobre a área em questão e, principalmente, instigar outros questionamentos que possam ser abordados e aprofundados, em um futuro breve, por novos

pesquisadores com interesses semelhantes, mesmo que em lugares bem distintos e com condições diversas.

Que você(s) tenha(m) uma excelente leitura!

O autor^{viii}.

ⁱ Ressalta-se que, embora URCA e CENTEC sejam instituições oficiais distintas, ambas mantidas pelo Governo do Estado do Ceará, à época, ainda não existia a proibição de que uma mesma pessoa ocupasse duas vagas, simultaneamente, em instituições públicas de ensino superior, conforme rege, atualmente, a Lei Nº 12.089, a qual somente foi sancionada anos depois, e publicada entre as páginas 6 e 7 da seção 1 do DOU Nº 216, de 12 de novembro de 2009. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=12/11/2009&jornal=1&pagina=6&totalArquivos=128>. Acesso em: 17 jun. 2024.

ⁱⁱ Disponível em: <https://deposita.ibict.br/handle/deposita/175>. Acesso em: 17 jun. 2024.

ⁱⁱⁱ Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/9701>. Acesso em: 17 jun. 2024.

^{iv} Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/247536>. Acesso em: 17 jun. 2024.

^v Encontrado no Capítulo 6 do E-book “Planejando cidades, mitigando riscos”, disponível em: https://www.mapgeoufpe.com.br/_files/ugd/5057f5_169583ac632d4ccf998d3400aecb317a.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.

^{vi} Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60200>. Acesso em: 17 jun. 2024.

^{vii} Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terra/article/view/5203. Acesso em: 17 jun. 2024.

^{viii} E-mail de contato profissional: teobaldo.souza@ifpb.edu.br. Para mais informações sobre o autor, verifique as seguintes plataformas públicas: Currículo Lattes (disponível em <http://lattes.cnpq.br/5876094261472478>); *Open Researcher and Contributor Identification* - ORCID (disponível em <https://orcid.org/0000-0002-0961-6595>); Identificação no Sistema Unificado de Administração Pública - SUAP (disponível em <https://suap.ifpb.edu.br/bi/pesquisador/5876094261472478/>); e, Integra IFPB (disponível em: <https://integra.ifpb.edu.br/p/teobaldo-gabriel-de-souza-junior>). Acesso em: 17 jun. 2024.

Introdução

No quadro geral das alterações climáticas, dentre as grandes preocupações dos cientistas e governantes, os dados de temperatura estão em lugar de destaque, isto porque, conforme Margulis (2020, p. 6), ultrapassar os “pontos de não retorno do complexo sistema climático nos levaria a um planeta praticamente inabitável no próximo século”.

A esse respeito, embora os chamados Gases de Efeito Estufa (GEE) como, por exemplo, o metano (CH₄), o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O) e os gases fluorados (CFCs) detenham grande parcela da atenção, uma vez que a energia térmica é a grande regente do clima (Conti, 2011; Margulis, 2020), o uso e cobertura do solo também contribuem com as alterações climáticas (Conti, 2011), assim como potencializam o denominado “calor antropogênico”.

Trabalhos como os de Albuquerque e Lopes (2016), Findell *et al.* (2017), Zengjing *et al.* (2018), Lykhovyd (2021), Han *et al.* (2022), Feldman *et al.* (2023) e Hussain *et al.* (2023) discutem as mudanças do uso do solo como uma das fontes do calor antropogênico e, sobretudo, salientam a importância da vegetação nativa como reguladora térmica, em diversas áreas ao redor da Terra.

A vegetação, um dos elementos primordiais do meio natural, é responsável por uma série de processos ecológicos que asseguram o funcionamento dos ecossistemas por meio: da purificação do ar e da água; da proteção dos solos contra a erosão; da conservação da biodiversidade, uma vez que fornece habitats para uma grande variedade de espécies animais; e da regulação do clima (Artaxo *et al.*, 2014).

É também, a vegetação, importante fonte de alimentos, fibras, medicamentos e outros produtos essenciais para o conforto, o bem-estar e, essencialmente, a sobrevivência dos seres humanos e demais animais, além de ser um importante componente da paisagem que, juntamente com o solo, a rede hidrográfica, o relevo e o clima, integram o meio físico característico de uma região, país ou continente. Entretanto, dentre os elementos fisiográficos, é o mais vulnerável às ações antrópicas (Pereira, 2010), visto que é o primeiro a ser modificado para o uso do solo.

Estima-se que entre 2001 e 2021 houve uma perda de 11% da cobertura arbórea global ou, em números absolutos, 437 mega hectares - Mha (Global Forest

Watch, 2023), um dado alarmante, considerando o curto período de tempo observado.

No Brasil, país bastante extenso em território, que ocupa mais de 851 mega hectares - Mha, os quais abrigam formações florestais ricas em biodiversidade denominadas Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pampa, Pantanal e Mata Atlântica (Sousa Júnior *et al.*, 2020), a perda de vegetação nativa, de 1985 a 2021, foi de 13,1% (MapBiomas, 2022).

Considerando que, embora, entre as florestas brasileiras, apenas duas tenham sido originalmente classificadas por Myers (1988) como “*hot spots*” ecológicosⁱ, a saber: Amazônia e Mata Atlântica; e que, atualmente, em nível internacional, despertem maior atenção somente três delas, o Cerrado (Myers *et al.*, 2000) juntamente com os já citados Amazônia e Mata Atlântica, todos os biomas possuem vital relevância para o equilíbrio ambiental.

O Relatório Anual do Desmatamento de 2021 (MapBiomas, 2022) reporta que, naquele ano, a Caatinga foi a segunda área mais devastada do Brasil ficando atrás somente da Amazônia; e que, em conjunto com o Cerrado, esses três biomas responderam por 96,2% de todas as perdas florestais no país.

No entanto, mesmo sendo a única região natural integralmente brasileira (Leal; Tabarelli; Silva, 2003), a Caatinga, em comparação com as florestas tropicais e savanas adjacentes, ainda permanece relativamente pouco estudada e protegida (Albuquerque *et al.*, 2012; Kiill; Porto, 2019; Coelho *et al.*, 2021).

O livro “Atlas das Caatingas” (Freire, 2018, p. 11) aponta que existem, apenas, 36 unidades de conservação na área de abrangência desta formação vegetal, o que equivale a, aproximadamente, 7,5% da área original de Caatinga. No entanto, ao se considerar somente o regime de proteção integral, apenas 1% da extensão desta “exclusiva província fitogeográfica” (Prado, 2003, p. 4) atende ao requisito mencionado.

De maneira geral, ao longo do tempo, a pressão antrópica reduziu em, aproximadamente, 50% os 844.453 km² de extensão original da Caatinga (principalmente para a retirada de lenha, implantação de pastagens e de campos agrícolas). Dentre os motivos listados para essa situação estão: a biomassa oriunda dessa floresta é uma das fontes de energia mais importantes no seu perímetro de ocorrência (onde os ciclos de retirada são relativamente curtos não permitindo que a vegetação nativa se recupere plenamente); a densidade populacional na área é

relativamente alta (em média 25 habitantes por km²); e nela há a predominância de pequenas propriedades, as quais criam um verdadeiro mosaico sobre os usos e cobertura da terra (Althoff *et al.*, 2018).

Somado a isso, há o efeito da urbanizaçãoⁱⁱ que vem, nos últimos anos, se acentuando no planeta inteiro. Nessa perspectiva, enquanto a cidadeⁱⁱⁱ vem se tornando cada vez mais o *habitat* da humanidade (UN, 2022), provoca todo um conjunto de alterações sociais, políticas, econômicas e, sobretudo, ambientais no espaço geográfico (Cocato, 2021) uma vez que, consoante Rufino e Silva (2017), quanto maior a concentração da população em determinada área, maior será a pressão sobre os recursos naturais e energéticos o que reflete, diretamente, no uso e cobertura do solo.

Salienta-se que, especificamente no tocante às áreas urbanas, a retirada da vegetação nativa, a impermeabilização do solo, a canalização e mudança no curso dos rios, o aterramento de lagoas, as modificações gerais do relevo, os materiais utilizados na construção civil, o aglomerado de pessoas e de processos industriais, a produção de resíduos variados, além da queima de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica ou para uso nos meios de transporte são responsáveis por criar condições climáticas específicas, fato denominado por Monteiro (1975) como Sistema Clima Urbano - S.C.U.

Em vista disso, os ambientes citadinos são capazes de gerar as denominadas ilhas de calor, isto é, áreas que apresentam elevadas temperatura em relação aos locais rurais circundantes com altitudes, exposição de vertentes e outras características similares (Ferreira, 2019).

Concebido desde a década de 1940 (Stewart; Oke, 2012), “ilha de calor” se trata de um termo ainda em construção (Fialho, 2012; Ferreira, 2019). Em que pese já ter sido relacionado à quantidade de habitantes residentes em uma vila, cidade ou metrópole (Oke, 1973), é atualmente sabido que, independentemente do seu tamanho ou especificidade climática, qualquer aglomerado urbano é passível da geração deste fenômeno (Roth, 2007; Ferreira, 2019; Teixeira, 2019; Amorim, 2020a; Amorim 2020b).

É importante destacar que, as cidades não são um fenômeno humano recente e a sua existência data de, pelo menos, 4.500 anos atrás. Entretanto, seu crescimento mais expressivo foi vinculado ao processo amplamente conhecido como Primeira Revolução Industrial, iniciado na Europa no século XVIII (Sposito, 2005).

No Brasil, assim como no restante do mundo, a aceleração da urbanização não se deu desvinculado da sua industrialização. Contudo, pelo fato de a marcha fabril nacional ter ocorrido de forma tardia^{iv} em relação, por exemplo, à Europa, aos Estados Unidos e ao Japão (Pochmann, 2016), uma mudança nos padrões da população só pôde ser de fato observada no intervalo decenal 1960-1970 (Pinheiro, 2007), quando a maior parte dos brasileiros passou a residir em sítios urbanos.

Com relação à região semiárida brasileira, uma das mais populosas do mundo (Rufino; Silva, 2017), existe grande número de pequenas e médias cidades^v (ora rústicas, ora modernas) que desempenham funções de apoio direto ao mundo rural ao exercerem papéis administrativos, sociais e religiosos, calcados em tarefas comerciais nas quais, principalmente as feiras, funcionam como pontos de negociações e trocas dos mais variados produtos (Ab'Sáber, 2007).

Tal diversidade evidencia o contraste e a correlatividade existente no interior desses dois universos geográficos vitais: o urbano e o rural^{vi}. Ambos dando suporte à vida e à sociedade por meio dos seus recursos naturais ou, nas palavras de Santos (2004, p. 20), “recursos sociais^{vii}”.

Essa complexa relação de dualidade e complementaridade no binômio rural/urbano apresenta características específicas de acordo com a região de inserção dos municípios, sendo relevante destacar aqui que, no Brasil, município é o menor dos entes federativos^{viii} e consistem na soma dos espaços existentes entre o campo (zonas rurais), a cidade e os distritos (zonas urbanas) dentro dos seus limites, os quais, conforme Araújo e Soares (2009, p. 204), “precisam ser encarados como espacialidades interdependentes e complementares”.

Constantemente esse liame é mediado pelas condições físicas e climáticas da localidade, tendo em vista que a natureza (em maior ou menor grau), reiteradamente, orquestrou - e ainda orchestra - as atividades humanas. Ante o exposto, Mendonça e Danni-Oliveira (2009) discutem que desvendar os fenômenos naturais, dentre eles a atmosfera e o clima, sempre foi uma aspiração das sociedades, haja vista que esses conhecimentos poderiam alçá-las da condição de expectadores passivos ao de utilitários e manipuladores destes, em diferentes escalas.

Assim, tomando-se por base que o clima é constituído por um intrincado e complexo sistema de fatores: radiação solar, latitude, altitude, ventos, massas continentais, presença ou ausência de corpos hídricos, topografia, solo, urbanização

e vegetação; e elementos: precipitação, umidade, temperatura e movimento das massas de ar (Romero, 2020), faz-se mister o monitoramento das condições climáticas para a verificação e a tomada de decisões da sociedade hodierna.

Destarte, as medições realizadas em estações meteorológicas, gradativamente implantadas, foram essenciais para se montar um portfólio de dados que permitissem gerar informações e conhecimento sobre as condições climáticas peculiares de cada região. Na atualidade, o Sensoriamento Remoto (SR) é mais uma técnica que vem dando suporte cada vez mais aprimorado acerca de informações sobre importantes variáveis climatológicas, como são os casos da temperatura de superfície (Pavão *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2022); do uso e cobertura do solo (May; Reis, 2016; Sousa Júnior *et al.*, 2020); e dos índices de precipitação (Silva *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2022).

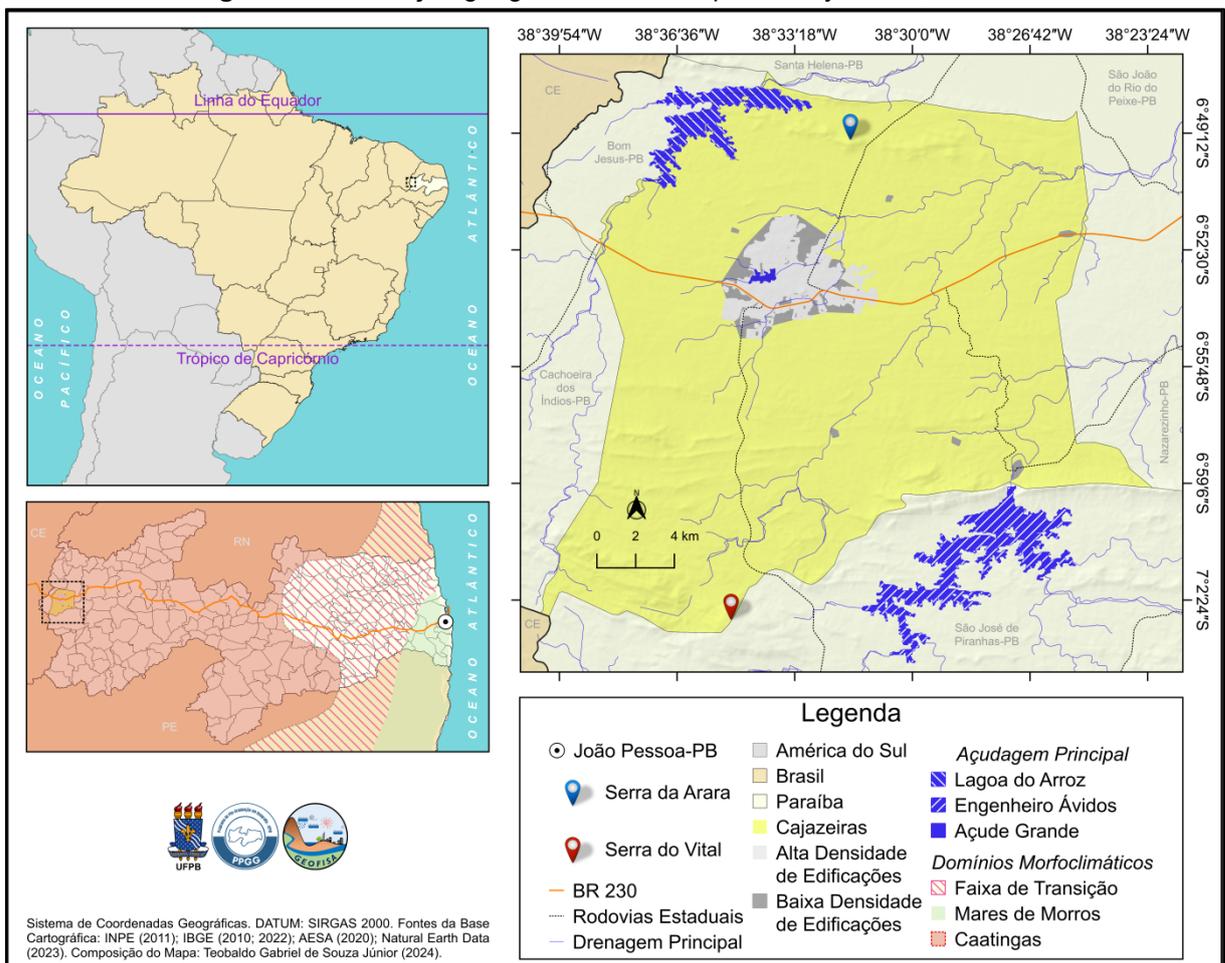
Tal arcabouço permitiu observar que a humanidade vem impingindo aceleradas transformações ao meio ambiente de forma que, alguns pesquisadores defendem como adequado empregar o termo “antropoceno”, que seria a era geológica em que as ações antropológicas estariam afetando indelevelmente todo planeta; e em que o desmatamento da cobertura vegetal nativa, por exemplo, seria um dos fatores que estariam alterando as condições climáticas (Artaxo, 2014).

De acordo com o sexto relatório (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), a humanidade vem induzindo, de forma inequívoca, mudanças que são claramente discerníveis daquelas que são impostas pela natureza, uma vez que, nos últimos 2 milhões de anos, “as esferas terrestres” (atmosfera, criosfera, biosfera e oceano) jamais perceberam índices tão elevados de gases do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO₂).

O documento também destaca a importância da vegetação para a amenização do clima no sequestro dos GEEs (IPCC, 2022). Portanto, se mostra válido discutir uso e cobertura do solo considerando: o fenômeno da urbanização, já que, ao ampliar a sua área geográfica, as cidades demandam energia e emprego de matérias-primas, afetando a temperatura da área onde está assentada (Vasconcelos; Zamparoni, 2011); e, o campo, que reflete antropismo pela demanda do contingente populacional concentrado sobre determinada superfície (Rufino; Silva, 2017), fator que gera áreas desmatadas capazes de alterar o balanço de energia, em diversas escalas.

Nesse contexto, considerando a visibilidade que deve ser dada aos municípios de pequeno e médio porte no Brasil (Moreira Junior, 2013; Stamm *et al.*, 2013), que muitas vezes centros urbanos com essas dimensões não são mencionadas como produtoras de características climáticas específicas que possam contribuir negativamente para a qualidade de vida das muitas pessoas que nelas vivem (Teixeira; Amorim, 2017; Teixeira, 2019; Amorim, 2020a; Amorim, 2020b, Teixeira; Amorim, 2022), e ainda, visando colaborar com os estudos das relações entre a Caatinga^{ix} e os dados de temperatura, é que investigou-se o Município de Cajazeiras, no estado da Paraíba (Figura 1).

Figura 1: Localização geográfica do Município de Cajazeiras, Paraíba



Fontes da Base Cartográfica: INPE (2011); IBGE (2010; 2022); AESA (2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Situado no extremo oeste paraibano, Cajazeiras é um importante Município localizado próximo das divisas dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Seu território faz limite com os municípios de: Santa Helena-PB

(Norte), São João do Rio do Peixe-PB (Norte e Leste), Nazarezinho-PB (Leste), São José de Piranhas-PB (Sul), Barro-CE (Sudoeste), Cachoeira dos Índios-PB (Oeste) e Bom Jesus-PB (Noroeste).

Com pouco mais de um século e meio de emancipação política, a história de Cajazeiras não só guarda identidade com o tipo de interiorização do Estado da Paraíba, como também é testemunha da própria história da interiorização da Região Nordeste do Brasil.

Sua relevância não é dada somente pela população residente (conforme o censo do IBGE de 2022, na ordem de 63.239 pessoas), mas por possuir a maior taxa de urbanização das adjacências (IBGE, 2017a) além de, também, ser o mais importante polo educacional e comercial de sua circunvizinhança (Souza Júnior, 2020; Souza Júnior *et al.*, 2024), exercendo papel fundamental na hierarquia local (IBGE, 2018).

Desta feita, são questionamentos que nortearam a presente pesquisa: 1) Vem ocorrendo expansão evidente das áreas antropizadas (destinadas à produção rural e ao aumento das zonas urbanizadas), ao ponto de provocar supressão da vegetação nativa de Caatinga em todo o Município de Cajazeiras-PB?; 2) Há correlação significativa entre uso e cobertura do solo e as temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) e de superfície em Cajazeiras?; 3) Existem oscilações positivas verificáveis das temperaturas do ar e de superfície na área foco do estudo?; e 4) É possível estabelecer associação direta entre antropização do solo, diminuição da vegetação nativa e aumento das temperaturas do ar e da superfície na área pesquisada?

Ante o exposto, e ponderando-se a importância de estudos que avaliem localmente o comportamento dos valores de temperatura, variável de grande relevância nas pesquisas climatológicas, a **hipótese** do estudo é: **os pressupostos sistêmicos contemporâneos, voltados à compreensão das conexões ambientais entre as características de uso e ocupação do solo e o clima, possibilitam a análise quantitativa e qualitativa das relações complexas, em escala local, entre o desmatamento da Caatinga e a variabilidade das temperaturas (do ar e da superfície), no âmbito do limite municipal de Cajazeiras-PB.**

Diante disso, a tese tem o como **objetivo geral investigar a complexidade da associação entre a dinâmica das mudanças na cobertura da superfície de Cajazeiras-PB e as suas temperaturas (do ar e de superfície).**

São **objetivos específicos**:

- i) Analisar, com base no interstício entre 1990 a 2020, as mudanças de uso e cobertura do solo que ocorreram no Município de Cajazeiras-PB;
- ii) Verificar a variabilidade das temperaturas do ar e da superfície em Cajazeiras, nas três décadas de abrangência da investigação; e
- iii) Averiguar a relação entre cobertura do solo e as temperaturas (máximas, médias e mínimas) do ar e de superfície na área de estudo.

Para prover lastro científico à discussão, a escrita da tese está estruturada em quatro capítulos principais e os seus respectivos itens e subitens, sendo o primeiro dedicado ao Referencial Teórico, o segundo voltado para a Caracterização da Área de Estudo, o terceiro aos Procedimentos Metodológicos e, por último, os Resultados e Análises.

Diante da temática abordada, a presente pesquisa busca contribuir com um melhor entendimento a respeito de como a dinâmica de ocupação do solo acarreta desmatamento e contribui com alterações nos dados de temperatura, ao longo do tempo. Os resultados obtidos visam guiar gestores públicos e sociedade civil a uma reflexão que possa conduzir a um aprimoramento das formas de uso da terra, sobretudo em zonas semiáridas com ocorrência de Caatinga.

Portanto, embora se reconheça que a dinâmica de variáveis globais (fatores e elementos do clima) como a radiação solar, a latitude, a altitude, os ventos, as massas continentais, a presença ou ausência de grandes corpos hídricos contribuam com as oscilações da temperatura; o desmatamento (bem mais suscetível a rápidas intervenções antrópicas), as atividades agrícolas e a urbanização, também podem influenciar diretamente na situação aludida, em conjunto com fatores locais mais contínuos como: topografia, tipo de solo, precipitações, movimento e a umidade do ar (Romero, 2020).

ⁱ *Hotspots* de biodiversidade ou ecológicos são regiões biogeográficas que, a despeito de serem reservas de biodiversidade, podem estar ameaçadas de destruição. Em tradução livre o termo, contemporaneamente grafado como palavra única, deriva das palavras: *hot* = quente + *spots* = pontos e são, basicamente, caracterizados por possuírem elevados níveis de endemismo de plantas e animais; e por estarem gravemente ameaçados com a perda de habitat (Myers, 1988).

ⁱⁱ Neste trabalho optou-se pelo sentido dicionarizado do termo urbanização: ato ou efeito de urbanizar, isto é, inserir um conjunto dos trabalhos necessários para se dotar uma área de infra-estrutura (como água, esgoto e eletricidade, por exemplo) ou serviços urbanos (como é o caso da oferta de transporte e escola) (Ferreira, 2001).

ⁱⁱⁱ Conforme o dicionário, cidade é o “complexo demográfico formado por importante concentração populacional não agrícola e dada a atividades de caráter mercantil, industrial, financeiro e cultural; urbe” (Ferreira, 2001, p. 161-162).

^{iv} Para Pochmann (2016), o real ciclo de industrialização no Brasil só é iniciado na década de 1930, portanto, somente na primeira metade do século XX.

^v Destaca-se que não há um consenso universal sobre o conceito de cidade e que, no Brasil, cidade é a área urbanizada que sedia a administração do município (Ultramari, 2019). Os limites das cidades (e demais zonas urbanas, como os distritos), são definidos por legislação local e, geralmente, atendem às demandas das prefeituras sem, necessariamente, considerar as características territoriais e sociais do município e de seu entorno (IBGE, 2017a).

^{vi} Embora complementares, dentro das discussões geográficas existem diferenças conceituais entre os pares de termos rural/urbano e campo/cidade. Nesta pesquisa todos foram usados de forma generalista, entretanto, para um maior aprofundamento sugere-se a leitura de Hespanhol (2013).

^{vii} Nas palavras de Santos (2004, p. 20): “Os recursos naturais... se são naturais não são recursos, e para serem recursos têm que ser sociais”. No entanto, em uma definição mais clássica, Conti e Furlan (2003, p. 87) consideram como *recurso natural* “todo e qualquer componente da natureza que o homem pode usar em seu benefício”.

^{viii} De acordo com o Art. 18 da Constituição da República Federativa do Brasil (encontrado no seu Título III, Capítulo I), “A organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios [...]” (Brasil, 1988).

^{ix} Apesar de sua exclusiva ocorrência no Brasil, ao longo do tempo a Caatinga parece ter adquirido um menor status do que outros ambientes. Legislações importantes como a Constituição Federal de 1988 e o “Novo Código Florestal” não citam diretamente essa formação vegetal. A primeira, em seu Art. 225, Inciso VIII, § 4º, diz que “A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.” (Brasil, 1988); enquanto que a segunda, a Lei Federal Nº 12.651/2012, privilegia a Amazônia Legal e o Cerrado em detrimento das demais florestas brasileiras (Brasil, 2012).

CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Fundamentação teórico-metodológica

[...] a natureza segue um ritmo pautado por uma entidade ainda maior que ela própria: o clima. A natureza, antes de tudo, é regida pelo clima, o qual, diferentemente da evolução linear no tempo cronológico, funciona como manifestação espasmódica: a cada suspiro, ele altera o rumo das espécies, as possibilidades de vida e a biodiversidade. Trata-se da instância definidora do tempo, da existência e da vida [...]. As formas de vida que um dia viveram em cada lugar da Terra foram extintas, transformadas, ou surgiram ao receber uma instrução climática.

*Excerto do mural de entrada do Museu da Natureza
Parque Nacional da Serra da Capivara
Município de Coronel José Dias-Piauí
Texto do Diretor Artístico do Museu
Marcello Dantas*

O objetivo central deste capítulo, além de realizar uma breve discussão teórica sobre a climatologia, é dar lastro científico à tese. Os argumentos contidos no texto buscam balizar o leitor no âmbito do contexto metodológico sobre o qual a escrita foi calcada. Sua principal contribuição trata-se da problematização do método na climatologia, além de esclarecer quais foram os principais delineamentos da pesquisa.

1.1.1. Uma aproximação do método à pesquisa climatológica

Conforme Polak e Diniz (2011), o conhecimento sempre esteve presente na trajetória histórica e evolutiva da humanidade. Para estes autores, o conhecimento se reconfigura de acordo com o paradigmaⁱ vigente, exigindo um constante e crítico olhar em relação ao objeto do estudo, o que requer uma boa sistematização.

Tal sistematização pode ser chamada de métodoⁱⁱ, uma vez que “assegura a investigação, o estudo do objeto de interesse, dando início a **Metodologia Científica**, como um instrumento, um caminho baseado em critérios, em princípios, como resposta ao problema” (Polak; Diniz, 2011, p. 23, grifo no original).

Para Morin (1977, p. 350), método pode ser concebido como um “princípio produtor de conhecimento” e para Gil (2008, p. 8), pode-se definir método como o caminho que tem o intuito de se chegar a determinado fim, sendo que o “método científico” se classifica como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento.

Assim, o método científico pode ser dividido em dois grandes grupos “o dos que proporcionam as bases lógicas da investigação científica e o dos que esclarecem acerca dos procedimentos técnicos que poderão ser utilizados” (Gil, 2008, p. 9), procedimentos técnicos esses que são, mormente, chamados de “metodologia”.

Nesse sentido, concorda-se com o que preconizam Marconi e Lakatos (2003, p. 164) ao afirmarem que “nas investigações, em geral, nunca se utiliza apenas um método ou uma técnica, e nem somente aqueles que se conhece, mas todos os que forem necessários ou apropriados para determinado caso”.

Diante do prelúdio, informa-se que o manuscrito se enquadra prioritariamente no método hipotético-dedutivo, com uma perspectiva quali-quantitativa, a respeito da climatologia. No geral, sua natureza é exploratória, mas não prescinde de um levantamento teórico e histórico acerca do tema.

Desta maneira, é importante destacar que a relação entre a espécie humana e o clima pode ser tida como: conflituosa, complementar e de subordinação. Conflituosa porque nem sempre se adequa aos anseios das sociedades; complementar porque é capaz de auxiliar nas atividades de determinada civilização; e de subordinação pelo fato de que, conforme colocam Conti (2011) e Harari (2017), vários episódios de grandes mudanças nos rumos da história tiveram como “pano de fundo” o próprio clima.

Portanto, considerando que não se pode escapar aos efeitos do clima, entendê-lo e, mais do que isso, dominá-lo e manipulá-lo é uma antiga aspiração da humanidade (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009; Conti, 2011). Foi com essa concepção que tal fenômeno e os seus diversos constituintes passaram a ser monitorados e catalogados com o auxílio de instrumentos como: pluviômetro, termômetro, barômetro, higrômetro, anemômetro etc.

Barros (2020, p. 59), por exemplo, ilustra que foi no século XVII que o italiano “Torricelli inventou o barômetro - instrumento decisivo no desenvolvimento observacional da climatologia e nos estudos do relevo/orografia (determinação das altitudes) -, tendo Pascal desenvolvido várias aplicações para este instrumento”.

Desta maneira fica consignado que foi a Revolução Científica, iniciada no Século XVI (Kuhn, 1998), que deu um impulso definitivo nos conhecimentos que viriam a compor as ciências do clima, muito embora existam registros bastante antigos que indicam a catalogação dos fenômenos atmosféricos, como é o caso dos

gregos em que, a título de ilustração, Aristóteles escreveu, por volta do ano de 350 a.C., um tratado chamado “Meteorologia”.

Coloca-se propositalmente “ciências do clima”, no plural, porque são muitas as áreas que se valem dos dados climáticos para realizarem as análises dos seus objetos. Monteiro (1991) elucida que

[...] um biólogo ao querer estudar a distribuição geográfica de determinados seres vivos (vegetais ou animais) poderá necessitar tanto de parâmetros de localização da distribuição climática atual quanto de informes paleoclimáticos para acompanhar a evolução das espécies. Um engenheiro agrônomo necessitará tanto de parâmetros fenológicos quanto do regime anual dos elementos climáticos para estudo e aprimoramento dos diferentes cultivares. Um arquiteto estará interessado em parâmetros balizadores do conforto térmico humano ou das relações de ventilação nos seus projetos de edificação. (Monteiro, 1991, p. 16)

Dessa necessidade de monitoramento e compreensão do clima é que surgiram suas duas vertentes principais: a meteorologia e a climatologia. Enquanto a primeira analisa os fenômenos em um curto prazo (horas, dias, semanas), a segunda estuda os padrões de longo prazo (meses, anos, décadas) das condições atmosféricas (Barros; Zavattini, 2009; Ferreira, 2012).

Não é à toa que as definições mais modernas de tempo e de clima parecem estar mais correlacionadas, respectivamente, à meteorologia e à climatologia. Para Conti (2011, p. 13) o tempo é o “estado momentâneo da atmosfera” e o clima se trata da “sucessão habitual dos tipos de tempo sobre determinado lugar”.

Consequentemente, ao passo que a meteorologia se integra de forma mais íntima com os fenômenos físicos (Barros; Zavattini, 2009), a climatologia possui uma conotação mais antropocêntrica (Ferreira, 2012).

De acordo com Barros e Zavattini (2009) a climatologia encontrou suas bases na meteorologia que, por sua vez, pode ser dividida em tradicional e dinâmica. Na meteorologia tradicional, os elementos atmosféricos são analisados separadamente sendo, desta forma, bastante alinhada à ciência de concepção mecanicista, de fundamentação newtoniana.

Já a meteorologia dinâmica considera, em conjunto, todos os estados do meio atmosférico, se interessando mais pelas combinações do que por fatos isolados (Pédelaborde, 1970 *apud* Barros; Zavattini, 2009), o que ressoa diretamente na climatologia deixando-a, portanto, mais atrelada à concepção sistêmica moderna (Bertalanffy, 2010).

Ainda conforme Barros e Zavattini (2009, p. 256) “as características do complexo atmosférico encontram-se diretamente ligadas à existência e à articulação de todas as outras características da superfície terrestre” sendo, nesta frente, que a climatologia se integra diretamente à ciência geográfica, tornando-se um dos seus inextricáveis ramos.

1.1.2. Geografia e Climatologia

A Geografia pode ser tida como uma ciência de síntese ao se considerar que, conforme aponta Souza (2015), para que uma pesquisa seja verdadeiramente geográfica ela deve incluir aspectos físicos e humanos do espaço.

Por conseguinte, embora se sabendo que, assim como as demais ciências, a Geografia também contou com o surgimento de diversas correntes filosóficas de pensamento (Leite; França, 2009), o que historicamente causou reformulações na sua estrutura, um aspecto ainda não superado é o que carrega a dicotomia entre a Geografia Física e a Geografia Humana.

Ao discutir sobre o tema, Souza (2015) coloca que o homem-cientista da Geografia anda se especializando em áreas cada vez mais restritas do conhecimento o que, paradoxalmente, causa a perda da capacidade de interpretar corretamente a natureza como um todo.

Este autor expressa ainda que

ao mesmo tempo em que os **geógrafos** estão tentando se especializar - o que é louvável, na medida em que buscam conferir um caráter cada vez mais **científico** à Ciência em que labutam (ou pensam estar conferindo), especialistas de outras áreas, como a Biologia, a Agronomia, a Arquitetura (apenas para citar algumas) vêm buscar na Geografia esse caráter integrador do conhecimento, perdido no contexto especializante da divisão do trabalho científico e da sua própria prática dentro das respectivas áreas de atuação. (Souza, 2015, p. 22, grifos no original)

Apesar das muitas discussões e tentativas de alinhar as *Geografias*, os autores da área ainda alocam os seus estudos nesta ou naquela vertente. Apenas a título ilustrativo: enquanto Sant’Anna Neto (2002) enquadra a climatologia na vertente humana, Ferreira (2012) a considera como sendo da Geografia Física.

Segundo Silva (2007) a ciência geográfica tem como objeto de estudo o espaço geográfico e, portanto, sua visão deve englobar aspectos naturais e sociais, redundando em uma visão sinóptica da realidade.

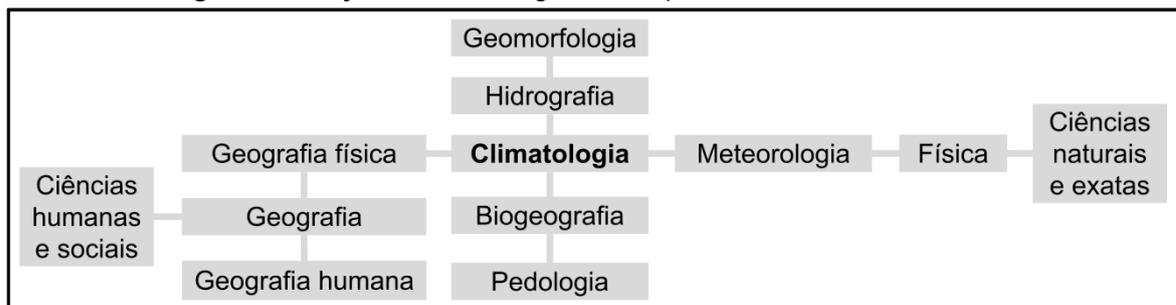
No entanto, para o autor (Silva, 2007, p. 40) “a especialização é necessária para evolução dessa ciência”, afirmação controversa, uma vez que há bastante tempo tal contraposição vem sendo debatida.

Lovelock (1996), a propósito, exalta a visão integral do Profissional da Geografia, destacando que este é capaz de enxergar a Terra como um todo, e não como se ela fosse uma bola de rocha derretida, possuindo apenas uma crosta fria umedecida por oceanos.

Uma das obras de Mendonça (1996), por exemplo, já em seu título, questiona assim “Geografia física: ciência humana?”, e faz um percurso histórico das escolas que influenciaram esta ciência. Em outro livro, desta vez parceria com mais uma autora (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009), a climatologia é alocada da maneira ilustrada conforme a Figura 2 e é onde é posto que

na sua particularidade geográfica, a Climatologia situa-se entre as ciências humanas (Geografia, particularmente a Geografia Física) e as ciências naturais (Meteorologia - Física), estando mais relacionada à primeira que à segunda. (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009, p. 14)

Figura 2: Posição da climatologia no campo do conhecimento científico



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2009, p. 14).

É certo que muitos autores, sejam da área da geografia ou da meteorologia, contribuíram com as teorias que viriam a compor os modernos pressupostos da climatologia, dentre os quais podem ser citados: os franceses Georges-Louis Leclerc, mais conhecido como Pédelaborde (1707-1788), Maximilien Sorre (1880-1962), Jean Tricart (1920-2003) e Georges Bertrand (1921-2008); o alemão Alexander von Humboldt (1769-1859); o austríaco Julius Hann (1839-1921); e o

russo Viktor Borisovich Sochava (1905-1978) (Monteiro, 1975; Monteiro, 2001; Sant'Anna Neto, 2002; Barros; Zavattini, 2009; Ferreira, 2012; Wulf, 2016).

No Brasil, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1927-2022) foi precursor na introdução de ideias inovadoras nas teorias da climatologia geográfica. Sua concepção de ritmo climático ajudou a transformar a maneira como os fenômenos atmosféricos podem ser estudados, enfatizando a importância da variabilidade temporal e a interação dos diferentes elementos climáticos no entendimento dos climas regionais (Monteiro, 1975; Monteiro, 1991).

Embora se reconheça a importância dos dados médios em determinados estudos, para Monteiro, conforme interpretam Barros e Zavattini (2009, p. 257), tais métodos “colocam os elementos numa situação de uniformidade que, na verdade, não existe”, se tornando imprecisos, quando se tenta analisar o retorno mais ou menos regular dos mesmos estados atmosféricos na gênese do clima.

Assim, para Sant'Anna Neto, o avanço nas concepções da climatologia auxiliou os estudiosos a perceberem que

o clima, mais do que um fato, é uma teoria, que longe de funcionar de acordo com uma causalidade linear herdada da concepção mecanicista de um universo regulado como um relógio, se expressa num quadro conjuntivo ou sincrônico à escala planetária, num raciocínio ao qual ainda não estamos acostumados (Sant'Anna Neto, 2002, p. 324)

Diante disso, e considerando os mais modernos desígnios que começaram a despontar nas ciências a partir da evolução do método, em conjunto com o avanço de tecnologias como a computação e a cibernética (Sant'Anna Neto, 2002), novos paradigmas se descortinaram e, entre eles, a Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 2010) e a Teoria do Pensamento Complexo (Morin, 1977; Morin, 2005) que serão discutidos adiante.

1.1.3. Teorias do clima: do mecanicismo estático à complexidade dinâmica

O pensamento mecanicista deriva da formulação científica de Isaac Newton (1643-1727). Nela, a física clássica, por exemplo, defende que observações diretas e experimentos simples são capazes de explicar o universo de forma linear, através de uma visão determinística. No entanto, a partir de Albert Einstein (1879-1955), que introduziu a Teoria da Relatividade Geral, nasce a ideia de que o espaço e o tempo

são interconectados e que a gravidade é uma curvatura do espaço-tempo causada pela massa, concepção que rompeu com a visão newtoniana de espaço e tempo absolutos (Morin, 1977).

Perante o exposto, é imprescindível dizer que a física sob a batuta einsteiniana desafiou a visão tradicional dominante de até então, na qual a análise isolada das partes e a linearidade imperavam, promovendo uma compreensão mais holística e integrada dos fenômenos, o que encontra ressonância direta com a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), formulada pelo biólogo austríaco Karl Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972).

Para a TGS, sistema pode ser definido como “um conjunto de elementos em inter-relação mútua e com o meio ambiente” (Bertalanffy, 2010, p. 315), situação que, segundo o pesquisador, pode ser expressa matematicamente de diversas maneiras. A proposição desse paradigma científico vai, portanto, de encontro ao mecanicismo, cujo pressuposto básico consiste em analisar individualmente as partes, separando-as do todo para, só depois, buscar reconstruir, laboriosamente, o conjunto dos elementos (Bertalanffy, 2010, p. 125).

Conforme Araújo e Gouveia (2016), sob o prisma da TGS, os fenômenos são mais bem compreendidos quando analisados de forma integrada, e não hermética e *atomicizada*. Os autores fazem um apanhado de pesquisadores que encontraram eco nesta teoria como: Morin (1977), Chiavenato (1993), Stair e Reynolds (2011), aos quais também se podem acrescentar, dentro da ciência geográfica, Sochava (1962), Bertrand (1972), Monteiro (1975), Tricart (1977) e Christofolletti (1979).

Também se menciona que, na elaboração mecanicista, a ideia central e fragmentária é que **a soma das partes é igual ao todo**, isto porque, para esta abordagem, são desprezadas as interações entre os elementos. Em sentido oposto, para a TGS, **“o todo é mais que a soma das partes”** (Bertalanffy, 2010, p. 83, grifo nosso) já que, de acordo com esta interpretação, quando em conjunto e integradas sistematicamente, as partes adquirem novas características e comportamentos específicos nas suas interações.

A interação significa que os elementos **p** estão em relações **R**, de modo que o comportamento de um elemento **p** em **R** é diferente de seu comportamento em outra relação **R'**. Se os comportamentos em **R** e **R'** não são diferentes não há interação, e os elementos se comportam independentemente com respeito às relações **R** e **R'**. (Bertalanffy, 2010, p. 84, grifo nosso)

Um experimento mental pode melhorar a compreensão: imagine uma cidade erguida em um local hipoteticamente ainda intocado pela humanidade, quantas relações serão rompidas e quantas novas passarão a existir? Quantos elementos novos serão inseridos no ecossistema do local alterando água, solo, ar, temperatura, clima dentre outros?

Logo, no seu cerne, a TGS não busca solucionar problemas específicos, nem mesmo pretende criar receitas práticas, porém, tem intuito de formular conceitos que encontrem uma gama de aplicações dentro da realidade. Em dado momento Bertalanffy (2010, p. 76) chega a expressar seu receio de que toda a leitura da realidade fosse feita sob a batuta da física, no entanto, parafraseando Aldous Huxley, ele escreve aludindo metaforicamente que o mundo

é como um bolo de sorvete napolitano, onde os níveis - o universo físico, o biológico, o social e o moral - representam as camadas de chocolate, morango e baunilha. Não podemos reduzir o morango ao chocolate, o máximo que podemos dizer é que talvez em última instância tudo seja baunilha, tudo seja pensamento ou espírito. (Bertalanffy, 2010, p. 76)

Diante do exposto, conforme Caracristi (2011), apesar de ter revolucionado o método científico, a TGS promovia a submissão do “tudo” ao “todo” o que suscitou mudanças e aprimoramentos epistemológicos no seio dos próprios *sistemistas*.

Morin (1977), em uma das suas mais prolíficas obras - A natureza da natureza -, destaca que, paradoxalmente, sua teoria é e não é sistêmica. O filósofo explica a situação expondo que seu pensamento,

embora integralmente sistêmico, opõe-se à maior parte dos discursos sistemistas, os quais, julgando ter suplantado o paradigma da simplificação recusando-se a reduzir o sistema aos seus constituintes, sucumbem a ele, ao reduzir todas as coisas e todos os seres à noção de sistema. (Morin, 1977, p. 144)

A esse respeito, Caracristi (2012) explica que, para Morin, tanto a visão fragmentária do mecanicismo é equivocada, por reduzir o todo às suas partes, quanto a TGS clássica, por enxergar apenas a visão totalizante e holística.

A autora esclarece, ainda, que o pensamento emergente denominado de **complexo** interpreta os fenômenos de acordo com os seus processos, visto que “os

processos resultam da interação dinâmica das forças e mecanismos que são gerados segundo as possibilidades estruturais do sistema” (Caracristi, 2012, p. 36).

A partir dessa lógica, Morin (1977, p. 109), propala que “o todo é inferior à soma das partes” haja vista que dentro da interação das partes emergem determinadas propriedades que são suprimidas na e pela integridade do todo.

De forma mais prática pode-se ilustrar da seguinte maneira

Na análise da molécula de água, por exemplo, observamos propriedades que são subtraídas quando se somam na unidade celular. O mesmo acontece quando um tipo climático local é inserido num contexto regional de observação. Daí o trocadilho, **o todo é, ao mesmo tempo, mais e menos que a soma das partes**. (Caracristi, 2011, p. 4, grifo no original)

Para Morin (1977) sua proposta não trata de lançar uma nova ciência e tampouco questionar o conhecimento objetivo, no entanto, anseia ligar o que estava disjunto a partir do pensamento complexo. Em seus dizeres “os espíritos que vivem sob o império do princípio de simplificação vêm apenas a alternativa entre a investigação parcelar, por um lado, e a ideia geral, por outro lado” (Morin, 1977, p. 25).

Cabe elucidar aqui que, conforme Zilbovicius, Piqueira e Sznelvar (2020), embora o termo “complexo” tenha se popularizado como qualquer aspecto que apresente dificuldades especiais de concepção, projeto, montagem, operação e entendimento; em sentido epistemológico a palavra está reservada a sistemas que apresentam auto-organização e emergência. Isto é, a complexidade é um ponto de vista relacionado à capacidade de reunir coisas, abordagens e perspectivas diferentes, ela inclui um conceito dialógico que considera os distintos aspectos de um mesmo sistema, mesmo que estes sejam diversos e, até opostos.

Morin (2005), em outro dos seus trabalhos, indica que, embora distante dos laboratórios das ciências especializadas, seu esforço é pelo avanço do conhecimento humano, acreditando que estamos mais próximos de uma nova revolução científica, ainda mais profunda e mais radical do que as anteriores.

Portanto, a articulação entre diversas ciências como a Física, a Química, a Biologia, a Neurociência e a Cibernética estão provendo o sustentáculo para o delineamento conceitual da proposta (Caracristi, 2011). Contudo, é importante ressaltar que, para Morin (1977, p. 32) esses vieses (sobretudo sistêmico e cibernético) foram, inicialmente, ponto de partida, para depois se tornarem

“andaimos” que devem ser superados, com o fito de se alcançar um amplo conceito de organização (padrão).

Conforme Capra (1997), além das estruturas e processos que envolvem os sistemas, o “padrão” é essencial. Para o autor, o que é destruído quando um sistema vivo é dissecado é seu “padrão” já que os componentes continuam lá, mas a configuração de relações entre eles, ou seja, o seu padrão é destruído, fazendo com que o organismo deixe de viver.

Sobre isso, a alusão feita por Morin (1977) é a seguinte:

A diferença entre um cão morto e um cão vivo é que o cão morto regressa à probabilidade física; decompõe-se e os seus elementos constitutivos dispersam-se. Mas este cão morto esteve vivo, e, dentro de certos limiares de segurança, alimentação, etc., dispunha duma certa probabilidade de existência. Assim, ciframos demograficamente para os seres vivos, e nomeadamente os seres humanos, as suas probabilidades de vida no âmbito de tal sociedade, tal classe, tal lugar, tal meio, tal período histórico. (Morin, 1977, p. 271)

Desta maneira, a disposição entre os elementos, isto é, a sua ordem, e a maneira como transita a informaçãoⁱⁱⁱ por estes em seres vivos é essencial. A informação torna-se uma categoria-conceito fundamental para o pensamento complexo uma vez que, embora não seja materialmente localizável e nem detenha massa, é uma grandeza observável e mensurável (Morin, 1977).

Neste ponto, mais uma vez, o termo organização (padrão) é evocado e Morin (1977) o elucida assim

Se os caracteres duma página de jornal ou de livro forem dispersados e, depois, reagrupados ao acaso, nenhum redactor-chefe, nenhum editor pensará em imprimi-los tal e qual, pelo facto de a quantidade de informações não se ter alterado. (Morin, 1977, p. 278)

Cientificamente, o par “organização-desorganização” pode ser associado à dupla “entropia-neguentropia”. Conforme Caracristi (2012), a clássica definição de entropia é o grau de desordem em um sistema físico, embora, particularmente, neste trabalho prefira-se classificá-la como a quantidade de micro-estados possíveis em um sistema físico, sendo a neguentropia, o seu equivalente oposto.

O princípio da entropia foi esboçado pelo físico francês Sadi Carnot e, posteriormente, formulado pelo matemático Rudolf Clausius no século XIX (Morin, 1977), no entanto, sua interpretação probabilística, na mecânica estatística, é

atribuída a Boltzmann, e a articulação com a probabilidade registrada vários anos depois por Planck. Na sequência, foi utilizada por Shannon na solução de problemas relacionados com a teoria de codificação e transmissão de dados (Belo Filho, 2010).

Expressada na física consoante os componentes da Equação 1, para Morin (1977), a entropia trata-se da conversão do conceito do princípio de degradação da energia no princípio de degradação da ordem.

$$S = \frac{Q}{T} \quad (1)$$

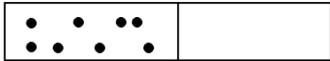
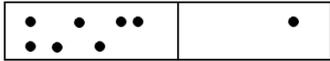
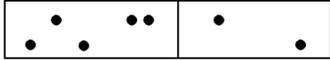
Em que: S = Entropia; Q = Energia dissipada; e , T = Temperatura.

Ao contrário do que sugere o senso comum, a conclusão extraída da Equação 1 é que, probabilisticamente, a

desordem de um sistema proporciona maiores possibilidades futuras de ordem (organização) desse sistema, numa relação íntima complementar entre desordem/ordem, ou instabilidade/estabilidade, ou caos/organização. E que a seta do tempo reflete o processo histórico do sistema. (Caracristi, 2012, p. 38)

Um exemplo bem ilustrado por Caracristi (2012), com base no pensamento de Boltzmann, é esquematizado na Figura 3.

Figura 3: Disposição das partículas segundo o pensamento de Boltzmann

Disposições das Partículas	Situação
	Somente 01 arranjo => máxima ordem (mínima desordem) => menor possibilidade de compleições => menor probabilidade.
	08 arranjos diferentes.
	28 arranjos diferentes.
	70 arranjos diferentes => máxima desordem (mínima ordem) => maior possibilidade de compleições => maior probabilidade.

Fonte: Caracristi (2007, p. 98).

Caracristi (2007) explica, ainda, que Boltzmann nomeou de “compleições” os diferentes arranjos que as partículas podem assumir em um sistema, e que o termo

é equivalente a “constituição” e “organização”, tendo a mesma raiz etimológica da palavra “complexo”.

Bem aplicado a sistemas fechados, quando transpostos para sistemas abertos, essa quantidade de compleições se torna ainda maior e, embora não seja infinita - considerando que a estimativa da quantidade de partículas existentes no universo é da ordem de 10^{80} -, é imensa (Bertalanffy, 2010), quiçá ininteligível para a ciência atual. Ou seja, para Bertalanffy (2010, p. 185), em consonância com o seu pressuposto teórico, a quantidade de interações supera “o número de partículas ou de possíveis acontecimentos no universo”.

Alguns dos pontos que diferenciam sistemas abertos dos sistemas fechados é que estes mantêm uma constante “troca de matéria com seu ambiente, apresentando importação e exportação, construção e demolição dos materiais que o compõem” (Bertalanffy, 2010, p. 186). Sistemas vivos são, fundamentalmente, abertos conforme sugere Bertalanffy (2010), proposição que ancora a teoria de Morin (1977), como é o caso do já ilustrado exemplo do cão.

Ainda conforme Morin (1977)

a vida é um sistema de sistemas de sistemas, não só porque o organismo é um sistema de órgãos, que são sistemas de moléculas, que são sistemas de átomos, mas também porque o ser vivo é um sistema individual que participa dum sistema de reprodução, porque um e outro participam dum ecossistema, o qual participa da biosfera... (Morin, 1977, p. 97)

Ilustra-se a referida superposição de sistemas, analisada no excerto de Morin (1977), na Figura 4.

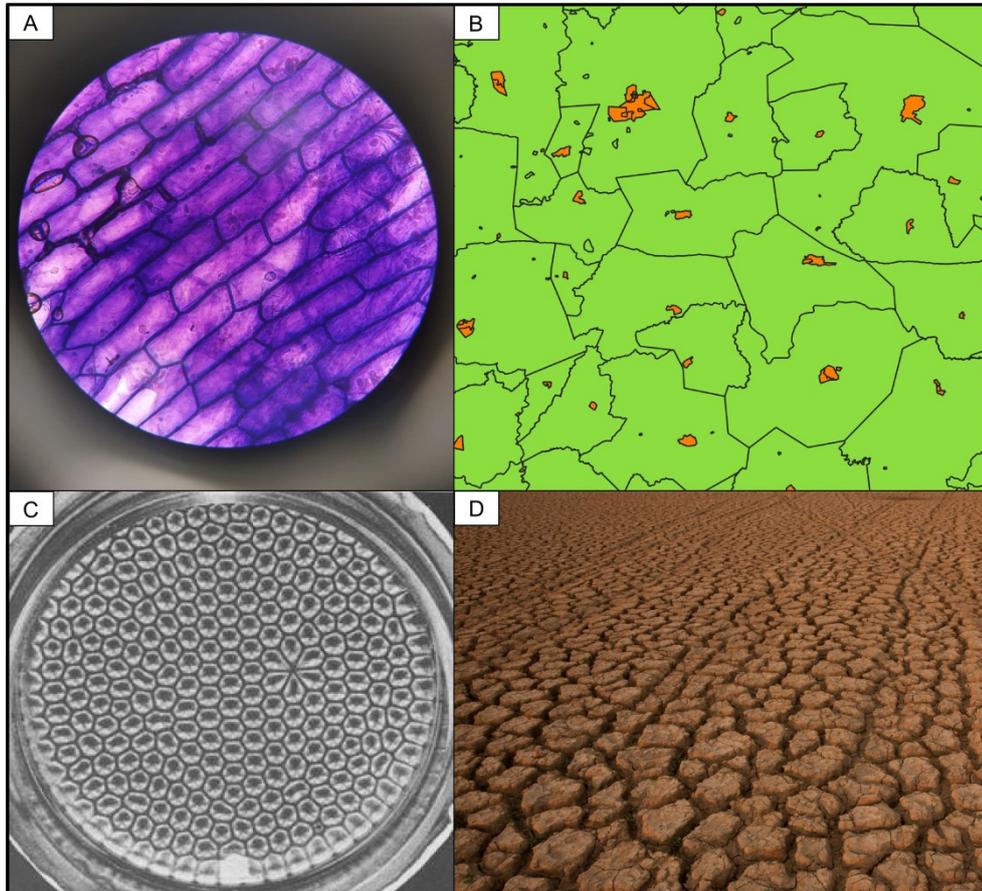
Outro ponto fulcral que diferencia os sistemas abertos (seres vivos) dos sistemas fechados (máquina artificial ou artefato) é a sua capacidade de retroação^{iv} e recursão^v o que, inevitavelmente, conduz a uma autoprodução (produção de si) ou *poiésis*.

Na perspectiva de Caracristi (2007), esse entendimento filosófico é aplicável no campo da ciência geográfica, em especial, no seu âmbito físico. Com relação ao clima, por exemplo, a autora explana que sua

posição teórica é a de que a existência do clima se produz pela abertura. Ao tomar essa posição, estamos expressando o caráter geográfico da concepção de sistema climático, pois os aspectos climáticos que interessam à perspectiva da Geografia são aqueles de sua interação com a paisagem geográfica. Da mesma maneira procedo com a especificação de um tipo

climático. O “ser” de um clima é produzido pelo seu fechamento recursivo, e assim o sistema climático adquire uma natureza autopoietica. (Caracristi, 2007, p. 107-108)

Figura 4: A superposição de sistemas do micro ao macro / (A) Células vegetais do catafilo de uma cebola; (B) Municípios e os seus núcleos urbanos no interior do Estado da Paraíba; (C) Células de Rayleigh-Bénard; e (D) Solo rachado em área que passou por seca severa



Fonte: (A) Autoria própria (2022); (B) Adaptado pelo autor de IBGE (2021a); (C) Korenić *et al.* (2019); e (D) Portal Tratamento de Água (2021).

Este é mais um dos paradigmas que Morin (1977) também busca superar. Diz o autor que “a natureza é aquilo que liga, articula e faz comunicar profundamente o antropológico, o biológico e o físico” (Morin, 1977, p. 340) e ainda que “nenhum conceito físico pode ser totalmente isolado da esfera antropossocial” já que “não existe observador privilegiado no universo [proposto nos estudos e teorias] de Einstein, de Bohr, de Heisenberg, de Hubble” (Morin, 1977, p. 341), donde se conclui que, desta maneira, somos todos forçados à complexidade.

É importante, neste momento, colocar o adendo de que, sob a égide da Teoria do Pensamento Complexo, a aparente dicotomia entre as chamadas

“Geografia Humana” e “Geografia Física”, e as suas diversas subáreas agregadas, chegam à singularidade.

Para tanto, não se faz necessário que todas as ramificações ou implicações do movimento de um objeto ou fenômeno sejam dominadas, pelo contrário, para Morin (1977; 2005), a Ciência Moderna deve aceitar melhor as imprecisões, já que é no seio da Ciência de base Mecanicista que o desconhecido é tido como “ignorância”, assim como na corrente filosófica do positivismo (Zilbovicius; Piqueira; Sznelvar, 2020), situação incompatível com a Complexidade. Conseqüentemente há de se compreender que, na seta do tempo, os movimentos e mudanças existem e se desdobram em muitos aspectos, quiçá *ad infinitum*.

Deste modo, aos auspícios do raciocínio cosido, busca-se, conseqüentemente, analisar a articulação da interface sociedade-clima, mais precisamente discutindo os dados de temperatura a partir da modificação da vegetação em zona semiárida, utilizando, como base geográfica, o Município de Cajazeiras-PB, a qual está inteiramente inserida no Domínio Morfoclimático das Caatingas.

1.1.4. Temperatura e Domínio Morfoclimático: características das Caatingas

A temperatura pode ser definida em termos do movimento das moléculas, de modo que quanto maior for a energia cinética média das moléculas, mais elevada será a temperatura, ao passo que o calor é a energia transferida entre corpos, devido à diferença de temperatura entre eles.

Ayoade (1996, p. 50) coloca que

A temperatura é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra. O calor desloca-se de um corpo que [está com a] temperatura mais elevada para outro [que está com a] temperatura mais baixa. A temperatura de um corpo é determinada pelo balanço entre a radiação que chega e a que sai e pela sua transformação em calor latente e sensível.

Ao lado da precipitação a temperatura^{vi} é, provavelmente, o elemento mais discutido do tempo atmosférico (Ayoade, 1996, p. 50). No entanto, conforme Belo Filho (2010), enquanto a precipitação é bastante variável no espaço e no tempo sendo, assim, de difícil modelagem, a temperatura do ar apresenta uma

variabilidade menor permitindo-se, portanto, ser um pouco mais facilmente modelada, de acordo com as suas coordenadas geográficas - latitude, longitude e altitude.

Embora as duas variáveis citadas possuam importância similar, geralmente, o direcionamento para a tomada de decisões em relação ao clima é, sobretudo, orientado pelo forte vínculo com produção agrícola local, de tal modo que, em diversas áreas, isto se tornou preponderante para dar maior atenção a esta ou a aquela, segundo as suas peculiaridades (Silva *et al.*, 2015).

Como exemplo da afirmativa, transcreve-se um trecho do documento intitulado “Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no Estado da Paraíba: PAE-PB/IICA” o qual diz que

O fator climático mais importante para as regiões tropicais são as precipitações pluviométricas. Com temperatura alta durante todo ano, as chuvas constituem o elemento climático determinante das atividades agrícolas regionais. Os períodos de estiagens prolongadas estão entre os mais danosos fenômenos ao meio ambiente^{vii} e a socioeconomia para a região semi-árida do Nordeste do Brasil. (Paraíba, 2011, p. 8)

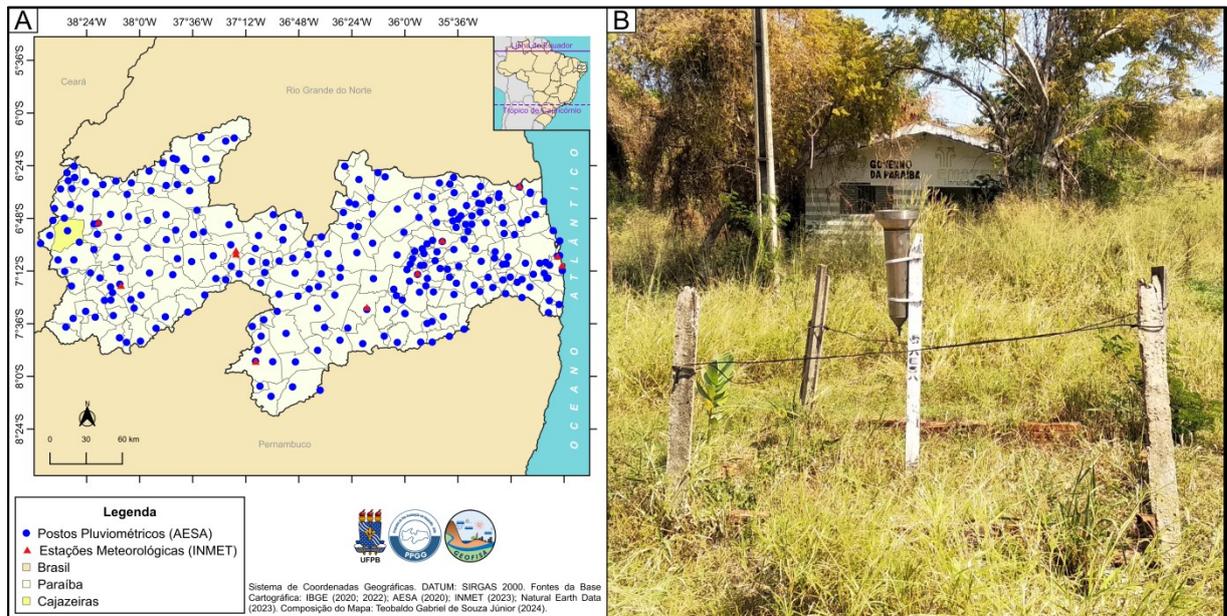
Os dados de precipitação e de temperatura são de primeira necessidade para o planejamento das atividades humanas e, com o intuito de monitorá-las, foram estabelecidos pontos de medições que podem ajudar com esse intento. Este é o caso, no Brasil, da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, entidade reconhecida pela Organização Meteorológica Mundial-OMM^{viii}.

Corroborando as afirmações e com o excerto retirado de Paraíba (2011, p. 8), a Figura 5A ilustra a espacialização de postos pluviométricos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA e a existência, no mesmo Estado^{ix}, de estações meteorológicas do INMET que aferem, além dos dados de precipitação, as temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas), bem como outras variáveis (pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, insolação, dentre outras). Já a Figura 5B retrata um dos vários pluviômetros da AESA dispersos no território paraibano, no caso, o do Município de Cajazeiras.

Em outra perspectiva, o trabalho de Ramos *et al.* (2011) afirma que a “temperatura do ar é um elemento climático de interesse para diversos estudos relacionados à produção agrícola” e também que é, a temperatura do ar, um “dos

elementos climáticos mais relacionados à [esta produção já que] afeta o comportamento germinativo das sementes” (Ramos *et al.*, 2011, p. 959-960).

Figura 5: (A) Espacialização de postos pluviométricos (AESA) e estações meteorológicas (INMET) no Estado da Paraíba / (B) Pluviômetro do tipo Ville de Paris da AESA, instalado na sede da Gerência Regional de Cajazeiras da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER)



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020); INMET (2023); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa e Fotografia:** Autoria própria (2024).

Diante do exposto, explica-se que o foco da pesquisa é centrado nos dados de usos e coberturas da superfície correlacionadas às observações da temperatura, considerando que, no semiárido - base geográfica do estudo -, tal variável é de grande importância, porém, como sugerido, parece ter recebido menos atenção do que a pluviosidade.

Entretanto, considerando os aspectos integradores da Teoria Geral dos Sistemas e da Teoria do Pensamento Complexo, embora esteja delimitado o objeto de estudo da tese, a discussão não deixará de se imiscuir em outros aspectos como: possíveis implicações para a sociedade e para a natureza; perspectiva de ruptura da ordem atual, causando desordem e um novo arranjo ordenado da condição do meio; e, reconhecimento da importância da incerteza quanto à evolução dos fenômenos, a partir de uma possível cisão e de um novo ordenamento do ambiente.

Isto posto, explica-se que a temperatura do ar, Conforme Almeida (2016), indica o quanto o ar está sendo aquecido ou resfriado pela energia solar e pela superfície, ao passo que Amorim (2020), alerta que este conhecimento é importante

para compreender os mecanismos do clima local, a fim de avaliar os efeitos futuros do aquecimento global^x e das mudanças ocorridas na cobertura e uso do solo.

É imprescindível salientar que, a quantidade e a espacialização dos equipamentos que registram as temperaturas podem ser insuficientes em determinado local e, então, para a obtenção de dados, muitas vezes, recorre-se ao uso de técnicas de estimativas, bem como ao Sensoriamento Remoto-SR^{xi}.

Enquanto a modelagem da temperatura do ar pode ser empregada para estimar as medidas em locais onde, de fato, não existem registros - ou mesmo para preencher lacunas e falhas em séries temporais -, o SR se apresenta como uma poderosa ferramenta de auxílio nessa empreitada, ao possibilitar uma visão sinótica e multitemporal do planeta, tornando a superfície, até mesmo do local mais ermo, monitorável (Florenzano, 2011).

Portanto, enquanto os termômetros medem de modo efetivo as relações de troca de calor, o SR realiza uma estimativa para as temperaturas de superfície em um dado instante. Nestes termos, para Amorim (2020), a termografia elaborada a partir da técnica, representa as condições térmicas da superfície e pode servir de parâmetro para se comparar a temperatura dos alvos com a temperatura do ar, registrada próxima à superfície.

A autora destaca, ainda, que embora haja correlação entre os dados de temperatura do ar e temperatura de superfície, essa relação oscila dependendo do tipo e da condição de uso e cobertura do solo, posição geográfica, cobertura vegetal, densidade construtiva das áreas urbanas, exposição das vertentes, altitude e o período do ano (Amorim, 2020).

Uma pesquisa de Lembrechts *et al.* (2022), além de reforçar algumas das conclusões de Amorim (2020), explana a importância das temperaturas de superfície, sobretudo do solo, justificando que é onde ocorrem as principais relações que definem a distribuição e o desempenho da maioria das espécies terrestres em nível mundial.

Outro estudo, realizado na cidade de São Paulo-SP por Nascimento *et al.* (2022), demonstra que, de fato, há associação entre as temperaturas do ar e da superfície. O trabalho mencionado (Nascimento *et al.*, 2022), utilizando-se de uma rede de termômetros de estações distribuídas na metrópole, e comparando os registros com os dados do sensor TIRS^{xii} do satélite LANDSAT 8^{xiii}, conclui que há correlação entre as temperaturas do ar e de superfície e que ambos são fortemente

influenciados pela cobertura do solo, sobretudo, nas áreas vegetadas, locais onde são observadas as temperaturas mais amenas.

Essa afirmativa corrobora com Conti e Furlan (2003) ao afirmarem que, nas regiões tropicais florestadas, a biomassa é, em grande parte, responsável pela relativa estabilidade dos registros de temperaturas ficando registrado, assim, o entendimento de que um dos componentes que mais influenciam nos dados de temperatura é a vegetação^{xiv}.

Para Ferreira (2019), a presença da vegetação interage com diversas variáveis ambientais, tais como: temperatura de superfície, temperatura do ar, umidade, ventilação, poluição atmosférica, poluição da água e do solo, drenagem, estabilidade dos solos e biodiversidade. Tal interação é complexa e oscila de acordo com a escala de análise.

No entanto, embora apresente tamanha importância na extensa e delicada tessitura da paisagem^{xv} ambiental, foi somente no século XIX que a comunidade científica passou a voltar suas atenções para as mais diversificadas fisionomias vegetais.

Contribuíram valiosamente para esse entendimento, as pesquisas de um dos próceres da geografia moderna: o alemão Alexander Von Humboldt, segundo afirmação feita por Wulf (2016).

Até o século XVIII imperava a noção de que a humanidade melhorava a natureza por meio do cultivo; aperfeiçoando-a com plantações e campos ordenados, florestas desbastadas e vilarejos limpos e organizados, o que transformaria os “ermos selvagens” em “paisagens produtivas” e “agradáveis” (Wulf, 2016).

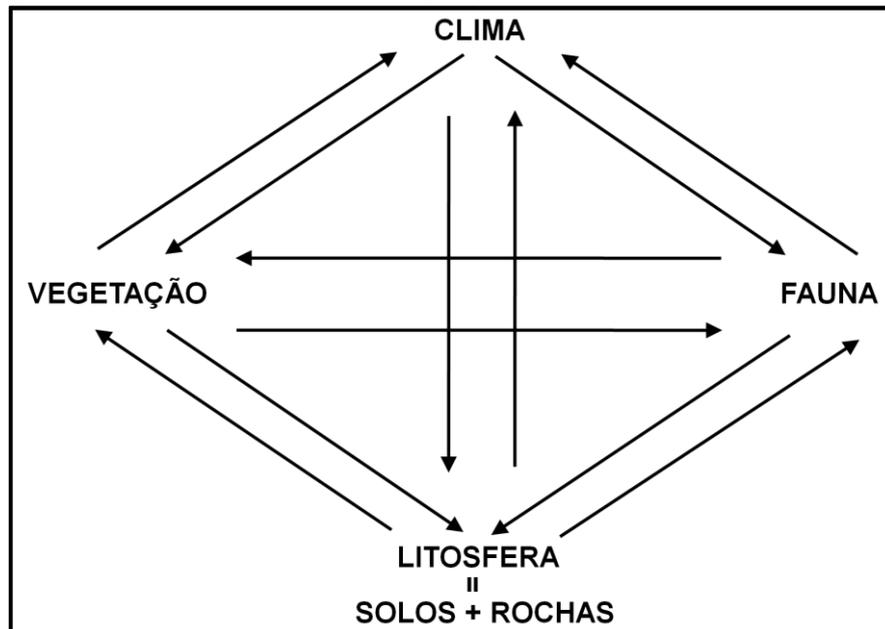
Para Wulf (2016), pensadores norte-americanos, embora não dispusessem de provas que confirmassem tal raciocínio, alegavam que o clima havia mudado para melhor após a chegada dos primeiros colonos.

A autora também cita que, em 1770, o médico e político da Carolina do Norte, Hugh Williamson, publicou um artigo celebrando a derrubada de vastas porções de floresta argumentando que o ato era benéfico ao clima, deixando-o mais saudável e ameno^{xvi} (Wulf, 2016).

Wulf (2016) enfatiza, ainda, que foi Humboldt o primeiro a desvendar algumas das poderosas conexões da natureza, destacando, ademais, seu pioneirismo em explicar a capacidade da floresta de enriquecer a atmosfera com umidade, seu efeito resfriador, a importância da retenção da água e a proteção contra a erosão do solo.

Há, no mundo, uma grande diversidade de fitofisionomias que se inserem e se articulam, sem se superpor, com os quatro grandes domínios globais: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera; os quais estão, continuamente, permutando matéria e energia entre si (Ayoade, 1996), na forma do tetrágono apresentado na Figura 6.

Figura 6: Articulação entre clima, vegetação, fauna e superfície (rochas-solos)



Fonte: Autoria própria (2023), adaptado a partir de Ayoade (1996, p. 1).

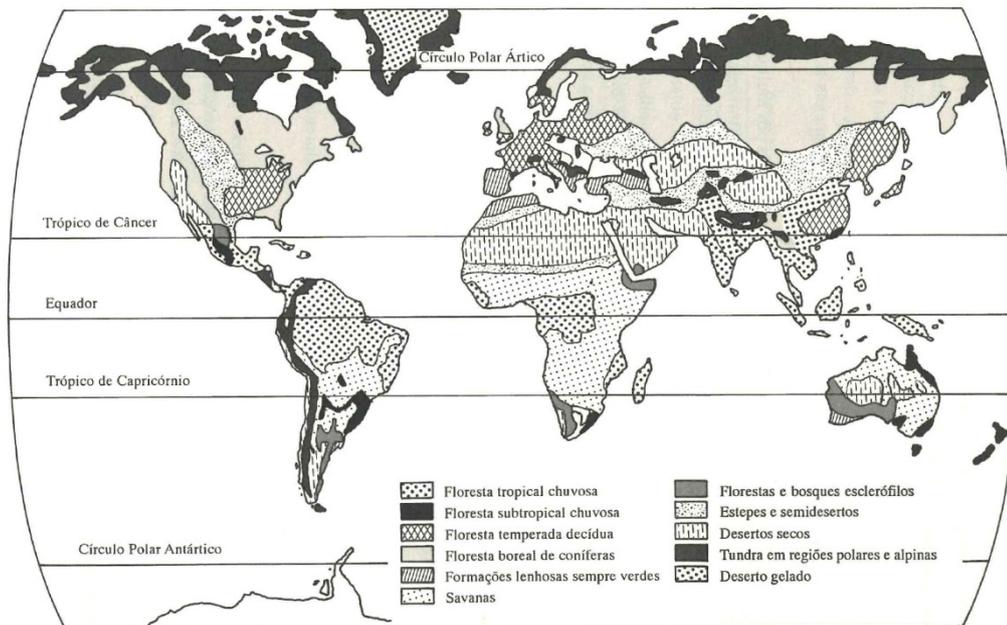
Nesse contexto, o clima, conforme Ayoade (1996)

influencia diretamente as plantas, os animais (incluindo o homem) e o solo. Ele influencia as rochas através do intemperismo, enquanto as forças externas que modelam a superfície da Terra são basicamente controladas pelas condições climáticas. Por outro lado, o clima, particularmente perto da superfície, é influenciado pelos elementos da paisagem, da vegetação e do homem, através de suas várias atividades. (Ayoade, 1996, p. 1-2)

Essa íntima relação entre os elementos abordados demonstra que diversos tipos de agentes, sejam bióticos ou abióticos, a partir desse intenso e inextrincável vínculo, podem ser agrupados segundo critérios de semelhanças e diferenças.

Surgem, dessa maneira, os biomas (Figura 7) que, para Conti e Furlan^{xvii} (2003, p. 132), são “unidades ecológicas homogêneas integradas onde o ecossistema apresenta a sua expressão máxima ou o seu desenvolvimento pleno, conforme as condições atuais do clima”.

Figura 7: Os grandes biomas do mundo



Fonte: Conti; Furlan (2023, p. 133).

Apesar de o Bioma ser uma importante vertente na categorização do espaço natural, se trata de uma classificação ecológica baseada na flora e na fauna. Adiante, preferiu-se a sistematização dos Domínios Morfoclimáticos (Ab'Sáber, 1971), denominação eminentemente geográfica que combina características do relevo e do clima.

Isto posto, pode-se refletir sobre a diversidade contrastante entre os heterogêneos agrupamentos vegetais espalhados sobre o globo, os quais podem suscitar questionamentos da seguinte ordem: na localidade “X” existe a vegetação “Y” por que chove a quantidade “Z” **ou** chove a quantidade “Z”, na localidade “X”, porque lá existe a vegetação “Y”?

Substituindo a abstração das variáveis “X”, “Y” e “Z”, para deixar a sentença mais inteligível, pode-se exemplificar assim: na região semiárida do Brasil existe a vegetação decídua de Caatinga por que as chuvas são escassas, irregulares e mal distribuídas ao longo do ano **ou** as chuvas se comportam dessa maneira no semiárido porque lá existe a vegetação de Caatinga?

Considerando o pensamento complexo (Morin, 1977), pode parecer surpreendente que a resposta conduza à seguinte tautologia: *na região semiárida do Brasil existe a vegetação decídua de Caatinga porque as chuvas são escassas, irregulares e mal distribuídas ao longo do ano e as chuvas se comportam dessa maneira no semiárido porque lá existe a vegetação de Caatinga.*

Segundo Morin (1977), justifica-se a afirmação considerando que, diferentemente das máquinas artificiais, que têm finalidade específica, o que melhor explica o ambiente natural e, por conseguinte, a vida do ser vivo é a tautologia já que, sob a sua perspectiva, a vida existe para a vida. Assim, diz o autor que

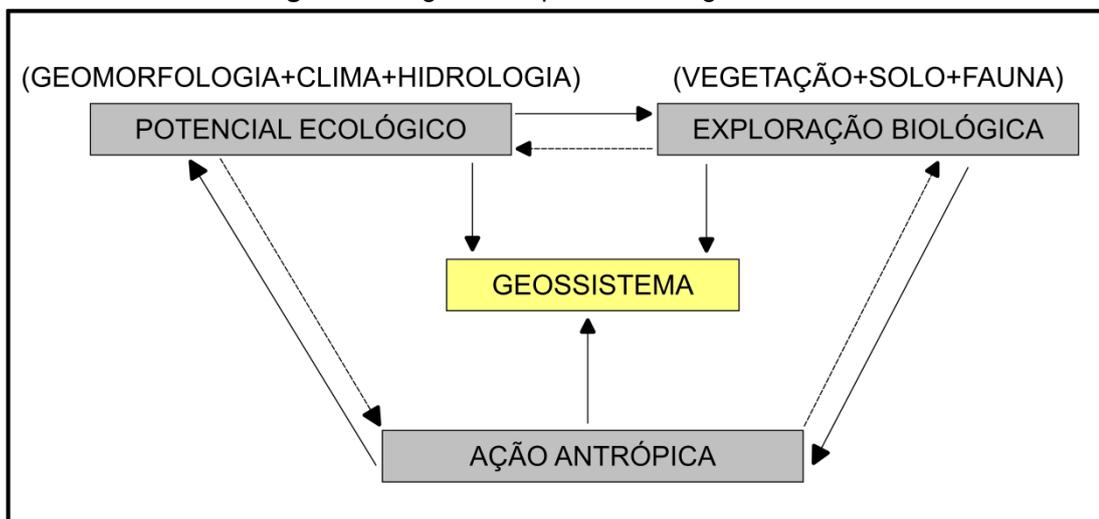
a finalidade da vida é imanente a si própria, sem poder definir-se fora da esfera da vida. Significa que querer-viver é uma finalidade formidável, teimosa, frenética, mas sem fundamento e sem horizonte; significa, ao mesmo tempo, que a finalidade é insuficiente para definir a vida. (Morin, 1977, p. 245, destaques em itálico no original)

Tal pergunta e sua respectiva resposta pode ser adaptada substituindo-se, no contexto, a circunstância “chuva” por qualquer outra palavra (variável) que remeta às condições de uma região: altitude, posição geográfica, insolação, desenvolvimento do solo, alterações antrópicas etc., ou mesmo à intersecção de tudo isso.

Um dos grandes expoentes a correlacionar vários desses aspectos, traçando um método específico, foi o pesquisador russo Viktor Borisovich Sochava, na década de 1960. Com o nome de Geossistema (Figura 8), tal estudo integrado da natureza seria definido pelo autor como uma

formação natural que experimenta os impactos dos ambientes: social, econômico e técnico, constituindo-se num sistema dinâmico, aberto e hierarquicamente organizado, relacionado tanto ao meio terrestre como ao meio aquático. (Sochava, 1962, *apud* Caracristi, 2007, p. 16)

Figura 8: Diagrama esquemático do geossistema

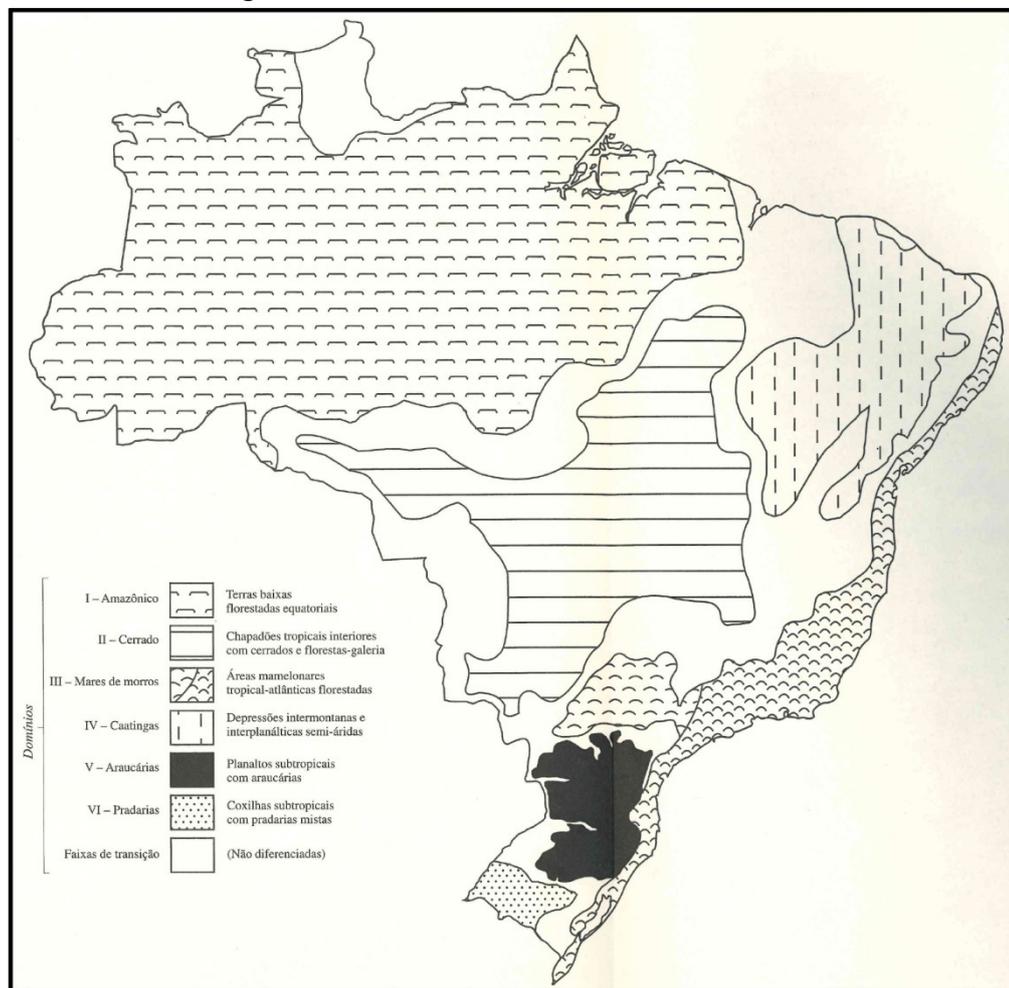


Fonte: Mendonça (1996, p. 51).

Na geografia brasileira pode-se exemplificar como modelo de articulação em vários níveis - porém de forma mais natural do que antrópica -, a anteriormente mencionada classificação dada por Aziz Ab'Sáber (1971), ao analisar e considerar a conexão entre clima, relevo, vegetação, solo e hidrografia.

A estas várias-camadas integradas, na formação das paisagens nacionais, o geógrafo deu o nome de Domínios Morfoclimáticos (Ab'Sáber, 1971). A Figura 9 ilustra a espacialização dos Domínios Morfoclimáticos brasileiros.

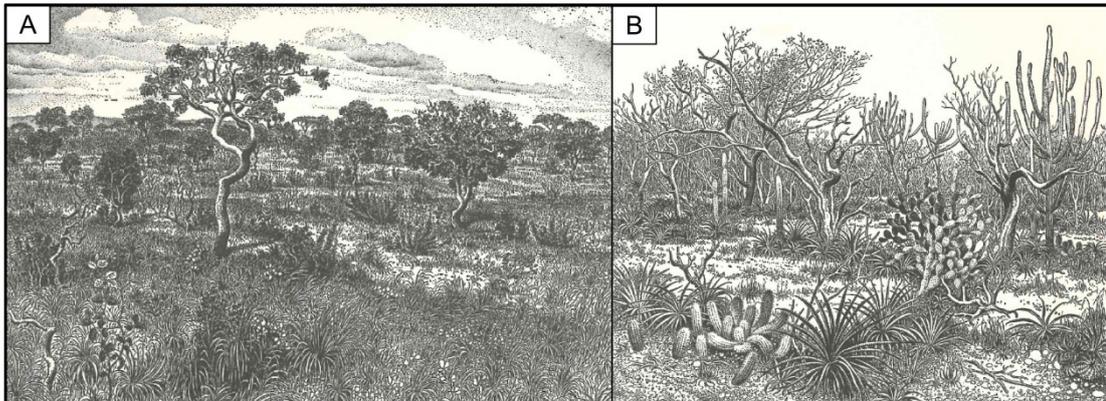
Figura 9: Os domínios morfoclimáticos brasileiros



Fonte: Ab'Sáber (2007, p. 16-17).

Para Ab'Sáber, a conexão e as peculiaridades de cada região foram responsáveis pela variedade de feições fisiográficas e ecológicas que se expressam de maneira relativamente homogênea em dada parcela do território e que gera “paisagens sensivelmente diferenciadas” (Ab'Sáber, 2007, p. 23), conforme retrata a Figura 10.

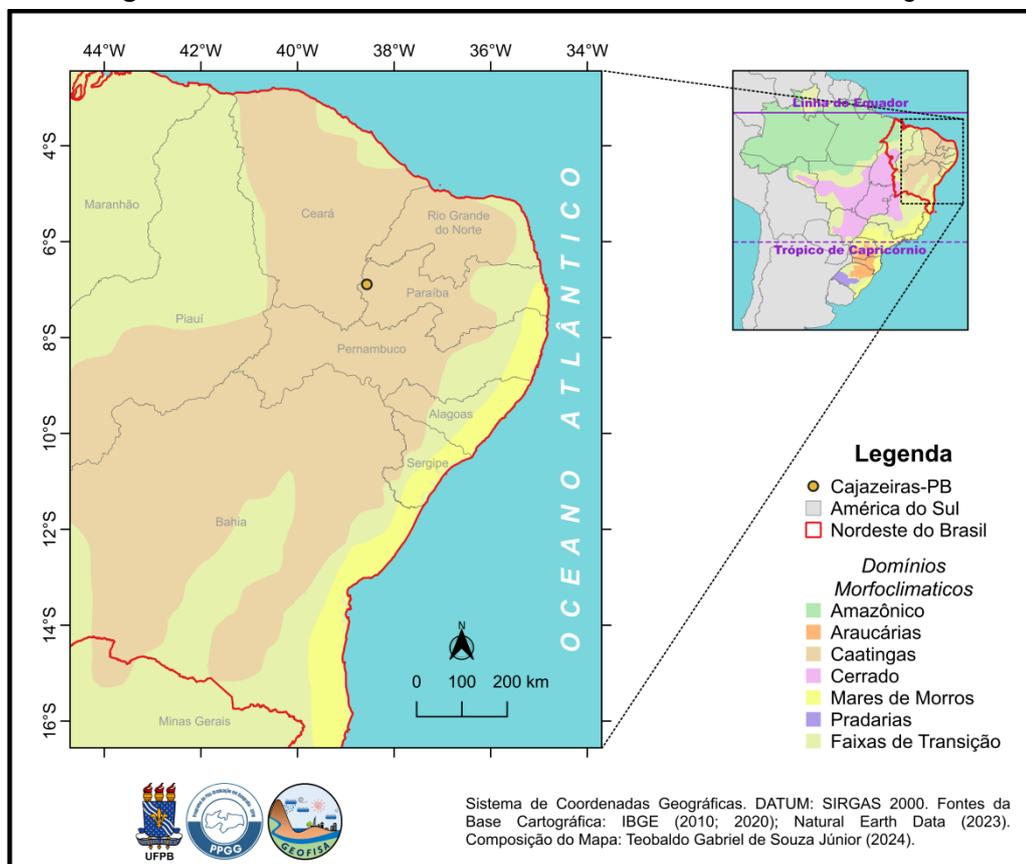
Figura 10: Representação de dois biomas brasileiros / (A) Cerrado; e (B) Caatinga



Fonte: Percy Lau, adaptado de Ab'Sáber (2007, p. 32-33).

O Domínio das Caatingas (Figura 11) trata-se de um desses complexos agrupamentos e, para Kill e Porto (2019, p. 65), a vegetação que abriga não era reconhecida pela comunidade científica até bem pouco tempo atrás, mesmo sendo uma das mais diversificadas florestas tropicais sazonalmente secas.

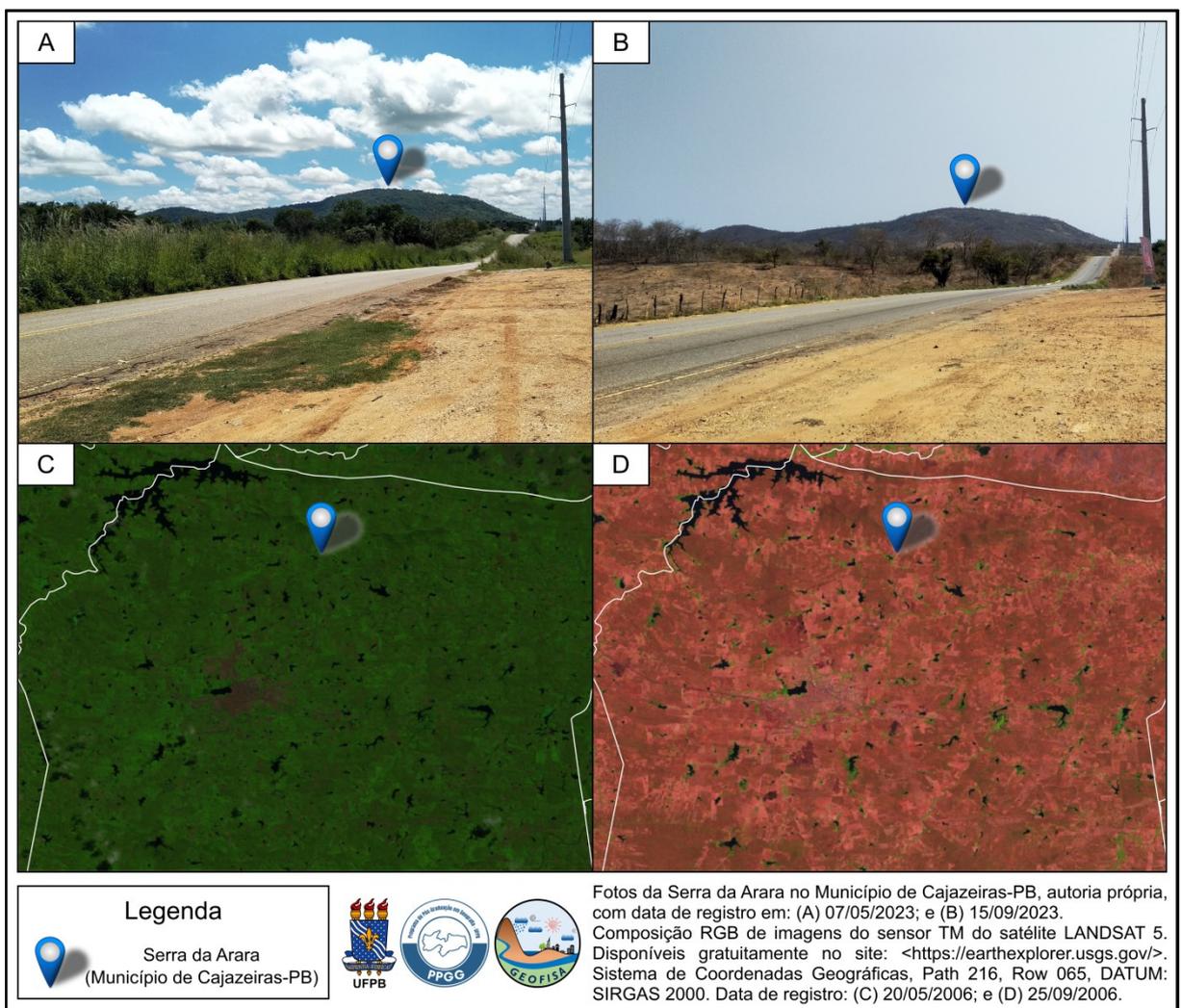
Figura 11: Área de extensão do Domínio Morfoclimático das Caatingas



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2010; 2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024), adaptado a partir de Freire (2018, p. 12).

Na família linguística dos indígenas de matriz tupi-guarani, o termo *Caatinga* significa mata branca (*ka'a* = mata + *tinga* = branca, aberta), em alusão à aparência que esse tipo de vegetação adquire quando, em sua zona de ocorrência - o perímetro semiárido brasileiro - a água se torna escassa (Embrapa, 2016), conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12: Contraste de períodos em área de formação de Caatinga / Serra da Arara, Município do Cajazeiras-PB, no período (A) chuvoso e (B) no período seco, do ano de 2023; e, imagens orbitais da porção centro-norte do Município de Cajazeiras-PB no período (C) chuvoso e (D) no período seco do ano de 2006



Fonte: Autoria própria (2023).

Ainda que possua ocorrência endêmica no Brasil, a Caatinga parece permanecer com um *status* “de menor nobreza” do que outros biomas, haja vista que, por exemplo, a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) não a menciona

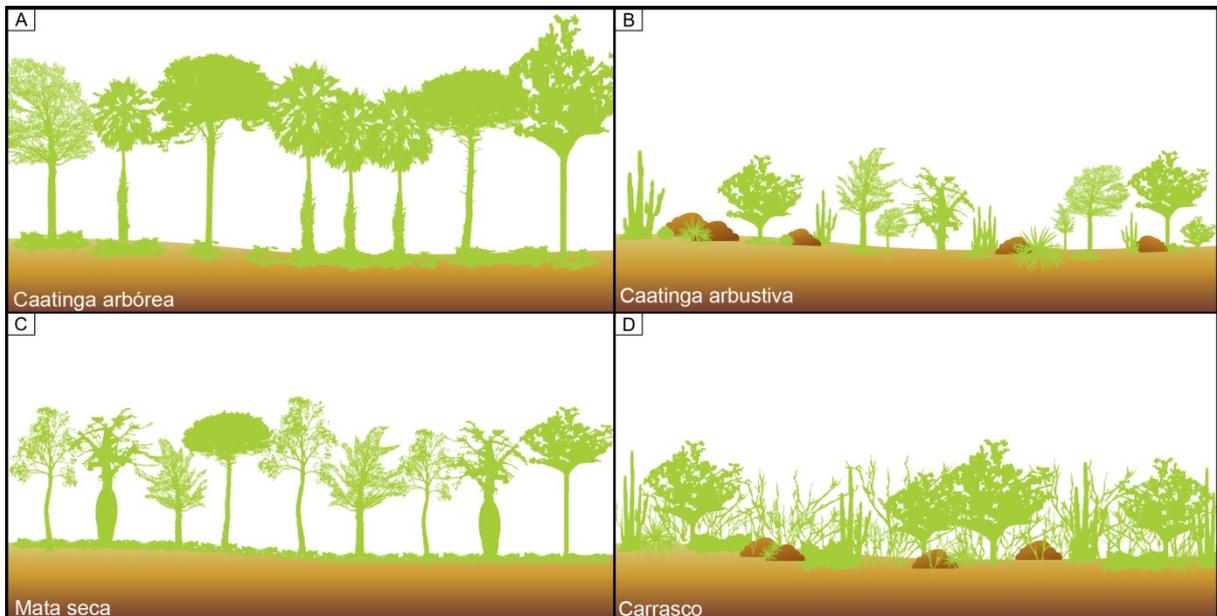
diretamente, e a legislação que ficou conhecida como “Novo Código Florestal”, Lei Federal Nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), privilegia a Amazônia Legal e o Cerrado, sem citá-la em momento algum.

Conforme a Embrapa (2016), a Caatinga ocorre em dez estados brasileiros, sendo os nove do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e um do Sudeste (pequena porção ao norte de Minas Gerais).

Abrange uma área equivalente a 11% do território nacional (844.453 km²), abriga aproximadamente 1.500 espécies de animais e 4.500 espécies de plantas, sendo por volta de 318 delas, endêmicas. É onde vivem, conforme o recenseamento de 2022 do IBGE, cerca de 30,4 milhões de pessoas (ou quase 15% da população brasileira, e 55,6% do total de residentes da Região Nordeste), em grande parte dependente dos recursos dessa vegetação para sobreviverem.

Não se trata de uma vegetação homogênea, sendo, algumas vezes referida como *Caatingas*, no plural, haja vista que se subdivide em quatro grupos com fitofisionomias^{xviii} distintas, consoante representação da Figura 13.

Figura 13: Fitofisionomias da Caatinga / (A) Caatinga arbórea; (B) Caatinga arbustiva; (C) Mata seca; e (D) Carrasco



Fonte: Autoria própria (2023), adaptado a partir de Associação Caatinga (2022).

Para a Associação Caatinga (2022) podem-se definir tais fitofisionomias da seguinte maneira: Caatinga arbórea (Figura 13A) - florestas altas com árvores que

chegam a 20 metros de altura, que na estação chuvosa formam uma copa contínua e uma mata sombreada em seu interior; Caatinga arbustiva (Figura 13B) - árvores de menor porte de até 8 m de altura, associadas a cactáceas como o faxeiro, o xique-xique e bromélias como a macambira e o croatá; Mata seca (Figura 13C) - ocorre nas encostas e topos das serras e chapadas com árvores que perdem as folhas em menor proporção durante a seca; e Carrasco (Figura 13D) que só ocorre a oeste da Chapada da Ibiapaba e ao sul da Chapada do Araripe, com arbustos de caules finos, tortuosos e emaranhados, difíceis de penetrar.

Conforme Evangelista (2010), de maneira generalista a Caatinga é

constituída, basicamente, por espécies lenhosas de pequeno porte, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas. Essas plantas são caracterizadas pelos mecanismos de adaptação aos rigores climáticos, por isso [muitas vezes] apresentam espinhos e, na sua maioria, são também caducifólias, ou seja, perdem suas folhas no início da estação seca como forma de retenção hídrica para garantir a sua sobrevivência durante a estiagem. (Evangelista 2010, p. 46)

A despeito da sua pouca preservação, estudos como os de Leal *et al.* (2005), Souza, Artigas e Lima (2015), Silva, Prata e Mello (2016), Kiill e Porto (2019) e Gomes *et al.* (2021) alertam sobre a importância da Caatinga para o “frágil equilíbrio ambiental^{xix}” em sua zona de ocorrência.

Portanto, o trabalho sugere que as intervenções antrópicas na Caatinga podem alterar a biomassa local e, conseqüentemente, todo o ecossistema. Essas mudanças podem impactar os registros de temperatura, dado o nível de integração entre os elementos naturais, conforme discutido no tópico corrente.

Assim, considerando que a retirada da vegetação nativa - seja para a implantação de pasto, de culturas diversificadas ou para a ampliação dos sítios urbanos - é o primeiro passo de modificação que ocorre na paisagem, será teorizado, a seguir, a integração desses dois espaços: urbano e o rural.

1.1.5. O espaço urbano e o rural

As discussões sobre o que é “urbano” e o que é “rural” remontam ao período da Revolução Industrial, ainda no Século XVIII (ObservaSSA, 2021). No âmbito do planejamento, quando mencionada “zona urbana” ou “zona rural”, está sendo

referida a determinação político-administrativa estabelecida mediante legislação específica em que

Zona Urbana são áreas municipais com elevado adensamento populacional e formação de habitações muito próximas. Enquanto, **Zona Rural** corresponde a um conjunto de atividades primárias (agricultura, pesca, etc.), praticadas em áreas não ocupadas por cidades ou grandes adensamentos populacionais.

Embora componham áreas consideradas distintas, as inter-relações entre os espaços urbano e rural são bastante complexas. Por isso, muitas vezes é difícil separar ou compreender a especificidade de cada um desses conceitos. (ObservaSSA, 2021, grifos no original)

Além disso, os pontos que diferenciam o que é tido como espaço urbano, do que é considerado como espaço rural, vão desde a paisagem observada até a dicionarização dos termos.

De acordo com Endlich (2006)

uma consulta ao Aurélio informa que rural (do latim *ruralis*) é um adjetivo do que pertence ou é relativo ao campo; e o urbano (do latim *urbanus*) é um adjetivo do que é relativo à cidade, ou o que tem caráter de cidade. O adjetivo urbano apresenta alguns significados a mais, no sentido figurado, como cortês, afável, polido ou civilizado. (Endlich, 2006, p. 13, destaques em itálico no original)

É imprescindível reportar que, muitas vezes tidos como sinônimos, os termos: “urbano” e “cidade”, assim como “campo” e “rural”, carregam significados distintos e, para discussões geográficas mais aprofundadas, não devem ser confundidos (Hespanhol, 2013).

Em suma, “urbano” refere-se a áreas com alta densidade populacional e infraestrutura desenvolvida, abrangendo mais do que apenas cidades, ao passo que “cidade” é uma unidade administrativa específica; “campo” é utilizado em sentido particular para áreas agrícolas, já “rural” circunscreve-se a áreas com baixa densidade populacional e economia baseada em agricultura e pecuária, incluindo vilas e pequenos povoados (Hespanhol, 2013).

Constata-se, portanto, que conceituar este ou aquele, dentre os espaços aludidos, não é tarefa trivial. Sobre o que é cidade, Carlos (2003), por exemplo, reúne as definições de vários pensadores distintos, conforme ilustra o Quadro 1, indicando que, para alguns, a definição vincula-se ao seu caráter funcional, para

outros, à uma perspectiva mais histórica, havendo, também, aqueles para os quais imperam os aspectos econômicos, políticos e sociais.

Quadro 1: Síntese de vários pensadores e os seus respectivos conceitos de cidade

Pensador / Autor	Definição de Cidade
Ratzel	Reunião durável de homens e habitações humanas que cobre uma grande superfície e se encontra no cruzamento de grandes vias comerciais.
Wagner	Pontos de concentração do comércio humano.
Brunhes	Local de aglomeração humana onde a maioria dos seus habitantes emprega o seu tempo no interior dessa aglomeração.
Bobeck	Aglomeração fechada que possui certa importância e onde se leva uma vida urbana.
Von Richtofen	Agrupamento humano cujos meios de existência normais consistem na concentração de trabalho que não são consagradas à cultura, mas ao comércio e à indústria.
Sombart	Aglomeração de homens dependendo dos produtos do trabalho exterior.
Sorre	Aglomeração de homens mais ou menos considerável, densa e permanente, altamente organizada, geralmente independente para sua alimentação do território sobre o qual se desenvolve e implicando, para a sua existência, uma vida de relações ativas necessárias à manutenção de sua indústria, de seu comércio e demais funções.
Pierre George	Formas de acumulação humana e de atividades concentradas, próprias a cada sistema econômico e social, reconhecidos a partir de fatos de massa e arquitetônico.

Fonte: Elaboração própria (2023), adaptado a partir de Carlos (2003, p. 67-68).

Embora haja polissemia nos termos, é crucial colocar que, de acordo com Sposito (2005, p. 14), aquilo que tomamos por cidade, o qual, conforme a autora, é mais do que um aglomerado humano, se forma “historicamente num ponto do território, cuja razão de ser era o desenvolvimento da agricultura”.

Nesse sentido, não seria ao acaso que os primeiros grupamentos antrópicos, os quais iriam originar as mais vetustas cidades, teriam surgido em zonas próximas a grandes rios (Figura 14): Mesopotâmia - atual Iraque, 3.500 a.C. na área compreendida entre os rios Tigre e Eufrates -; vale do Nilo - Egito, 3.100 a.C. -; vale do Indo - centro-norte da Índia, 2.500 a.C. -; adjacências dos grandes rios chineses - Hoang-Ho e Yang Tsé-Kiang, 1.550 a.C. (Sposito, 2005, p. 18).

De forma mais ampla Carlos (2003) expõe que

Por volta de 8.000 a.C. o homem aprofunda suas relações com o meio circundante aproveitando a terra para plantio, iniciando um rudimentar princípio de organização. Aproximadamente 6.000 a.C., inovações técnicas, tais como o arado de relha, aliadas para o deslocamento dos vales fluviais (inicialmente Tigre e Eufrates, Nilo, Indo e mais tarde o rio Hucango na China), cuja inundação deixava em extensas áreas alagadas um lodo bastante fértil, dão à agricultura um notável impulso. As inovações tecnológicas prosseguem e no ano 5.000 a.C. já se podia notar a presença de diques, canais e vales de irrigação.

[...]

Foi em torno de 5.000 a.C. que surgem, junto ao Eufrates e em outros pontos da Ásia Menor, as primeiras povoações às quais pode-se dar o nome de cidade. Dentre essas as mais antigas foram provavelmente: Kisch, Ur e Uruk. As duas últimas desapareceram com a mudança do leito do rio Eufrates. (Carlos, 2003, p. 60-61)

Figura 14: Área de surgimento das primeiras grandes civilizações



Fonte: Tamdjian; Mendes (2010, p. 273).

Desse modo, ao passo que a humanidade se convertia da condição nômade à de sedentária - isto é, com moradia fixa -, a partir do desenvolvimento das técnicas que possibilitaram a domesticação de animais e de culturas, também coligia o arcabouço que originaria as urbes, validando, desta forma, a afirmação de Bezerra e Silva (2018, p. 3) de que “as cidades se constituem a partir de uma base rural, ou seja, não dando para analisá-los (rural e urbano) separadamente”.

Salienta-se que, embora o urbano não seja um fenômeno moderno, foi a partir do advento do capitalismo que foi se tornando, aceleradamente, o mais concentrado *locus* de produção e de reprodução da humanidade (Carlos, 2003; Sposito, 2005) e que, de acordo com Corrêa (2003), desperta grande interesse comercial, especialmente, sob o ponto de vista do acúmulo de capitais.

Corrêa (2003) coloca que

Os proprietários de terras atuam no sentido de obterem a maior renda fundiária de suas propriedades, interessando-se em que estas tenham o uso que seja o mais remunerador possível, especialmente uso comercial ou residencial de *status*. Estão particularmente interessados na conversão da terra rural em terra urbana, ou seja, têm interesse na expansão do espaço da cidade na medida em que a terra urbana é mais valorizada que a rural.

Isto significa que estão fundamentalmente interessados no *valor de troca* da terra e não no seu *valor de uso*.

Os proprietários fundiários podem então exercer pressões junto ao Estado, especialmente na instância municipal, visando interferir no processo de definição das leis do uso do solo e do zoneamento urbano. Esta pressão não é feita uniformemente nem beneficia a todos os proprietários fundiários. Alguns, os mais poderosos, poderão até mesmo ter suas terras valorizadas através do investimento público em infra-estrutura, especialmente a viária: as cidades brasileiras fornecem vários exemplos desta prática. (Corrêa, 2003, p. 16, destaques em itálico no original)

Assim, aparentemente disjuntos, no Brasil, rural e urbano se tornam *uno* a partir do conceito de *município* que, como já citado neste manuscrito, na organização político-administrativa brasileira, é a menor parcela a ser ordenada pelo poder público (Brasil, 1988).

Portanto, considerando que: o campo produz para se manter e abastecer o urbano; que o urbano comercializa e consome o que vem da zona rural; que rural e urbe são interdependentes; e que a contiguidade da trinca urbano-rural-municipal é mantida por diversas forças e convenções sociais historicamente construídas, as quais interferem diretamente na valorização - ou desvalorização - e, sobretudo, na transformação de determinado espaço, é que se optou por esta escala de estudo na presente pesquisa.

1.1.6. Escala de análise (espaço e tempo)

Escala pode ser definida como a “lente individual que aplicamos ao representar e interpretar fenômenos presentes na realidade concreta em que vivemos” (Castelhano; Roseghini, 2016, p. 44).

No entanto, é relevante destacar que, embora o termo escala esteja amplamente incorporado ao vocabulário da geografia - assim como de outras ciências também - e que, geralmente, conduza o pensar para uma relação matemática entre o real e o projetado, aproximando-se bastante do conceito de “**escala cartográfica**”, aqui se entenderá por escala algo que vai além de uma medida de proporção, expressando, portanto, os diferentes “modos de percepção e concepção do real” (Castro, 2005, p. 118, grifo nosso).

Presente desde as fundações epistemológicas que deram origem à geografia moderna, haja vista as suas vertentes: “geral” e “regional” (Leite; França, 2009); para

Castro (2005, p. 118-119) a “abordagem geográfica do real enfrenta o problema básico do tamanho, que varia do espaço local ao planetário”.

Nesse sentido, a autora explica, inclusive, que além de ordem de grandeza, a palavra “escala” remete ao “sentido de medida do fenômeno”, todavia, não se deve “confundir a escala, medida arbitrária, com a dimensão do que é observado” (Castro, 2005, p. 127).

Assim, é premente explicar que a escala é empregada para dar visibilidade a determinado fenômeno, sendo ajustada adequadamente - em ampliação ou redução -, de acordo com a necessidade do estudo. Esta colocação coaduna com a noção de “pertinência da medida” expressada por Boudon (1991, p. 13 *apud* Castro, 2005, p. 135), já que, para este autor, “não é pertinente aumentar os elefantes e nem diminuir as pulgas”.

Desta maneira, para Lacoste (1976, p. 62 *apud* Castro, 2005, p. 122), “à mudança de escala corresponde uma mudança de nível de análise e deveria corresponder uma mudança no nível de concepção”, assinalando-se que, “quando o tamanho muda, as coisas mudam” (Castro, 2005, p. 137).

Ainda de acordo com Castro (2005, p. 125-126, grifo nosso), enquanto a “**escala cartográfica** exprime a representação do espaço como forma geométrica”, a **escala geográfica** alude à “representação das relações que as sociedades mantêm com esta forma geométrica”, no entanto, para a autora a expressão “**escala geográfica**” carece de um conceito próprio, uma vez que, com ambas, ocorre uma tendência de “crescimento da homogeneidade na razão inversa da escala”, isto é: quanto menor a escala, mais homogêneos se tornam os fenômenos tornando-se mais difíceis de distinguir as suas peculiaridades.

Para prosseguir é imperativo enfatizar que a escala sempre será um recorte da realidade com a função de auxiliar na análise de determinado fenômeno no tempo e no espaço. Sendo assim, a depender do nível escalar investigativo, determinado fenômeno pode parecer homogêneo em escalas menores e bastante heterogêneo em escalas maiores, ao nível do detalhe (Monteiro, 1991).

Diante disso, enfatiza-se que à “escala geográfica” referida, além da dimensão geométrica espacial, agrega-se a dimensão temporal justificando-se que, na presente pesquisa, trabalham-se ambas as naturezas de escalas. Destarte corrobora-se com Castro (2005), ao afirmar que a escala passa a ser uma estratégia

de apreensão da realidade, na medida em que, dada a sua complexidade, se torna impossível apreender esta realidade *in totum*.

Ressalta-se que, dentro da ciência geográfica, ambos os conceitos - espaço^{xx} e tempo - são igualmente importantes e que, embora tempo aparente vincular-se bem mais firmemente à história, segundo Moreira (2002)

Geografia e história nascem de um mesmo processo, o da localização dos fenômenos, porém nascem separadas. A geografia é a localização do fenômeno no espaço e a história é a sua localização no tempo. Espaço e tempo são “lugares conceituais” distintos, mesmo quando se combinam. A geografia e a história são portanto saberes separados. A história é o registro dos acontecimentos na sua sucessão temporal; a geografia é este registro em sua contemporaneidade espacial. Assim, embora distintas, geografia e história encontram-se. A história é uma geografia contínua. A geografia é um corte na história. (Moreira, 2002, p. 24)

Por conseguinte, o recorte escalar temporal do estudo será de pouco mais de 30 anos (1990 a 2020). Tal interstício é justificado pelo fato de que, de acordo com Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, s.d.), 30 anos é o período que a Organização Meteorológica Mundial-OMM estabelece para se obter uma normal climatológica coerente.

Também importa ponderar que, na perspectiva das mudanças climáticas globais, são as interações e alterações climáticas que ocorrem nesta escala temporal (30 anos) que, para os padrões ambientais, podem ser consideradas “curta” e “muito curta”, consoante o Quadro 2, apresentado por Conti (2011).

Quadro 2: Mudanças climáticas globais

Termo	Duração	Causas Prováveis
Revolução climática	Acima de 10 milhões de anos	Atividade geotectônica e possíveis variações polares.
Mudança climática	10 milhões a 100 mil anos	Mudanças na órbita de translação e na inclinação do eixo terrestre.
Flutuação climática	100 mil a 10 anos	Atividades vulcânicas e mudanças na emissão solar.
Interação climática	Inferior a 10 anos	Interação atmosfera-oceano.
Alteração climática	Muito curta	Atividade antrópica, urbanização, desmatamento, armazenamento de água etc.

Fonte: Conti (2011, p. 81).

Já a abrangência espacial do estudo será balizada pelo limite municipal de Cajazeiras-PB. Tal opção ancora-se em dois motivos determinantes: primeiro porque conhecer bem o local de estudo é uma das prerrogativas da ciência geográfica. Tal

afirmação é demonstrada no trabalho de Wulf (2016), que descreve a relevância das incursões de Alexander Von Humboldt ao redor do planeta, no século XIX, para as suas pesquisas. Portanto, a vivência do pesquisador na área poderá auxiliar nas possíveis respostas perseguidas.

A outra justificativa para a escolha específica de uma delimitação municipal - que é determinada artificialmente de maneira arbitrária e antrópico-política -, em detrimento de uma demarcação mais natural - como, por exemplo: província geológica, bacia hidrográfica etc. -, é explicada pelo fato de que muitas das pesquisas internacionais e nacionais de climatologia se concentram no ambiente urbano, motor de intensas mudanças no meio (Monteiro, 1975; Oke, 1978; Weng, 2009; Wong; Chen, 2009; Sousa; Ferreira, 2012; Azerêdo, 2017; Rodrigues, 2017; Ferreira, 2019; Teixeira, 2019; Amorim, 2020), no entanto, além do núcleo urbano, é bastante valioso considerar as áreas rurais adjacentes para a composição de dados do clima local (Mendonça, 2021).

Todavia frisa-se que, na concepção de Castro (2005, p. 121), “na climatologia a escala pertinente é basicamente continental ou planetária”, entretanto, de acordo com Mascaró (2004), a informação climática deve ser considerada em três níveis distintos: macroclima, mesoclima e microclima.

Para esta autora (Mascaró, 2004), enquanto o microclima é dado em uma espacialidade de poucos metros, podendo abranger casas, ruas e bairros pequenos (dentro da zona urbana), e o macroclima é concebido em escala planetária, o mesoclima é moldado pela topografia local como vales ou montanhas, ausência ou presença de grandes massas de água, presença ou ausência de vegetação e pelos tipos de coberturas de terreno.

Consoante Ayoade (1996, p. 4), a escala mesoclimática ocupa-se do “estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 e 100 km de largura (por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos como os tornados e os temporais)” e, para Novais (2021, p. 14), o mesoclima não se trata de uma ordem de grandeza intermediária entre o Macro e Microclima e sim uma escala hierárquica de climas locais, os quais são “delimitados por feições geográficas ou antrópicas, de destaque na paisagem, que interferem no fluxo energético (serras, linhas de cumeada, topos de planaltos, vales abertos e encaixados, áreas de mata, zonas urbanas etc.)”.

Em vista disso, considerando que tanto áreas rurais quanto áreas urbanas provocam modificações no meio sendo que, essas últimas, geram de forma concentrada seus impactos ambientais, mas que os difundem além dos limites das urbes (Jatobá, 2011, p. 141), e ainda, lembrando que a menor parcela dentro da hierarquia político-administrativa do Brasil a integrar zona urbana e rural é o município, é que se optou por pesquisar a partir desse balizamento espacial.

Faz-se mister ressaltar a representatividade de Cajazeiras no interior do Domínio das Caatingas, fato que será melhor explorado adiante, no “Capítulo II: Caracterização da área de estudo”.

Por fim, na operacionalização deste trabalho de tese, para a análise geral dos dados e dos fenômenos a serem discutidos, foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento e de Estatística, procedimentos essenciais para garantir a precisão e a integridade das conclusões obtidas, possibilitando uma compreensão aprofundada e fundamentada dos aspectos estudados e sobre os quais se discorrerá brevemente nos itens adiante.

1.1.7. Geoprocessamento

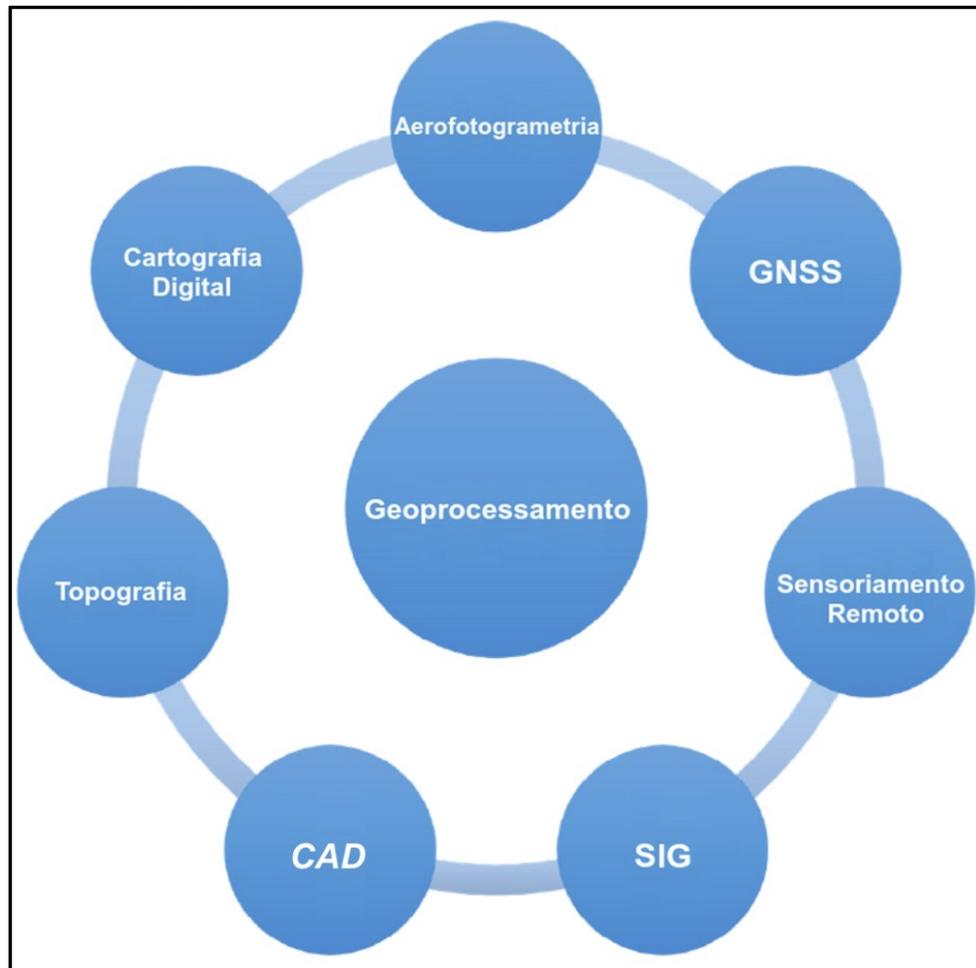
Pode-se considerar o geoprocessamento como “uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados^{xxi}” (Fitz, 2008, p. 24). Incorporada ao cabedal de diversas ciências que se utilizam de informações espaciais, a Figura 15 ilustra as várias técnicas que orbitam a área do geoprocessamento.

Na ciência geográfica, praticamente todas as técnicas representadas na Figura 15 (Cartografia Digital, Aerofotogrametria, GNSS, Sensoriamento Remoto, SIG, CAD, Topografia e Cartografia Digital) são, regularmente, empregadas na análise e discussão dos diversos fenômenos geoespacializados, sobretudo o Sensoriamento Remoto-SR e os Sistemas de Informações Geográficas-SIGs.

O termo Sensoriamento Remoto poderia ser mais facilmente traduzido como “detecção à distância” e se trata da técnica de captar a energia da Radiação do Espectro Eletromagnético-REM^{xxii} (Figura 16) por meio de sensores capazes de registrá-la em faixas de comprimento e de frequência de onda (corriqueiramente chamadas de bandas) em que, cada alvo, possui uma resposta específica (Figura

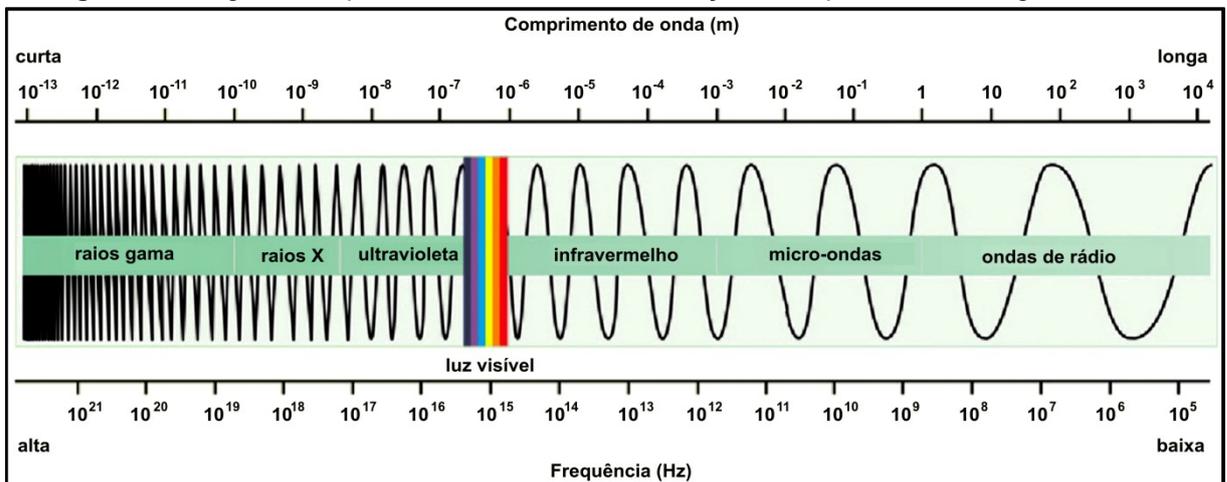
17), fenômeno este que pode ser interpretado como uma espécie de “assinatura espectral” (Florenzano, 2011).

Figura 15: Técnicas que compõem o geoprocessamento



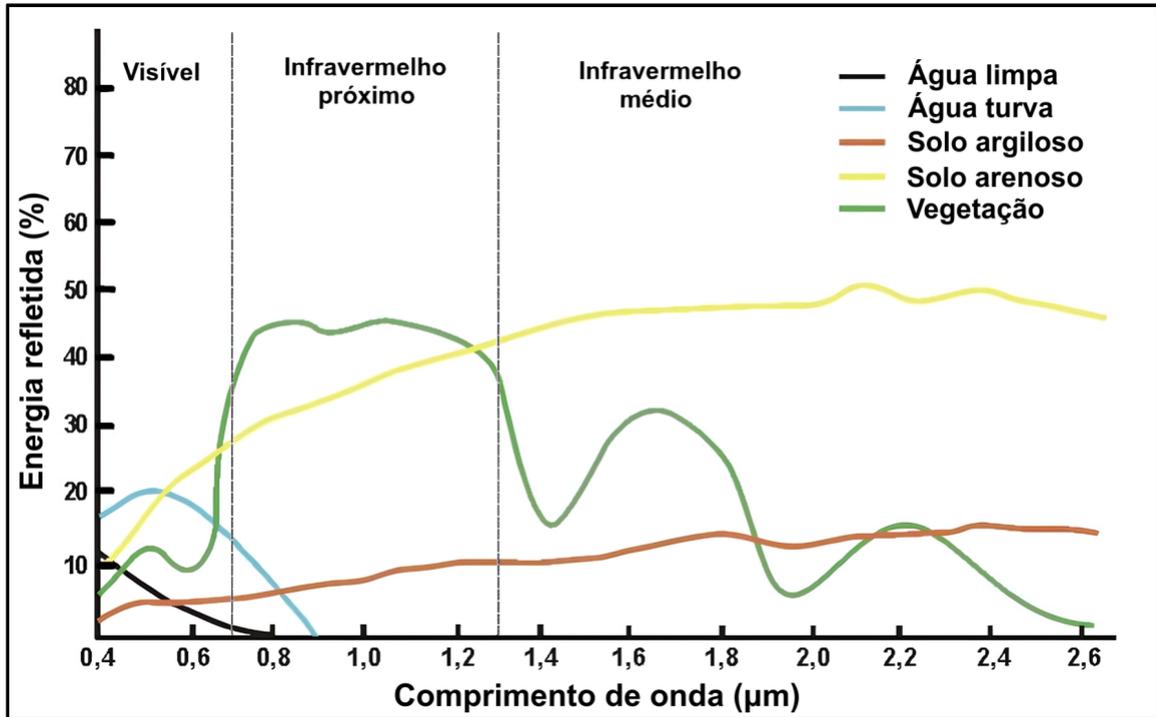
Fonte: Souza Júnior *et al.* (2022, p. 95).

Figura 16: Diagrama esquemático das ondas de Radiação do Espectro Eletromagnético-REM



Fonte: Florenzano (2011, p. 11).

Figura 17: Resposta espectral de alguns alvos encontrados na superfície terrestre



Fonte: Florenzano (2011, p. 12).

Para Rodrigues (2017), dentro da REM, a faixa mais utilizada nos processos de SR compreende o intervalo que vai da frequência de onda em torno de 10^{17} Hz - também equivalente ao comprimento de onda 10^{-8} m -, até 10^9 Hz de frequência - correspondente ao comprimento de onda de 1 m -, ou seja, a técnica percorre, principalmente, os seguintes estágios identificáveis na Figura 16: ultravioleta, luz visível, infravermelho e micro-ondas.

Com o advento da aviação, do surgimento dos satélites artificiais e, atualmente, dos *Remotely Piloted Aircraft System-RPAS^{xxiii}*, o SR vem se tornando cada vez mais onipresente no levantamento de dados geográficos da superfície do planeta, especialmente porque pode propiciar uma “visão sinóptica e multitemporal da Terra tornando a superfície, até mesmo do local mais ermo, monitorável” (Souza Júnior, 2020, p. 41).

Segundo Meneses (2012), o SR é uma das mais bem sucedidas tecnologias na coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global, sendo capaz de registrar informações que podem servir para fazer um perfil histórico das mudanças de uso e cobertura de uma superfície.

Diferentemente de uma fotografia ou imagem comum, o SR permite o registro de uma determinada área em bandas distintas da REM, num mesmo instante, gerando arquivos multiespectrais que podem ser aplicados, por exemplo: na geração de dados topográficos; em trabalhos de climatologia associados ao calor, nebulosidade e às chuvas; e nas análises das respostas em extensões recobertas por vegetação, corpos d'água, zonas urbanas e rurais (Pufal, 2001; Fitz, 2008; Florenzano, 2011; Barbosa; Novo; Martins, 2019; Souza Júnior *et al.*, 2021).

Após os devidos registros de certa área-alvo, em dado momento, as informações captadas através do SR podem ser organizadas, exibidas e processadas em algum SIG que, conforme Fitz (2008) trata-se de

um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido. (Fitz, 2008, p. 23)

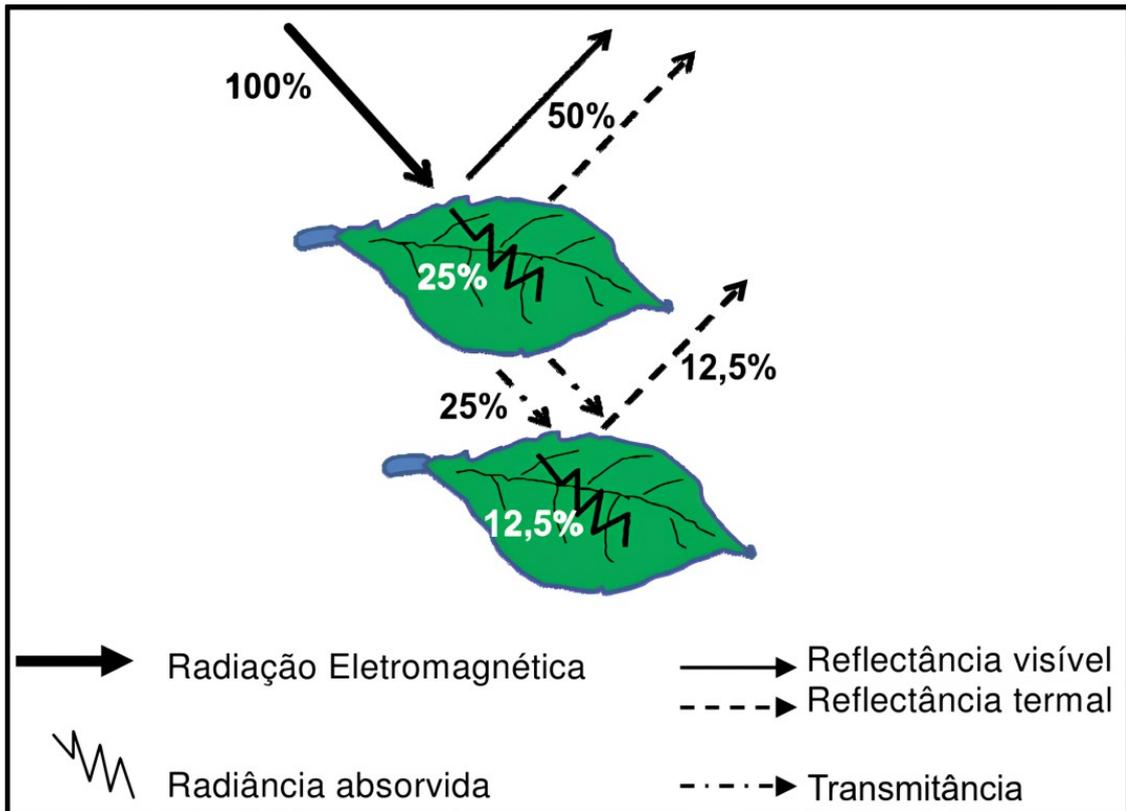
Geralmente os SIGs são dotados de interface gráfica, banco de dados e geoalgoritmos capazes de proverem um suporte para que o usuário trabalhe e transforme a massa de dados em informação (Câmara *et al.*, 1996) e, por conseguinte, em conhecimento^{xxiv}.

A título de exemplo, toma-se a resposta da vegetação em relação à incidência da REM proveniente do sol, conforme ilustra a Figura 18. Considerando que as folhas vegetais aparecem em tons de verde ao olho humano, significa que é esta a faixa do visível mais refletida por esse alvo, ao passo que as demais são bem absorvidas; e, no tocante ao infravermelho, não perceptível ao olho humano, também há uma tendência de reflexão pelo fato de que é esta a radiação associada ao calor, e que tal comprimento de onda não é tão útil para a fotossíntese sendo, portanto, a rejeição desta banda, necessária para compensar a carga térmica na folhagem (Rodrigues, 2017).

Ante ao exposto, pode-se avaliar a condição fenológica da vegetação de uma localidade através da sua assinatura espectral. Nas palavras de Rodrigues (2017)

a tendência da curva da assinatura espectral da vegetação saudável é crescente por apresentar baixa reflectância na região do azul e vermelho e absorver na região do verde assim como há um aumento da reflectância marcante na região do infravermelho termal. (Rodrigues, 2011, p. 71)

Figura 18: Interação da radiação eletromagnética com as folhas dos vegetais



Fonte: Rodrigues (2017, p. 68).

O *Normalized Difference Vegetation Index*-NDVI ou, em tradução livre para o português, “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada”, é um dos vários exemplos de indicadores que são obtidos através de pós-processamento de imagem multiespectral.

Este índice (NDVI), utiliza a característica espectral descrita para gerar um arquivo final em que cada parcela espacial, representada pela unidade *pixel*^{xxv}, oscila entre os valores limítrofes de -1 a 1, nos quais os registros compreendidos na faixa -1 e 0 representam áreas não vegetadas e, acima de 0, áreas vegetadas, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior também é a certeza da presença, quantidade, qualidade e viço da folhagem.

A fórmula do NDVI^{xxvi}, que gera o intervalo de -1 a 1, está expressa na Equação 2, a seguir.

$$NDVI = \frac{(NIR - VRE)}{(NIR + VRE)} \quad (2)$$

Em que: *NDVI* = Índice de vegetação por diferença normalizada; *NIR* = Banda do sensor que capta o infravermelho próximo; e, *VRE* = Banda do sensor que capta o vermelho visível.

Em suma, a integração de técnicas de geoprocessamento, como o SR e SIG, revela-se crucial para a análise detalhada e precisa de fenômenos geográficos, como é o caso do presente estudo. Deste modo, no que concerne à sua operacionalização, lançou-se mão de parâmetros observacionais e comparativos, onde se buscou identificar a existência de, e qual parcela das variações de temperaturas cabem, efetivamente, à diminuição da área vegetada, recorrendo-se, para tal: a análise de dados medidos em estações próximas e ao uso da modelagem; às técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e de Geoprocessamento; e, também, ao emprego de métricas estatísticas adequadas (Mingoti, 2005).

1.1.8. Estatística

A estatística é o ramo da matemática aplicada em que se investigam processos de obtenção, organização e avaliação de dados sobre uma população, uma coleção de seres quaisquer ou fenômenos variados, com o objetivo de tirar conclusões ou fazer previsões, mais ou menos fidedignas, baseadas nessas informações (Ferreira, 2001).

É um recurso amplamente utilizado por uma gama de áreas - como: física, química, biologia, economia, meteorologia, engenharia, agronomia, ciências sociais etc. - que fornece ferramentas para a realização de pesquisas científicas e para tomadas de decisões, calcadas em evidências confiáveis (Mingoti, 2005; Azevedo, 2016; Sampaio; Assumpção; Fonseca, 2018).

Nas palavras de Martins e Domingues (2014, p. 2), a estatística envolve a “coleta, classificação, sumarização, organização, análise e interpretação de dados”, passos de importância capital na explicação de fenômenos, bem como na fundamentação de novas camadas do conhecimento, a exemplo da avaliação de indicadores e da criação de índices.

Basicamente, a estatística se divide em três subcampos: **estatística descritiva**, mais interessada em descrever e sumarizar os achados dos dados; **estatística inferencial**, responsável por fazer inferências sobre as características de uma população, a partir de certo número de casos estudados; e, finalmente, a

probabilidade, que se encarrega de realizar os cálculos probabilísticos das chances de ocorrerem determinados eventos específicos. Essas áreas não são totalmente distintas e tendem a se entrelaçar, conforme evocam Sampaio, Assumpção e Fonseca (2018).

Dessa forma, considerando que muitas das análises estatísticas auxiliam na previsão de determinados eventos, reduzindo a sua incerteza, pode-se dizer que é um campo capaz de prognosticar o que poderá ocorrer, mas, jamais, garantir o que realmente irá acontecer (Azevedo, 2016).

Assim, adicionalmente aos dados medidos, aos obtidos através de SR e por meio de processamento no SIG, serão incorporadas técnicas de análise estatística na vertente quantitativa desta tese, uma vez que esta é uma área vital na produção de conhecimento científico.

O “Capítulo III: Procedimentos Metodológicos” do manuscrito irá detalhar com maior exatidão os tipos e as técnicas estatísticas envolvidas nesta pesquisa, as quais carregam a função de melhor embasar as discussões subsequentes.

1.2. Breve revisão de literatura sobre as mudanças climáticas

Inicia-se este tópico concordando com as colocações de Conti (2005) ao afirmar que as mudanças climáticas envolvem um dinamismo maior do que apenas a elevação das médias térmicas. Mas alerta-se, contudo, que as reações em cadeia que se estabelecem a partir do aquecimento merecem especial atenção e, desta maneira, devem ser analisadas com profundidade.

Assim, embora ainda não exista consenso sobre o quão as mudanças climáticas são impulsionadas pelos ciclos naturais^{xxvii} ou pela magnitude das atividades humanas, dada a sua complexidade e vasta gama de fatores envolvidos (Conti, 2005; Teodoro; Amorim, 2008), é amplamente aceito que o fator antrópico é capaz de provocar perturbações em escalas menores (locais ou até regionais), como é comum no ambiente urbano (Teodoro; Amorim, 2008).

Dessa maneira, é pacífica a compreensão sobre as transformações que envolvem o sítio onde se assentam as urbes, admitindo-se que estas provocam, em curto intervalo de tempo, alterações climáticas nos subsistemas termodinâmicos, hidrometeorológicos e físico-químicos (Monteiro, 1975; Zanella; Moura, 2013), por meio

da construção do espaço a partir da impermeabilização do solo, do desmatamento, do armazenamento de água, dentre outros (Conti, 2005).

Neste ponto, faz-se um adendo para colocar que, ao ser utilizado o termo “antrópico” pode ser dada a equivocada impressão de que todos os seres humanos, de forma igualitária e coordenada, provocam as mesmas pressões sobre os recursos e que, por dedução, tais agentes são igualmente responsáveis pelos efeitos danosos ao meio sofrendo as mesmas consequências.

Entretanto, salienta-se que a produção e a apropriação desigual do espaço (e dos seus respectivos recursos), por agentes com poderes econômicos diversos, ocasionam distintas pressões. Destarte, se o clima urbano, conforme coloca Sant’Anna Neto (2011), é uma construção social, onde os menos abastados são os mais afetados, por não disporem dos meios materiais adequados para se protegerem; de maneira mais abrangente, é isto que ocorre em escala mundial, conforme discutem Quintana e Hacon (2011).

Segundo destacam as autoras, “a chamada crise ambiental atinge os variados grupos sociais de forma desigual uma vez que esta reflete as contradições clássicas inerentes ao capitalismo” (Quintana; Hacon, 2011, p. 427), inscrevendo, ainda, que outras sociedades pré-capitalistas, pela carência de desenvolvimento tecnológico no seu tempo histórico, também agrediram o ambiente, mas alertam, contudo, que é a sociedade industrial atual, com todo o seu aparato moderno, que opera um ritmo avassalador sobre a natureza a agredindo em escala global, ao passo que gera a má distribuição da riqueza produzida.

Outro dos pontos citados no manuscrito de Quintana e Hacon (2011) faz referência à exaustão do solo rural, conforme os preceitos do contemporâneo modo de produção capitalista o qual: além de usurpar a terra do camponês, ainda a deixa imprópria para o cultivo. Portanto, faz-se mister destacar que tais exemplos (urbanos ou rurais) pontuam essas diferenças sociais, assinalando que as desigualdades sistêmicas do modelo econômico e as condições de acesso (ou não) aos bens por ele produzido é que impõem o ritmo sobre a degradação ambiental e define os atores afetados.

Dito isso, prossegue-se colocando que muitos estudos sobre as alterações climáticas de temperatura, quando não generalistas ao nível escalar global, se concentraram, historicamente, nas cidades, sobretudo nas mais populosas, considerando sua importância e representatividade (Zanella; Moura, 2013). Somente

mais recentemente é que estudos como os de Amorim (2017; 2020a; 2020b) e Teixeira (2019) passam a incluir os municípios de médio e de pequeno porte no circuito de tais pesquisas, mas, ainda assim, concentrados nas zonas urbanas.

Ainda mais raros são trabalhos como os de Maffioletti *et al.* (2021) que, ao analisarem o microclima em um município pouco urbanizado articula, em suas discussões, o ambiente rural circundante e sua massa vegetal como um dos medulares condicionadores climáticos.

Relativamente ao Nordeste do Brasil, Zanella e Moura (2013) destacam que, embora desde os anos de 1980 existam, no âmbito da climatologia geográfica, pesquisas sobre os municípios nordestinos de médio a grande porte (com destaque para todas as capitais), foi somente após os anos 2000, com a implantação e a expansão, nas universidades da Região, de diversos cursos de Pós-Graduação em Geografia, que houve um considerável aumento do interesse no tema, gerando uma gama de dissertações, teses e artigos científicos publicados. Todos esses com enfoque nos núcleos urbanos.

Municípios como Cajazeiras, enquadrados, quando considerada a sua população, na faixa “pequeno porte” (Saraiva; Caracristi, 2023), são ainda mais escassos em termos de pesquisas sobre a temática, muito embora trabalhos recentes como os de Souza *et al.* (2021), Martins *et al.* (2022), Saraiva e Caracristi (2022), Saraiva (2023) e Saraiva e Caracristi (2023) a tenham colocado no centro do debate, ainda assim, analisa-se prioritariamente a zona urbana.

Portanto, o presente trabalho visa sanar essa lacuna científica, contribuindo com um estudo que aborde, em suas discussões, de maneira adequada, as escalas temporais e espaciais de análise das temperaturas do ar e de superfície, de modo a articulá-las em conjunto com as transformações de cobertura do solo, enquanto condicionantes do clima, nos espaços rurais e urbanos, com foco nos dados de Cajazeiras, destacando, por conseguinte, a importância e a representatividade de municípios do seu porte. Desse modo, o capítulo a seguir trata da caracterização da área da pesquisa.

ⁱ Introduzido por Kuhn em 1962, o conceito de paradigma científico se refere às realizações “universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (Kuhn, 1998, p. 13). Para Monteiro (1975, p. 9) o termo definido por Kuhn é mais profundo do que o seu sentido nominal estabelecido pelo uso

comum de “modelo aceito” ou “padrão”, sendo, muito mais, uma “abordagem sociológica” da ciência (Monteiro, 1975).

ⁱⁱ Pode-se inferir de Abbagnano (2007, p. 668), que método trata-se de qualquer pesquisa ou orientação de pesquisa, isto é, uma investigação ou doutrina, um procedimento de investigação organizado, repetível e autocorrigível, que garanta a obtenção de resultados válidos.

ⁱⁱⁱ Morin (1977) emprega o termo “informação” como se este fosse sinônimo de “dado”. Desta forma é importante elucidar que, de acordo com Setzer (2015), “dado” é uma sequência de símbolos quantificados ou quantificáveis ao passo que “informação” é uma abstração informal, isto é, está na mente de alguém, representando algo significativo para essa pessoa e que, portanto, não pode ser formalizada através de uma teoria lógica ou matemática, necessitando, assim, de interpretação e subjetividade.

^{iv} Para Caracristi (2007, p. 33), a retroação rompe com “o princípio de causalidade linear - a causa age sobre o efeito e este sobre a causa. Esse mecanismo de regulação permite a autonomia do sistema. O anel de retroação (ou *feedback*) possibilita, na sua forma negativa, reduzir o desvio e, assim, estabilizar um sistema. Na sua forma mais positiva, o *feedback* é um mecanismo amplificador”.

^v Denomina-se recursividade a perspectiva onde o objeto está sempre dinamicamente forçado a se auto-reconstruir ou auto-configurar, ou seja, neste caso o efeito precede a causa (Suertegaray, 2018, p. 37).

^{vi} Algumas vezes confundidos, temperatura e calor possuem conceitos próximos, porém, diferentes. Enquanto a temperatura de um objeto ou meio é a medida do quanto estão agitados seus átomos e moléculas, o calor (ou energia térmica) é a quantidade de energia envolvida nessa agitação molecular (UNESP, 2023).

^{vii} É uma afirmação discutível que as secas são fenômenos “danosos ao meio ambiente” haja vista que, neste trabalho, compreende-se a natureza como produtora de si, ou seja, ela se produz e se adapta à condição climática inerentemente criada. De acordo, por exemplo, com Caracristi (2012, p. 33-34), a percepção de que um ecossistema é “forte” e outro “frágil” e, portanto, potencialmente “vulnerável”, é antropológica e fortemente vinculada à visão econômica, assim, para a autora, “o que existe são diferentes padrões de organização natural, que se mantêm pela dinâmica de relações recursivas internas e externas ao sistema”.

^{viii} Organismo multilateral autorizado pelas Nações Unidas-UN, fundado em 1950 com ações que dizem respeito ao comportamento da atmosfera da Terra, sua interação com os oceanos e clima resultante visando garantir a liderança mundial em especialização e cooperação internacional em meteorologia, hidrologia, clima, recursos hídricos e as questões ambientais, contribuindo, assim, para a segurança e o bem-estar de pessoas em todo o mundo e para o benefício econômico de todas as nações (Marinha do Brasil, 2023).

^{ix} A Paraíba, junto com o norte de Minas Gerais e os outros oito estados do nordeste brasileiro (a saber: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe), estão inseridos dentro do semiárido, uma região caracterizada pelas baixas precipitações, irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano e temperaturas relativamente elevadas (Souza Júnior; Lucena; Firmino, 2022). Nessa área, o histórico de ocorrência das secas - que são fenômenos naturais caracterizados pelo atraso na precipitação das chuvas ou pela sua ocorrência abaixo do valor mínimo necessário à sobrevivência da vegetação (Paraíba, 2011) -, levou a população a ter uma maior preocupação com a pluviosidade do que com as temperaturas.

^x Convencionou-se chamar de aquecimento global o processo que indica o aumento generalizado das temperaturas registradas ao redor do planeta e, embora na comunidade científica, não seja unanimidade o reconhecimento de que o fenômeno seja de natureza antrópica ou mesmo de tal dimensão (Maruyama, 2009; Steinke, 2012), documentos representativos, como o sexto relatório-AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), afirmam categoricamente ao contrário, reiterando que a humanidade vem induzindo, de forma inequívoca, mudanças que são claramente discerníveis daquelas que são impostas de forma natural pelo ambiente.

^{xi} O termo “Sensoriamento Remoto” poderia ser traduzido como “Detecção à Distância” e se refere ao conjunto de informações geradas a partir de instrumentos colocados em transportes aéreos que vão desde balões, aviões e veículos aéreos não tripulados - VANTS e DRONES -, a satélites artificiais (Florenzano, 2011).

^{xii} Sigla para *Thermal Infrared Sensor* ou, em tradução livre para o português, Sensor Infravermelho Térmico.

^{xiii} Sigla para *Land Remote Sensing Satellite* ou, em tradução livre para o português, Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre. O LANDSAT é um projeto desenvolvido e aprimorado desde a década de 1960 pela *National Aeronautics and Space Administration-NASA* e pelo *United States Geological Survey-USGS*, com objetivo de observar os recursos naturais terrestres, e que, atualmente, oferece gratuitamente um grande acervo de imagens do planeta registrados desde o primeiro quartel da década de 1970 (Souza Júnior, 2020).

^{xiv} Entende-se por vegetação o conjunto de plantas de uma determinada região (Ferreira, 2001, p. 743). Segundo Pereira (2010, p. 109) a “vegetação representa a cobertura vegetal que se sobrepõe às formas de relevo continentais, colonizando diferentes tipos de solos, e mesmo de rochas expostas. Conforme as condições climáticas e pedológicas das regiões, ou dos lugares, a vegetação manifesta uma aparência, um aspecto visual característico, a que os geógrafos chamam de ‘fisionomia’. Esta fisionomia é determinada pela estrutura da formação vegetal, tanto no sentido horizontal como no sentido vertical”.

^{xv} Categoria elementar dentro da ciência geográfica, a paisagem conjuga elementos do passado e do presente e pode conceituar-se como sendo a expressão da concretização dos lugares e das diferentes dimensões constituintes do espaço geográfico, permitindo a caracterização de espaços regionais e territórios, considerando a horizontalidade dos fenômenos, sendo apreendida pela percepção e pelos sentidos (Silva, 2010).

^{xvi} Mesmo em pleno século XXI, embora em uma menor escala, esse tipo de pensamento ainda encontra reverberação em uma espécie de eco fossilizado e, para lastro da afirmação, a exemplificamos com Diniz (2015) que, em um trabalho sobre os impactos em uma parcela da zona rural de Cajazeiras-PB, colheu a seguinte fala de um morador: “Acho que **o rio deveria ser bem cuidado** tendo toda as suas barreiras [margens] desmatada e limpa, e deveria ser plantado tudo de capim, assim teria uma boa área de pasto para o gado e ainda sobrava pasto para vender. Eu já desmatei toda a minha propriedade, que pena que a mesma é pequena... se a área que o rio passa fosse maior ganharia um bom dinheiro vendendo pasto. Acho uma falta de interesse, e falta de coragem de trabalhar em quem é proprietário e não desmata as margens do rio para plantar, são excelentes para plantar capim” (Diniz, 2015, p. 49, grifo nosso).

^{xvii} É importante frisar que, para os autores Conti e Furlan (2003), um problema comum nos mapeamentos da vegetação é que, no geral, eles apresentam uma condição de clímax e, portanto, desconsideram o fenômeno do desmatamento para o uso dos recursos naturais e ocupação do solo para cultivos e expansão urbana. Ao raciocínio acrescenta-se que as escalas generalistas - pequenas e com poucos detalhes -, também configuram um empecilho para representar os impactos referidos.

^{xviii} O prefixo “fito” remete à vegetal ou planta, ao passo que “fisionomia” remete à aparência.

^{xix} Reforça-se que essa concepção de fragilidade ambiental é fortemente vinculada a uma visão antrópica e econômico-funcional dos ecossistemas sendo, portanto, incompatível com uma visão sistêmica e complexa (Caracristi, 2012).

^{xx} Neste trabalho, sempre que referido, o termo “espaço” estará tratando de “espaço geográfico”. Para um maior aprofundamento das discussões sobre o tema, sugere-se a leitura do texto “Espaço, um conceito-chave da geografia”, de autoria de Corrêa (2005). Nesse mesmo trabalho o autor coloca que “Como ciência social a geografia tem como objeto de estudo a sociedade que, no entanto, é objetivada via cinco conceitos-chaves que guardam entre si forte grau de parentesco, pois todos se referem à ação humana modelando a superfície terrestre: paisagem, região, espaço, lugar e território” (Corrêa, 2005, p. 16).

^{xxi} Para Câmara *et al.* (1996), “dados georreferenciados” ou “dados geográficos” são dados cuja dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, num determinado instante ou período de tempo.

^{xxii} De acordo com Florenzano (2011, p. 11), a REM é uma forma de energia emitida ou refletida por qualquer corpo que esteja em uma temperatura acima do “zero absoluto”, o que equivale a, aproximadamente, -273 °C (Vilela, 2010, p. 18) e é medida em: frequência, dada pela unidade de hertz (Hz) e seus múltiplos; e comprimento de onda representado pela unidade do metro (m) e seus submúltiplos.

^{xxiii} *Remotely Piloted Aircraft System-RPAS* (Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente, em tradução livre) trata-se de um termo técnico utilizado para designar equipamentos que também são genericamente conhecidos como Drones (DCEA, 2023).

^{xxiv} Para um maior aprofundamento dos termos sugere-se a leitura do texto “Dado, Informação, Conhecimento e Competência”, de autoria de Setzer (2015), disponibilizado em: <https://www.ime.usp.br/~vwsetzer/dado-info.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.

^{xxv} Conforme Souza Júnior (2020, p. 51) o “*pixel* é a menor fração de uma imagem digital a conter dados”.

^{xxvi} Além do NDVI, existem diversos outros índices para se trabalhar com vegetação, como são os casos do *Soil-Adjusted Vegetation Index-SAVI*, em tradução livre “Índice de Vegetação Ajustado ao Solo”, e do Índice de Área Foliar-IAF, citando os mais conhecidos, para os quais se sugere a leitura de Gameiro *et al.* (2016). É importante ressaltar, ainda, que muitas outras técnicas para diversos outros alvos são empregados nas investigações com SR, o *Normalized Difference Water Index-NDWI*, ou “Índice de Água por Diferença Normalizada” em tradução livre, é semelhante ao NDVI, porém, mais voltado para alvos de natureza hídrica e, para um maior aprofundamento sobre esse tema, sugerem-se as leituras de Ferreira *et al.* (2012) e de Brenner e Guasselli (2015).

^{xxvii} Teodoro e Amorim (2008, p. 27) destacam como ciclos naturais, por exemplo: as múltiplas interações existentes entre a atmosfera, o oceano, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera; a Teoria da Tectônica Global, em que os constantes deslocamentos das placas litosféricas, desde a época da Pangeia, implicam, necessariamente, em uma mudança na circulação das correntes atmosféricas, interferindo, assim, diretamente, nas características climáticas globais; e as variações cíclicas astronômicas da posição do Planeta Terra, seja pela excentricidade da órbita elíptica do seu movimento de translação, pela obliquidade do eixo do mesmo ou pela precessão de sua rotação que influenciam, ao longo das eras, na quantidade de energia proveniente do Sol que é recebida.

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

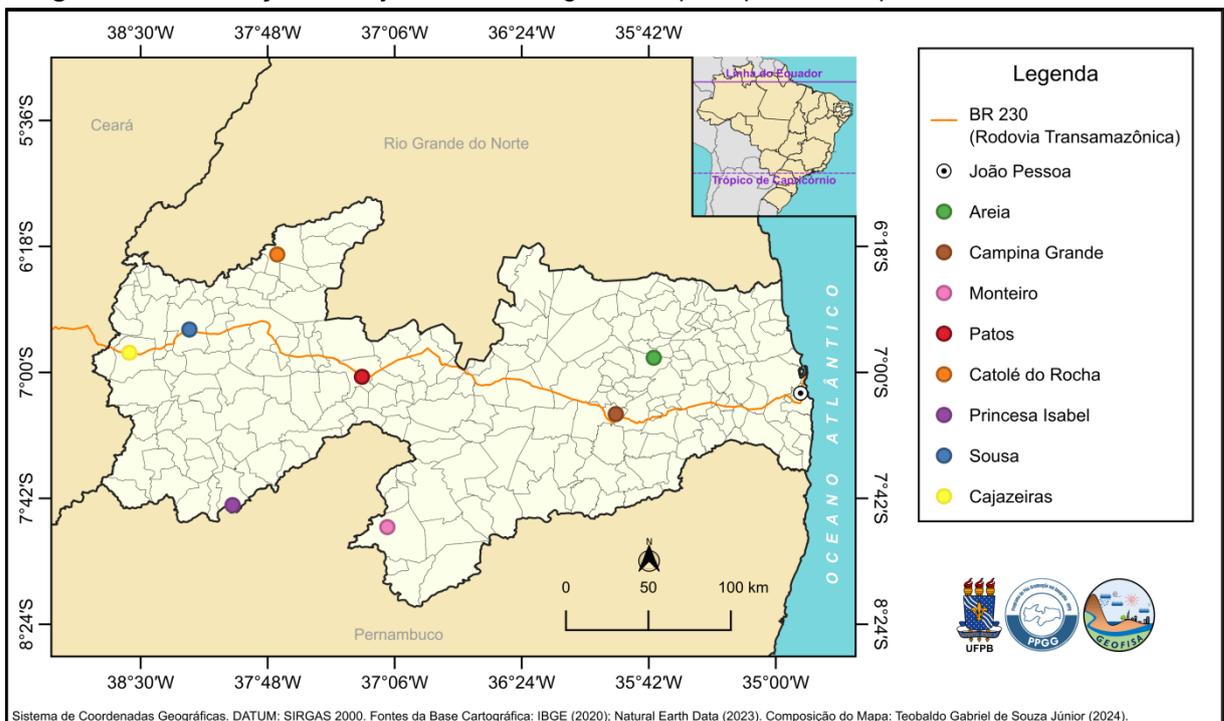
2.1. O Município de Cajazeiras-PB

O presente capítulo traz os aspectos gerais da área selecionada para a realização do estudo: o Município de Cajazeiras-PB. Os subitens a seguir detalharão principalmente, a localização, os aspectos populacionais e de ocupação, além de apresentar dados estatísticos, fisiográficos e climáticos, os quais visam situar o leitor a respeito da importância e representatividade deste local, como forma de justificar a sua escolha.

2.1.1. Caracterização geral

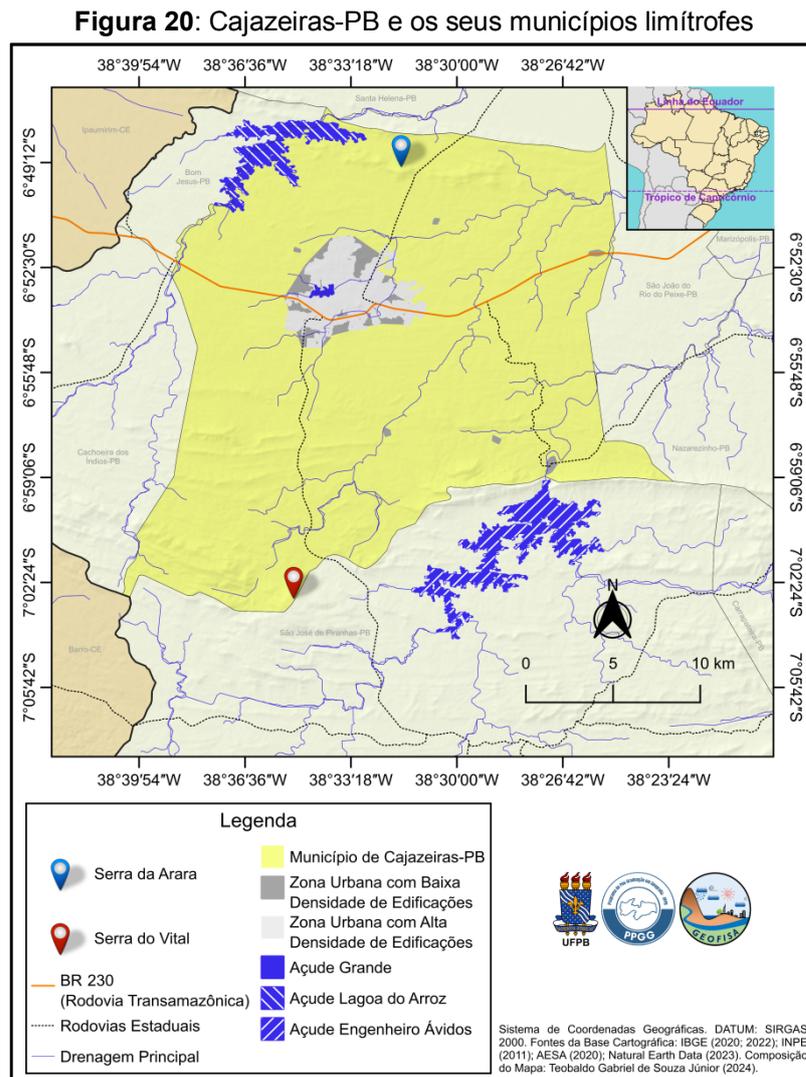
Cajazeiras é um Município do interior da Paraíba que está localizado no extremo oeste do seu Estado (Figura 19). Conta com uma área de 562,703 km² e sua população total é, conforme o recenseamento de 2022, da ordem de 63.239 habitantes (IBGE, 2024), sendo que, pouco mais de 80% destes, residem nas zonas urbanizadas, as quais compreendem a sede principal e os pequenos distritos de Divinópolis e Engenheiro Ávidos (Cajazeiras, s.d.).

Figura 19: Localização de Cajazeiras e de alguns dos principais municípios do Estado da Paraíba



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Conforme retrata a Figura 20, limita-se com os seguintes municípios: Santa Helena-PB (Norte), São João do Rio do Peixe-PB (Norte e Leste), Nazarezinho-PB (Leste), São José de Piranhas-PB (Sul), Barro-CE (Sudoeste), Cachoeira dos Índios-PB (Oeste) e Bom Jesus-PB (Noroeste).

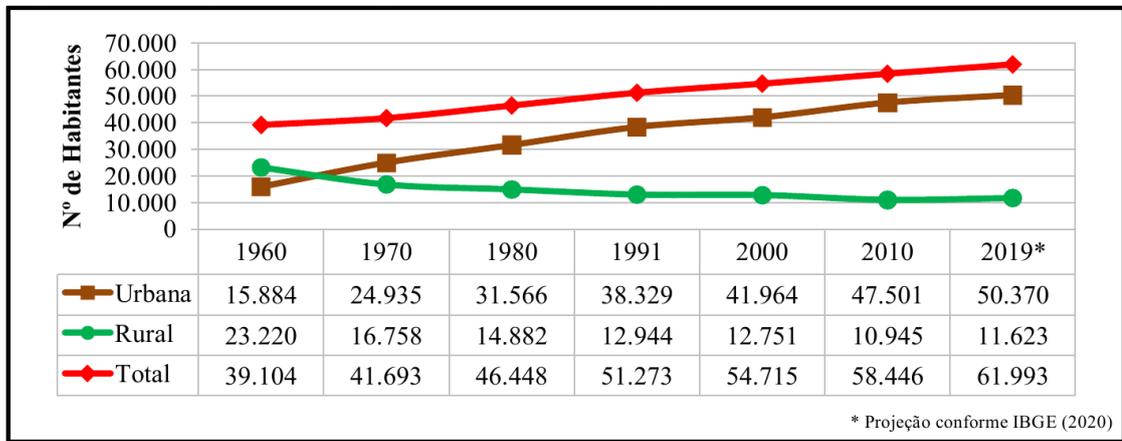


Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); INPE (2011); AESA (2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Acompanhando a tendência dos mais expressivos municípios brasileiros (Pinheiro, 2007), Cajazeiras experimentou, desde a década de 1960, considerável ampliação da sua população total - que representava 39.104 pessoas em 1960 e, após um incremento de 58,53%, passou a ser de 61.993 em 2019 -, com destaque para a população urbana, que mais do que triplicou em cinco décadas, saindo de

15.884 habitantes em 1960 e atingindo um patamar de 50.370 pessoas em 2019, conforme detalha a Figura 21.

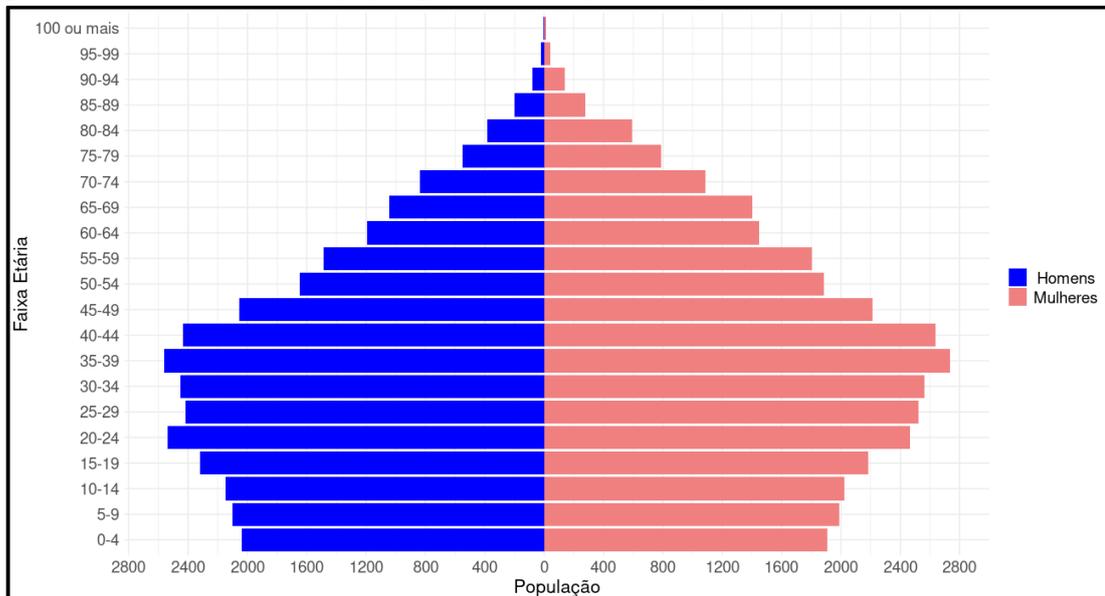
Figura 21: Evolução da população do Município de Cajazeiras-PB entre os anos 1960 e 2019



Fonte: Souza Júnior *et al.*(2021, p. 3149).

De acordo com o recenseamento de 2022, realizado pelo IBGE, os mais de 63 mil habitantes atuais de Cajazeiras se distribuem nas seguintes faixas de idade, conforme demonstra a pirâmide etária (Figura 22).

Figura 22: Pirâmide etária da população do Município de Cajazeiras-PB, recenseamento de 2022



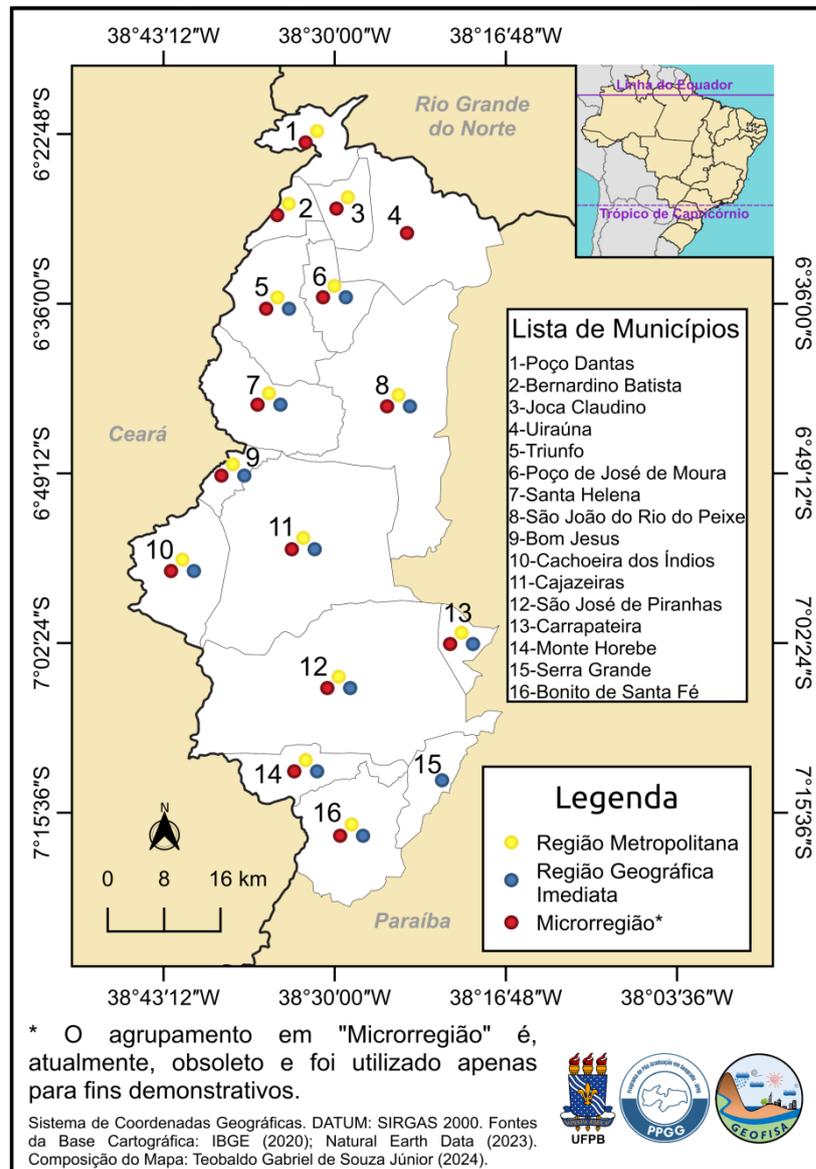
Fonte: IBGE (2024).

Desde o recenseamento de 2010 a pirâmide etária deste Município vem apresentando uma diminuição em sua base, o que denota uma redução do

crescimento vegetativo e é, também, um indicativo do desenvolvimento pelo qual está passando (Souza Júnior, 2020).

Face ao exposto, foi a Lei Estadual Complementar nº 107 de 8 de junho de 2012 (Paraíba, 2012), que tornou Cajazeiras o polo central de uma das 12 (doze) Regiões Metropolitanas (RMs) da Paraíba, conforme ilustra a Figura 23. E, em termos de economia e de população, dentre as demais RMs, é a quinta mais expressiva do Estado ficando atrás, respectivamente, de: João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa (Mendes *et al.*, 2012).

Figura 23: Municípios centralizados ao polo de Cajazeiras-PB seja por meio da Região Metropolitana, da Região Geográfica Imediata e/ou da Microrregião



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Além da indicação dos Municípios que compõem a RM de Cajazeiras, a Figura 23 mostra a agregação destes na classificação de Microrregião, estabelecida pelo IBGE e, ainda, em Região Geográfica Intermediária (RGI), consoante o mesmo Instituto (IBGE, 2017b), o que reforça sua importância na representatividade local.

2.1.2. Representatividade de Cajazeiras

De acordo com a classificação do IBGE (2017a), Cajazeiras se trata de um ente federativo predominantemente e com alto grau de urbanização, circundado por municípios rurais adjacentes.

Aqui, é importante frisar que a sua homônima Região Geográfica Imediataⁱ agrega um total de 12 municípios (Tabela 1) os quais, juntos, somavam, em 2020, uma população de 155.666 habitantes, distribuída em uma área total de, aproximadamente, 2.963,40 km² (IBGE, 2023).

Tabela 1: População dos municípios da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras

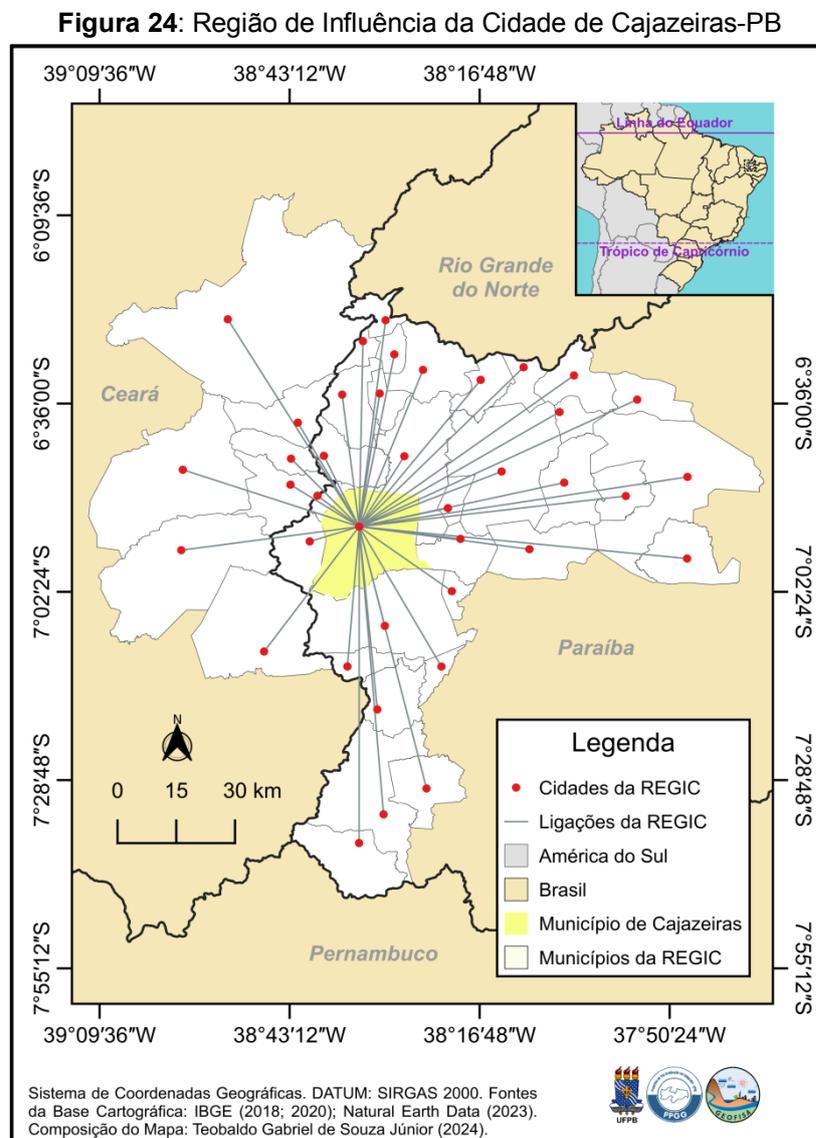
MUNICÍPIO	POP. (2020)	POP. URBANA	% POP. URBANA	POP. RURAL	% POP. RURAL
Bom Jesus	2.575	1.060	41,17%	1.515	58,83%
Bonito de Santa Fé	12.022	8.233	68,48%	3.789	31,52%
Cachoeira dos Índios	10.305	3.674	35,65%	6.631	64,35%
Cajazeiras	62.289	50.622	81,27%	11.667	18,73%
Carrapateira	2.687	1.935	72,01%	752	27,99%
Monte Horebe	4.842	2.686	55,47%	2.156	44,53%
Poço de José de Moura	4.337	1.554	35,83%	2.783	64,17%
Santa Helena	5.871	2.955	50,33%	2.916	49,67%
São João do Rio do Peixe	18.026	6.819	37,83%	11.207	62,17%
São José de Piranhas	20.329	11.492	56,53%	8.837	43,47%
Serra Grande	2.916	1.741	59,71%	1.175	40,29%
Triunfo	9.464	4.423	46,73%	5.041	53,27%
TOTAL	155.663	97.194	62,44%	58.469	37,56%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE (2023), e do IAS - Instituto Água e Saneamento (2023).

Segundo o sítio eletrônico *Cidades@* do IBGE (2024), no que concerne à população, dos 5570 municípios brasileiros, Cajazeiras se encontra na 516^a posição, ao passo que é a 71^a dentre os 1477 municípios atuais do semiárido e, relativamente ao Estado da Paraíba, ocupa o 8^o lugar. Sua densidade demográfica é de 112,38

habitante por quilômetro quadrado e é um Centro Subregional “A” de nível 3, isto é, possui influência e importância relativamente alta na rede urbana subjacente.

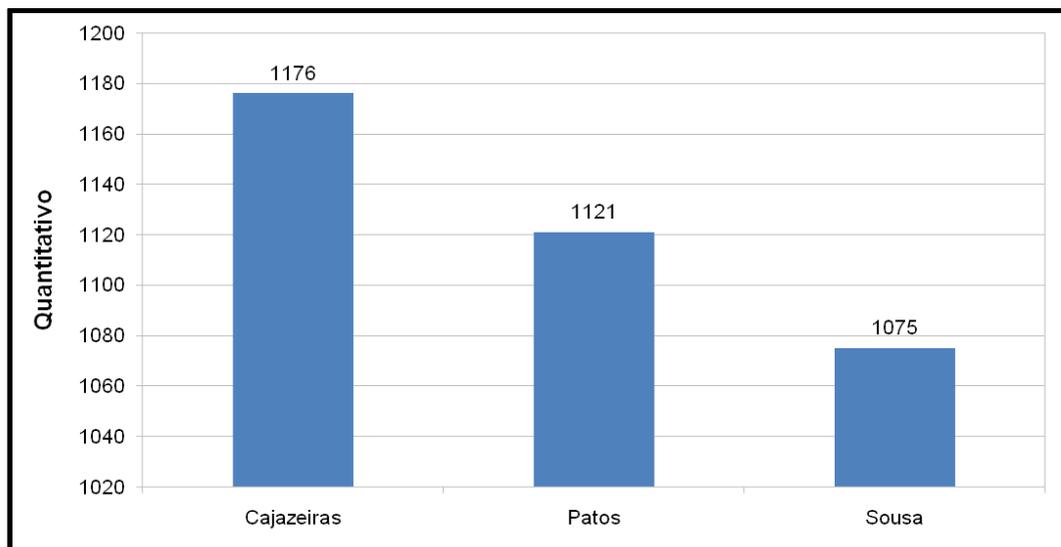
A Figura 24 mostra a Região de Influência de Cajazeiras (REGIC) a qual comporta, além da própria, mais 38 cidades (inclusive no vizinho Estado do Ceará), conforme metodologia adotada pelo IBGE (2018). Ressalta-se que, para o IBGE, as REGICs são delimitadas por centros urbanos que possuem determinados equipamentos e serviços e que atraem populações de outras localidades, provocando o seu deslocamento na busca de suporte à saúde e à educação ou para a utilização de um aeroporto, por exemplo.



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2018; 2020); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Manchete de capa da edição do início do mês de maio de 2023 da “Gazeta do Alto Piranhas”, um periódico local de notícias, anunciou que “Cajazeiras [superou] Patos e Sousa no número de novas construções em 2022” e demonstrou, por meio de comparação do número de emissões de Anotações de Responsabilidade Técnica - ARTs (Figura 25) o quão expressivo foi o crescimento da cidade naquele ano, diante desses dois outros importantes polos próximos.

Figura 25: Número de Anotações de Responsabilidade Técnica - ARTs emitidas para Cajazeiras, Patos e Sousa no ano de 2022



Fonte: Gazeta do Alto Piranhas (2023, p. A4).

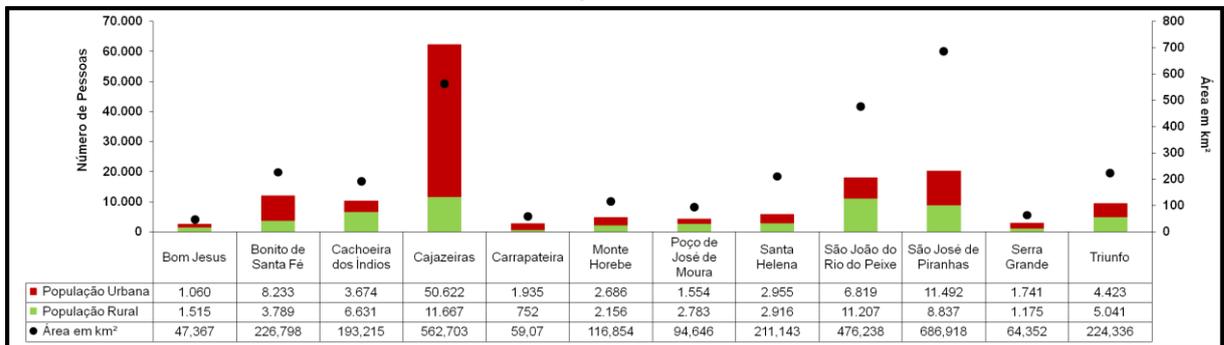
Além do crescimento vertical, a Cidade de Cajazeiras vem apresentando crescimento horizontal com espraiamento de algumas das suas áreas, conforme apontam os trabalhos de Sousa *et al.* (2020) e Souza Júnior *et al.* (2021).

Comandada, sobretudo, pela lógica da acumulação de capitais, essa considerável ampliação da área urbana pelas franjas e áreas periurbanas, muitas vezes, vem desarticulada de uma infraestrutura adequada (Araújo, 2017), ocasionando alterações significativas do espaço.

Referidas modificações compreendem desde a substituição da vegetação nativa (Abreu; Oliveira; Cartaxo, 2017; Oliveira *et al.*, 2019) e impermeabilização do solo o que pode, por exemplo, contribuir com a ocorrência de alagamentos (Morais, 2022), e outras alterações ambientais com reflexos na sua temperatura (Saraiva; Caracristi, 2022), acarretando, dentre outras, as ilhas de calor superficiais (Souza *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2022).

A Figura 26 traz um gráfico que compara a área dos municípios da RGI de Cajazeiras e suas respectivas populações urbanas e rurais. Nela é possível observar que Cajazeiras detêm a maior população (dois quintos do total da sua RGI) e que a mesma está concentrada, sobretudo, na zona urbana. A ilustração (Figura 26) demonstra, ainda, que o Município é possuidor do segundo maior território deste grupo (sendo somente inferior a área de São José de Piranhas).

Figura 26: População urbana e rural *versus* área municipal da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras



Fonte: Souza Júnior *et al.* (2024, p. 915).

Com uma economia voltada majoritariamente para o comércio e para a agricultura de subsistência, o Produto Interno Bruto - PIB *per capita* do Município é de R\$ 19.683,90 (dezenove mil seiscentos e oitenta e três reais e noventa centavos), seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM é de 0,679, em uma escala que varia de 0 (zero) a 1 (um), e a taxa de mortalidade infantil registrada é da ordem de quase 23 (vinte e três) óbitos por mil nascidos vivos (IBGE, 2024).

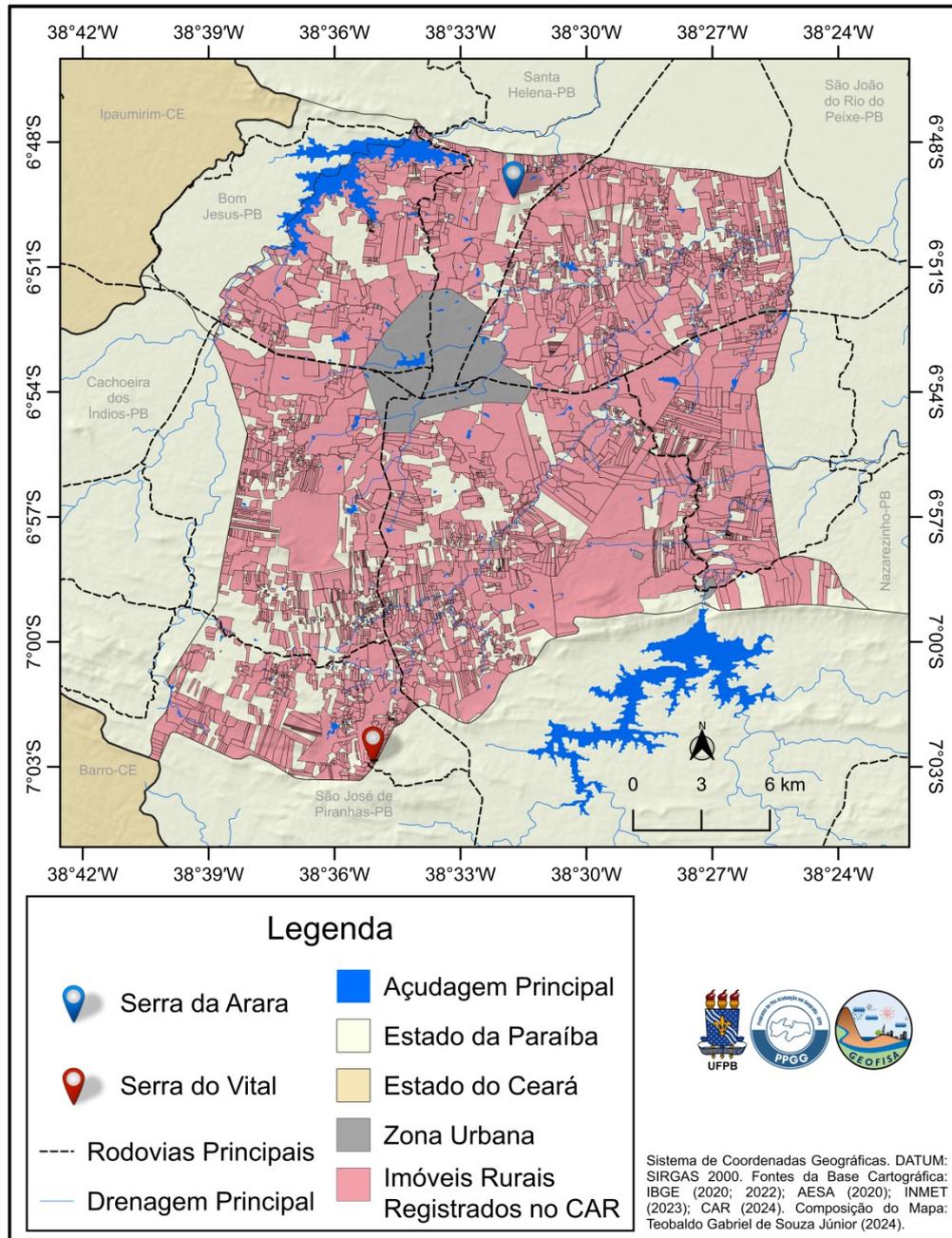
Cajazeiras tem um grande destaque na assistência à saúde (dispondo de clínicas particulares, um hospital regional estadual e um hospital federal) e, sobretudo, na prestação de serviços educacionais contemplando escolas do ensino básico ao superior, públicas e privadas, as quais lhes renderam o epíteto de “Cidade que ensinou a Paraíba a ler” (Rolim, 2010; Souza Júnior, 2020).

Na sua zona rural Cajazeiras possui, atualmente, 4.328 imóveis devidamente registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR, 2024), e estão dispostos da maneira como ilustra a Figura 27.

Informações prestadas pela Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária - EMPAER e pela Unidade Local de Saúde Animal e Vegetal - ULSAV, ambos os órgãos vinculados à Secretaria de Estado do

Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca da Paraíba - SEDAP, dão conta de que a produção agrícola em Cajazeiras, voltada para a comercialização interna e em outros municípios é, principalmente, dedicada às seguintes culturas: milho, feijão, sorgo e arroz podendo atingir, respectivamente, até 285, 185, 30 e 13 hectares de área plantada.

Figura 27: Imóveis rurais de Cajazeiras-PB, conforme registro do Cadastro Ambiental Rural (CAR)



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020); INMET (2023); CAR (2024).

Composição do Mapa: Autoria própria (2024).

Embora não sejam oficialmente contabilizadas, dada a sua diminuta escala, outras culturas também são desenvolvidas para consumo próprio ou abastecimento local, entre as quais merecem destaque: cana de açúcar, banana (irrigada), abóbora, alface, batata doce, beterraba, cenoura, coentro, feijão verde (sequeiro), algodão (sequeiro), algodão (irrigado), arroz (sequeiro), arroz (irrigado), mandioca, macaxeira (aipim), melancia, tomate, coco (irrigado), goiaba, graviola, mamão, manga e maracujá.

No tocante aos animais domesticados, o Quadro 3 detalha a espécie comercialmente explorada e a quantidade aproximada de cabeças existentes em Cajazeiras, no ano de 2024.

Quadro 3: Rebanho de Cajazeiras por espécies e quantidades aproximadas

Espécies	Quantitativo Aproximado (Ano de 2024)
Bovinos	14,3 mil
Caprinos	1,3 mil
Ovinos	2,5 mil
Suínos	5,2 mil
Galináceos	31,2 mil
Equinos	0,9 mil

Fonte: A autoria própria (2024), com base nos dados fornecidos pela ULSAV de Cajazeiras-PB.

2.1.3. Aspectos fisiográficos de Cajazeiras

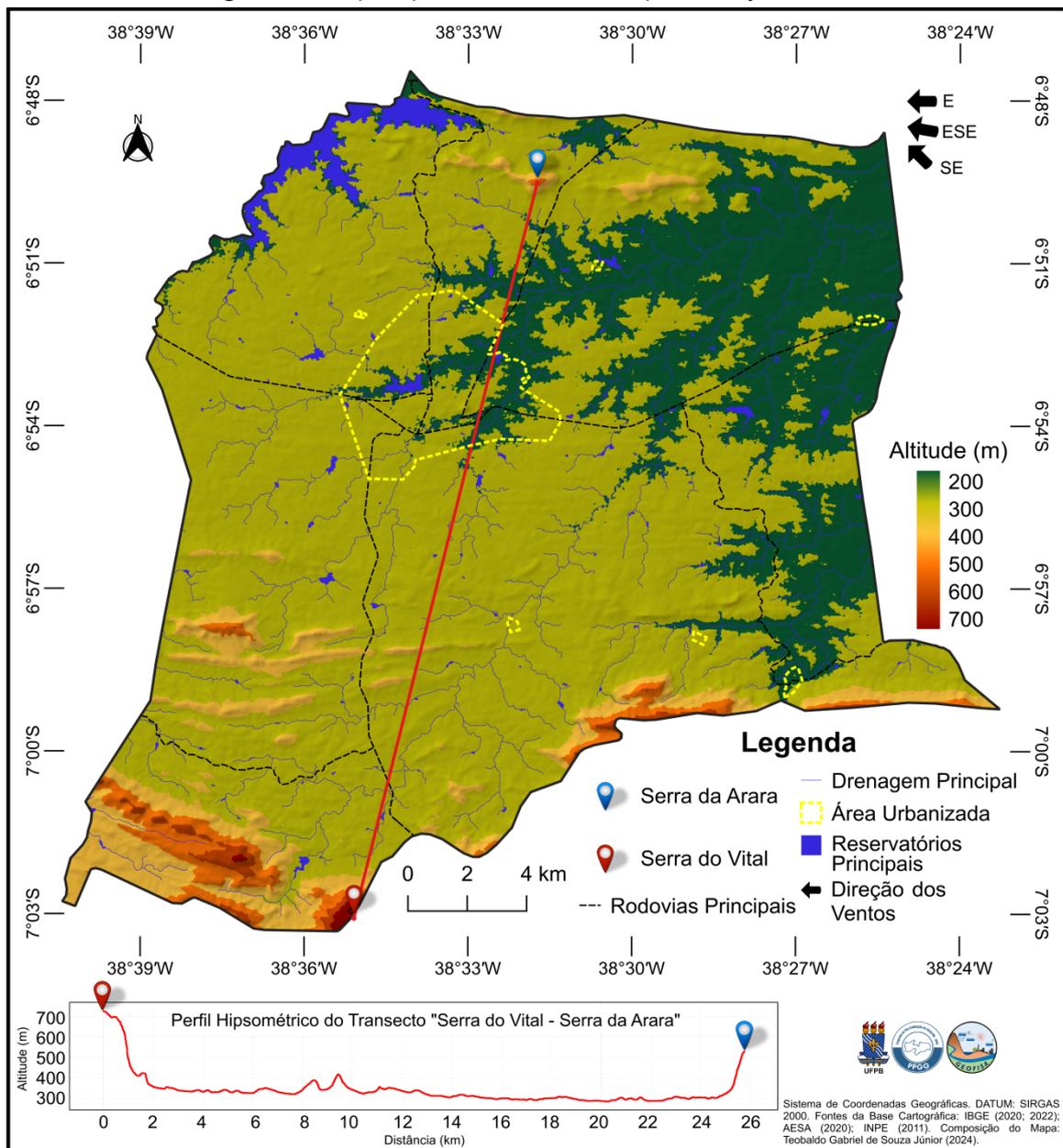
Cajazeiras se situa, integralmente, dentro das seguintes coordenadas geográficas: 6°47'27,36"S e 38°40'25,65"W; 6°47'27,36"S e 38°23'15,78"W; 7°03'19,50"S e 38°23'15,78"W; e 7°03'19,50"S e 38°40'25,65"W. Sua altitude média, de acordo com o Modelo Digital de Elevação - MDE fornecido pelo site TopoData (INPE, 2011), é de 334,90 m, com cota mínima de 245,91 m e máxima de 746,24 m.

Dois de seus pontos mais elevados, com destaque na paisagem e identificados nos mapas apresentados até aqui, inclusive na Figura 28, são a Serra da Arara e a Serra do Vital, esta última localizada ao Sul, no limite com o Município de São José de Piranhas-PB. Conforme os dados do Modelo Digital de Elevação - MDE do TopoData (INPE, 2011) a cota máxima da Serra da Arara chega a atingir pouco mais de 534 m de altitude, enquanto a da Serra do Vital, na porção cajazeirense, chega a atingir, aproximadamente, 746 m de altitude.

No tocante à declividade, o processamento do mesmo MDE do TopoData (INPE, 2011) revela que, conforme classificação sugerida pela Embrapa (1979):

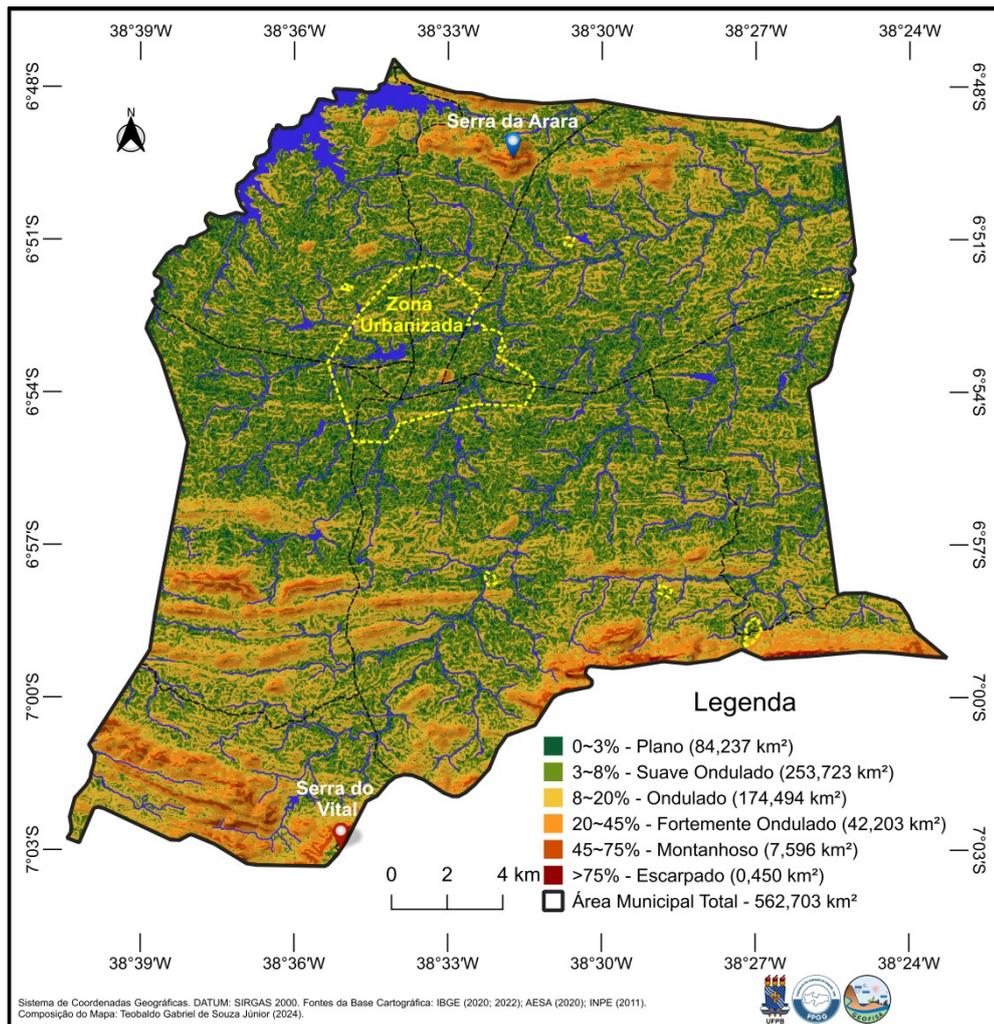
84,237 km² de Cajazeiras (14,97% do território) é “Plano” (com 0 a 3% de inclinação); 253,723 km² (ou 45,09% de sua área) é “Suave Ondulado” (com 3 a 8% de inclinação); 174,494 km² (31,01%) é “Ondulado” (com 8 a 20% de inclinação); 42,203 km² (equivalente a 7,50%) é “Fortemente Ondulado” (com 20 a 45% de inclinação); 7,596 km² (1,35% do total) é tido como “Montanhoso” (com 45 a 75% de inclinação); e, somente 0,450 km² (0,08% da área completa) tem declividade “Escarpada” (com mais de 75% de inclinação), conforme ilustra a Figura 29.

Figura 28: Mapa hipsométrico do Município de Cajazeiras-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Figura 29: Mapa de declividade de Cajazeiras-PB

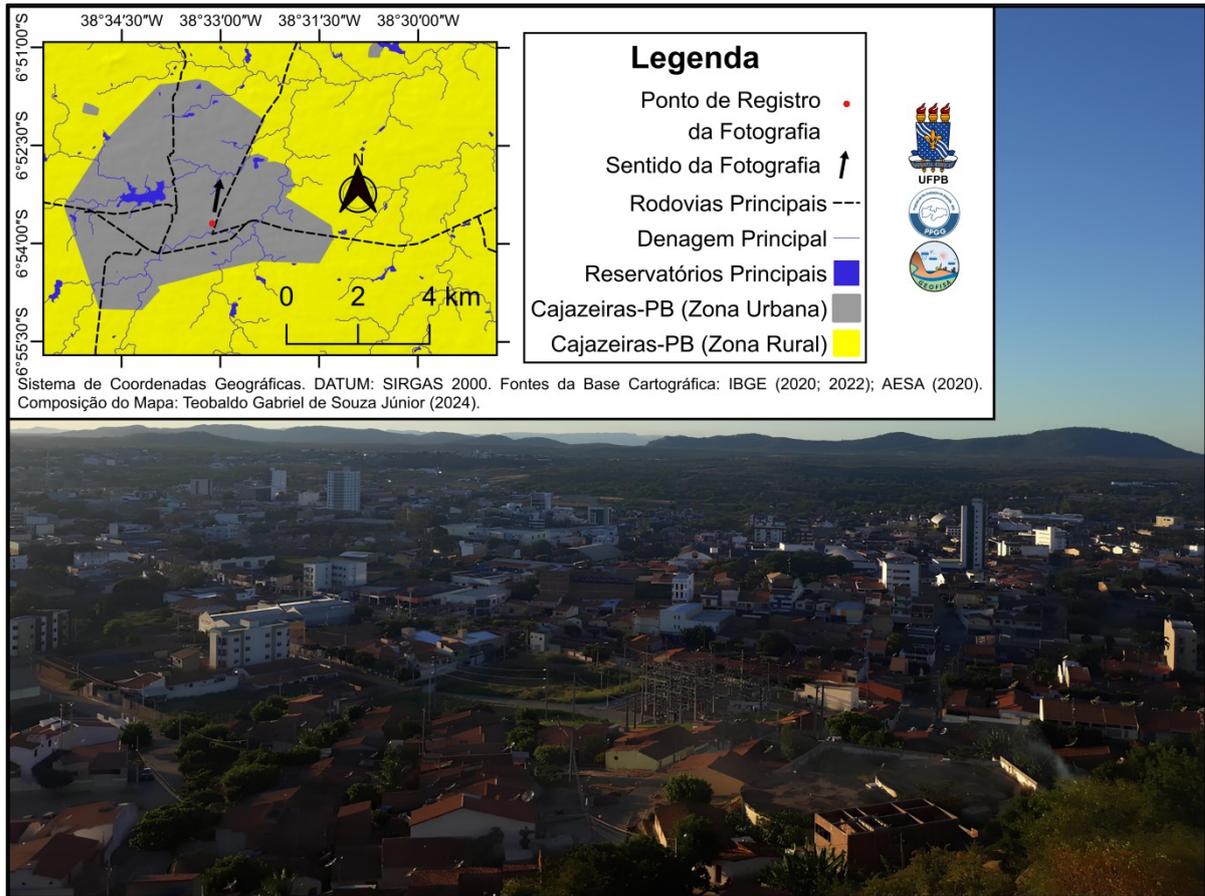


Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Posicionada no centro da Depressão Sertaneja (Figura 30), Cajazeiras caracteriza-se tipicamente pelas depressões semiáridas intermontanas do interior do Nordeste Brasileiro, onde, na maioria dos casos, se apresentam baixadas semiáridas, onduladas e extensivas, parcialmente rochosas e parcialmente coalhadas de detritos pouco espessos, embutidas entre os maciços antigos e cuestas ou ladeiras de chapadas (Ab'Sáber, 2017).

O Banco de Informações Ambientais - BDIAⁱⁱ do IBGE (2023), um dos sítios eletrônicos mais completos de informações fisiográficas do Brasil será, no presente item - e deste ponto em diante -, fonte das seguintes informações: pedologia, potencialidade agrícola, geologia, geomorfologia e vegetação do território de Cajazeiras. Tais dados foram retirados dos documentos da citada plataforma, bem como dos arquivos *shapefiles* (shp) por ela disponibilizados.

Figura 30: Vista panorâmica de Cajazeiras, localizada na Depressão Sertaneja do Estado da Paraíba



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020). **Composição do Mapa:** Elaboração própria (2024), com imagem adaptada a partir da fotografia de Martins *et al.* (2022, p. 97).

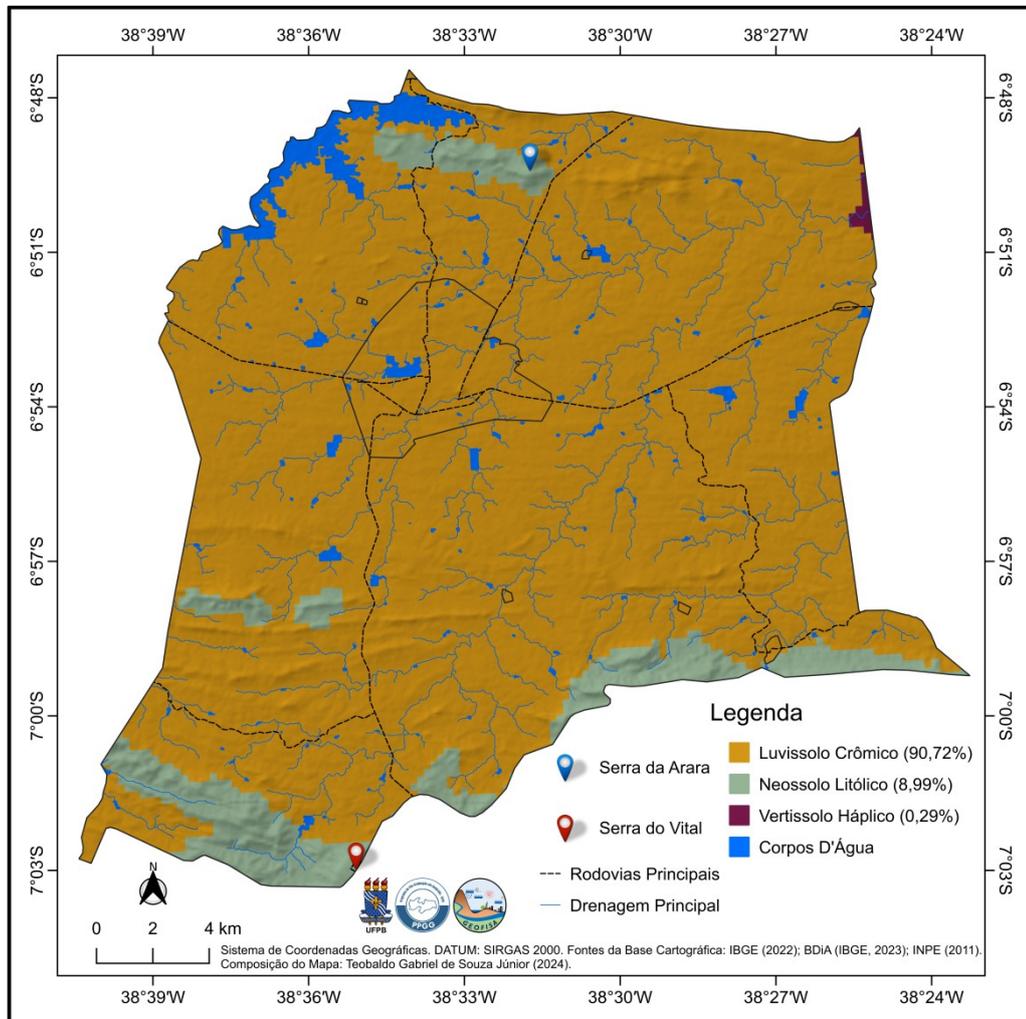
Alerta-se para o fato de que, devido à natureza de caráter generalista originária das informações do BDIA, os mapas gerados a partir dos seus dados podem apresentar pequenas distorções em suas áreas limítrofes, situação que foi mantida por se tratar de informações obtidas através de fonte oficial.

Dessa forma, de acordo com o BDIA, Cajazeiras é detentora de solos pouco desenvolvidos e pedregosos, com horizonte moderado, que possuem textura que varia de arenosa a média argilosa e são compostos, basicamente, por Luvissole Crômico, que ocupa 90,72% da sua área territorial, e uma pequena parcela de Neossolo Litólico (8,99%), combinado com resquícios de Vertissolo Háplico (0,29%), como ilustra a Figura 31.

Os Luvissoles Crômicos são solos caracterizados por uma camada superficial orgânica mais rica e por um bom acúmulo de argila, sendo considerado fértil, com boa capacidade de retenção de água, geralmente é utilizado em culturas agrícolas e

sua cor crômica é devido ao acúmulo de minerais como ferro e alumínio, que lhes conferem uma coloração mais escura.

Figura 31: Pedologia de Cajazeiras-PB



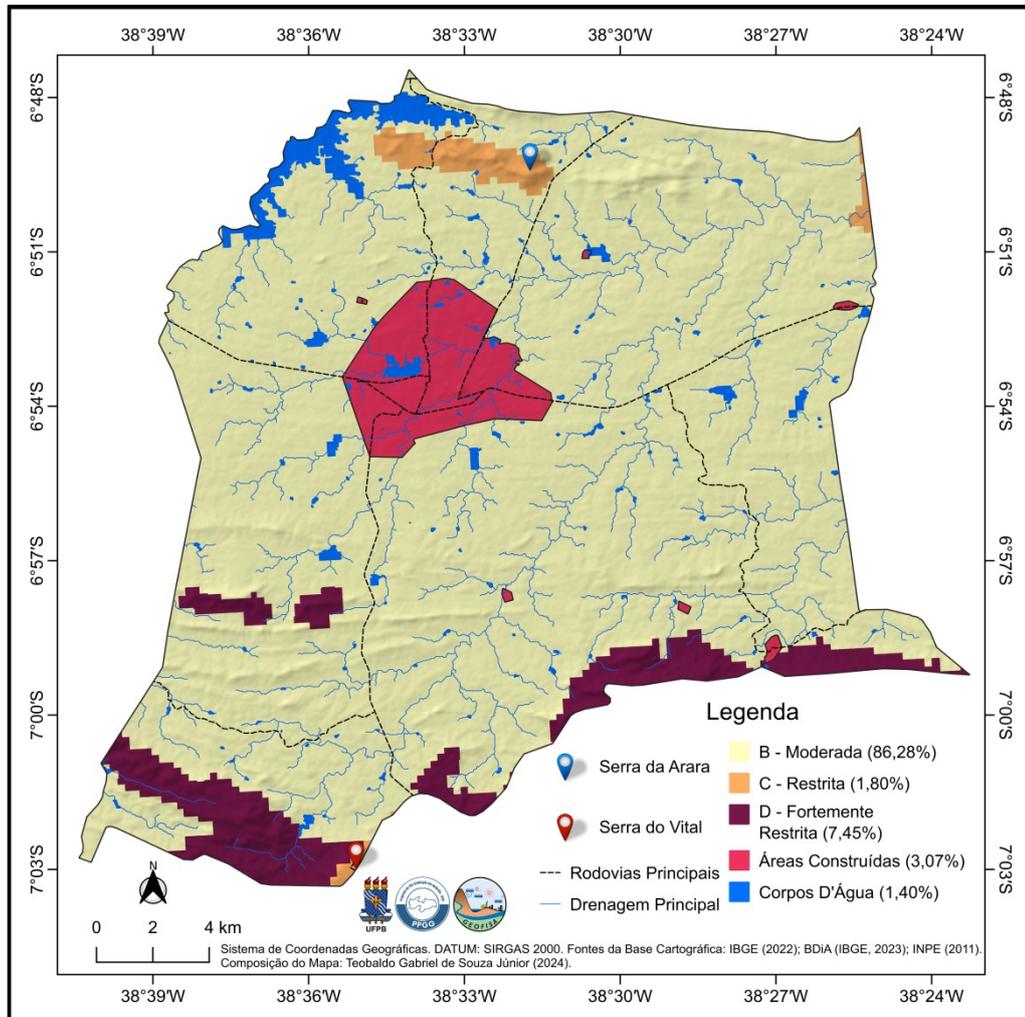
Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Neossolos Litólicos são solos jovens, com perfil pouco desenvolvido, caracterizados por uma camada superficial de material orgânico sobre rocha ou material rochoso. São solos rasos com baixa capacidade agrícola e são mais comuns em áreas de relevo acidentado.

Vertissolos Hápticos são solos argilosos, caracterizados por alta expansão e contração devido ao conteúdo elevado de argila. Apresentam rachaduras profundas na estação seca e são difíceis de manejar devido à sua plasticidade. São utilizados na produção agrícola, mas, com muitas restrições e desafios.

Assim, 86,28% do Território de Cajazeiras é considerado com moderada potencialidade agrícola, 1,86% tem potencialidade restrita, ao passo que 7,45% da área é classificada como sendo fortemente restrita, conforme demonstra a Figura 32.

Figura 32: Potencialidade agrícola de Cajazeiras-PB



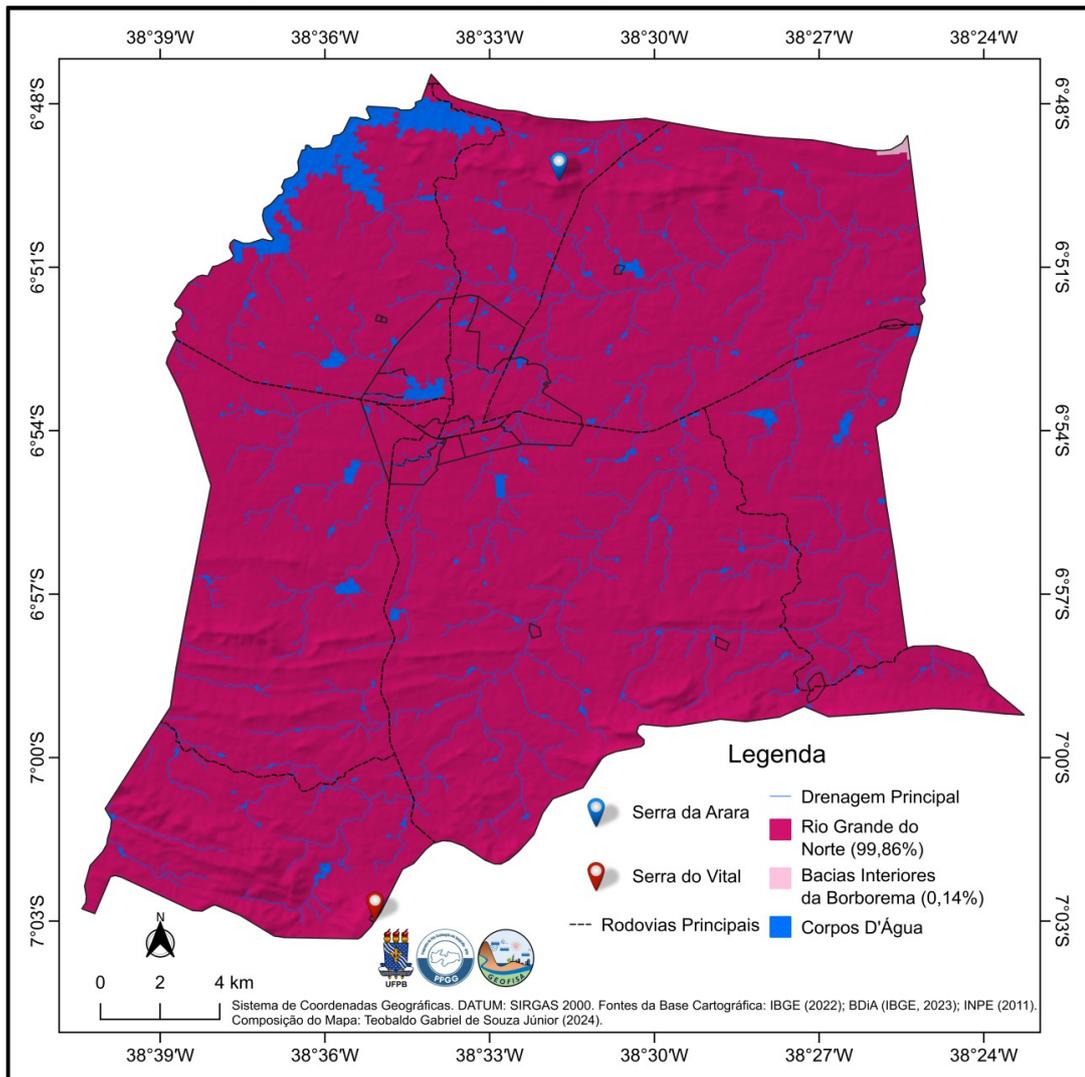
Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

No tocante à sua geologia, Cajazeiras está totalmente assentada sobre a Província Geológica da Borborema, a qual apresenta grande complexidade tectônica e diversidade litológica, sendo formada por rochas de diferentes idades e origens, incluindo terrenos de alta metamorfose.

A Subprovíncia Geológica principal (Figura 33) é a do Rio Grande do Norte que ocupa 99,86% de toda a área e conta com uma rica diversidade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares sendo caracterizada por uma associação litológica composta por gnaisses quartzo-feldspáticos e biotita gnaisses, com

intercalações que variam de centimétricas a métricas, incluindo biotita xistos, mármore, anfíbolitos, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas, bem como anfíbolitos, migmatitos, ortognaisses graníticos, paragnaisses e rochas metavulcânicas.

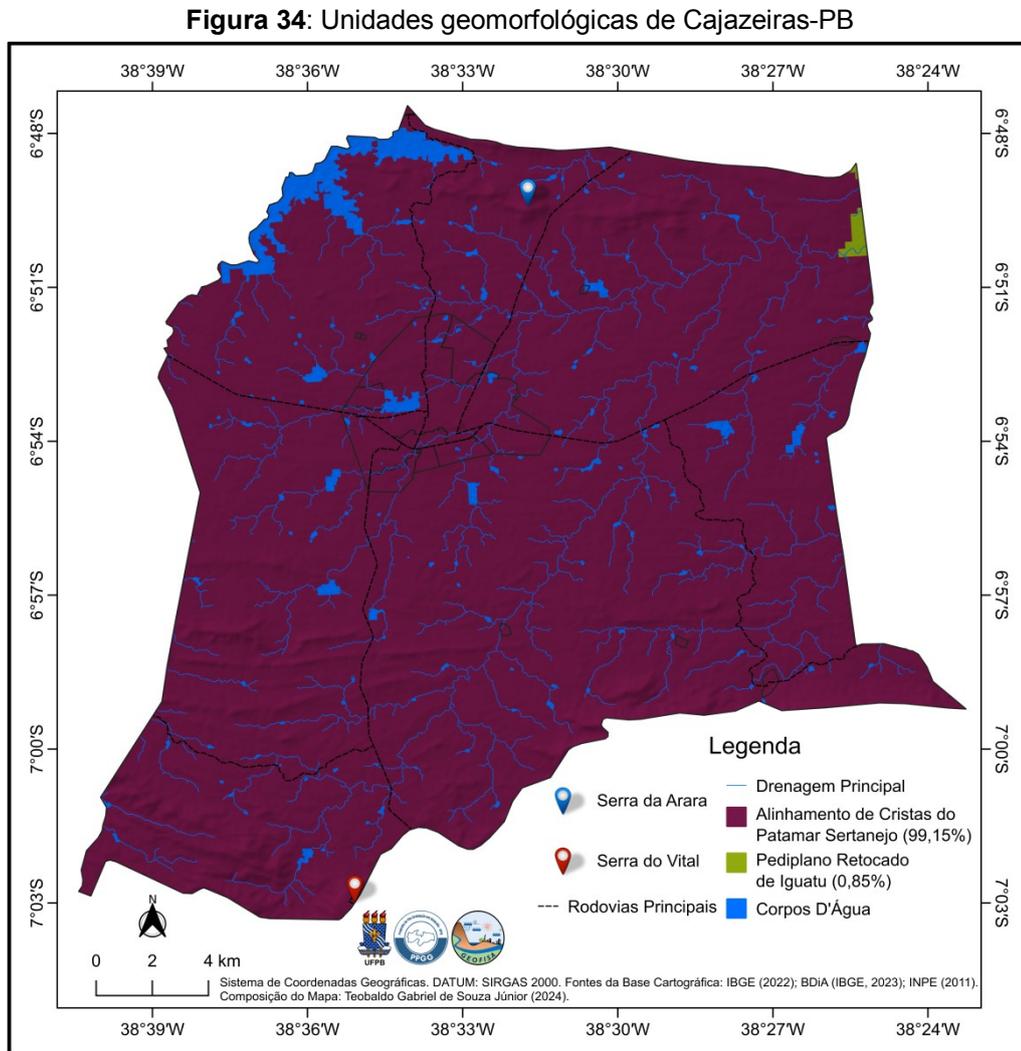
Figura 33: Subprovíncias geológicas de Cajazeiras-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

O principal Domínio Geomorfológico é o dos Crátons Neoproterozóicos Orosirianos, que perfazem 99,15% do território cajazeirense (Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas representam apenas 0,85% da área municipal), sendo a sua unidade Geomorfológica equivalente o Alinhamento de Cristas do Patamar Sertanejo - que predomina na área de morfogênese prioritariamente mecânica -

deixando, em segundo lugar, o Pediplano Retocado de Iguatu, consoante retrata a Figura 34.



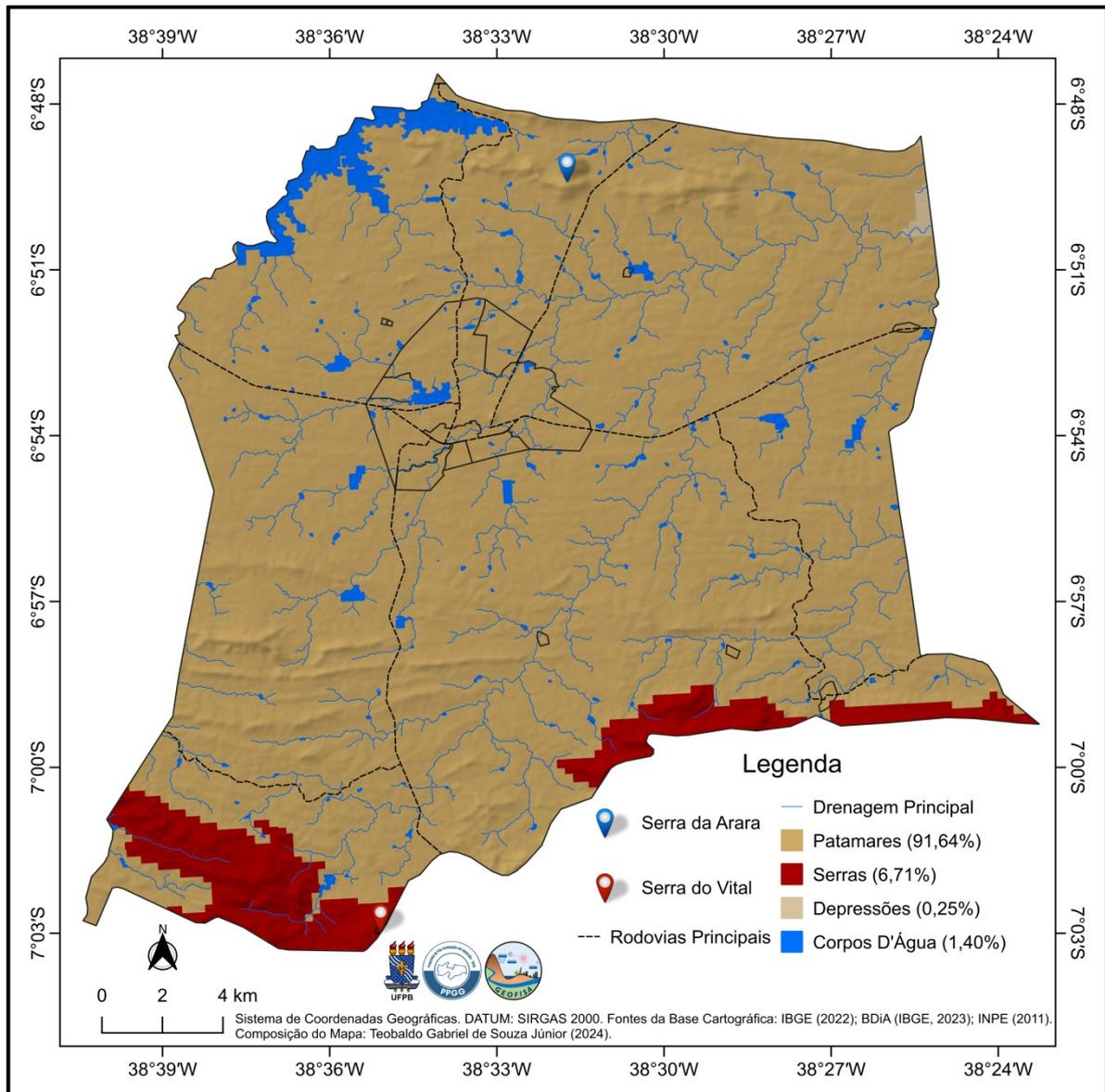
Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Enquanto o Alinhamento de Cristas do Patamar Sertanejo é caracterizado por serras dispostas de forma alinhada, criando uma paisagem frequentemente associada a falhas geológicas ou dobras tectônicas, o Pediplano Retocado de Iguatu refere-se a superfícies quase planas, ou suavemente inclinadas, que foram moldadas por longas sucessões erosivas e que, por tal motivo, passou por processos de rejuvenescimento, modificando sua superfície original.

A Compartimentação Geomorfológica mais abrangente em Cajazeiras é a de Patamares, ocupando 91,64% do território (Figura 35). Esta classificação é dada às compartimentações formadas por processos erosivos ou tectônicos, que criam uma

paisagem de degraus naturais, sendo mais comuns em regiões onde houve levantamento tectônico seguido de erosão.

Figura 35: Compartimentação geomorfológica de Cajazeiras-PB

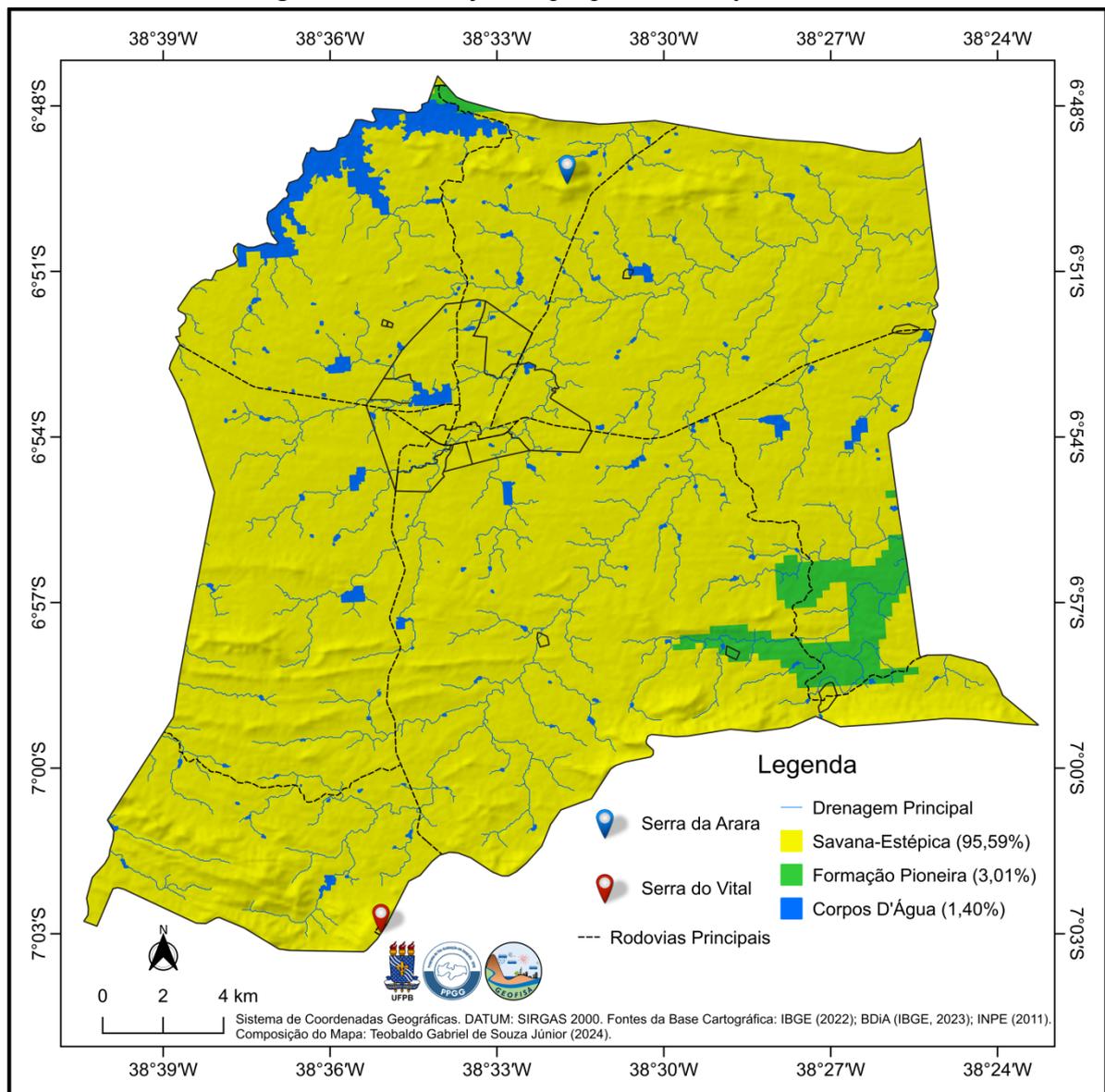


Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Também há presença de Serras (6,71% da área) - caracterizadas por apresentar encostas íngremes e vales profundos, sendo importantes divisores de água que influenciam o clima e a vegetação - e de Depressões (0,25%) - que se destacam por serem resultado de processos erosivos, tectônicos ou de subsidência, frequentemente acumulando sedimentos e fazendo-se importantes para o estudo da dinâmica hidrológica e da sedimentação em bacias hidrográficas.

Em relação à Distribuição Fitogeográfica, a Figura 36 informa que 95,59% do território é composto por Savana-Estépica, típica de regiões semiáridas com solos pouco desenvolvidos e com exposições a longos períodos secos. O restante da área é classificada como Formação Pioneira que se refere a um tipo de vegetação que coloniza áreas devastadas, sendo as primeiras a se estabelecerem em ambientes perturbados, sendo compostas por espécies de rápido crescimento, capazes de se adaptar a condições adversas, como solos pobres e ausência de sombra.

Figura 36: Distribuição fitogeográfica de Cajazeiras-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Enquanto a porção centro-norte de Cajazeiras é ocupada, sobretudo, por Savana-Estéptica Arborizada - caracterizada por possuir árvores e arbustos de porte médio a baixo, espaçadas entre si, com grandes áreas de gramíneas ou herbáceas - o centro-sul é ocupado por Savana-Estéptica Florestada - reconhecida por possuir uma maior densidade de cobertura florestal, fazendo-se composta por uma mistura de árvores de maior porte, arbustos e gramíneas.

Com relação à representatividade geral de Cajazeiras no tocante à Caatinga, esclarece-se que esta vegetação recobre cerca de 10% do território nacional e 70% do território da Região Nordeste; está presente em 1102 municípios - o que corresponde a 19,78% dos municípios brasileiros - (INSA, 2018) dos quais 1077 detém contingente populacional com menos de 100.000 habitantes; sendo que 183 destes estão localizados no Estado da Paraíba - 82% dos municípios paraibanos -, abrangem as suas quatro Regiões Intermediárias - João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa-Cajazeiras - (IBGE, 2017b) que, somados, têm uma população de pouco mais de 1.800.000 habitantes, o que configura quase 45% da população residente no Estado (IBGE, 2023).

No que atine à sua hidrografia, Cajazeiras, assim como em outras áreas de clima similar, possui uma rede de drenagem de natureza regular dentrificada, a qual apresenta ramificações semelhantes aos galhos de uma árvore (Figura 37), fenômeno bastante recorrente em zonas tropicais (Souza Júnior, 2020).

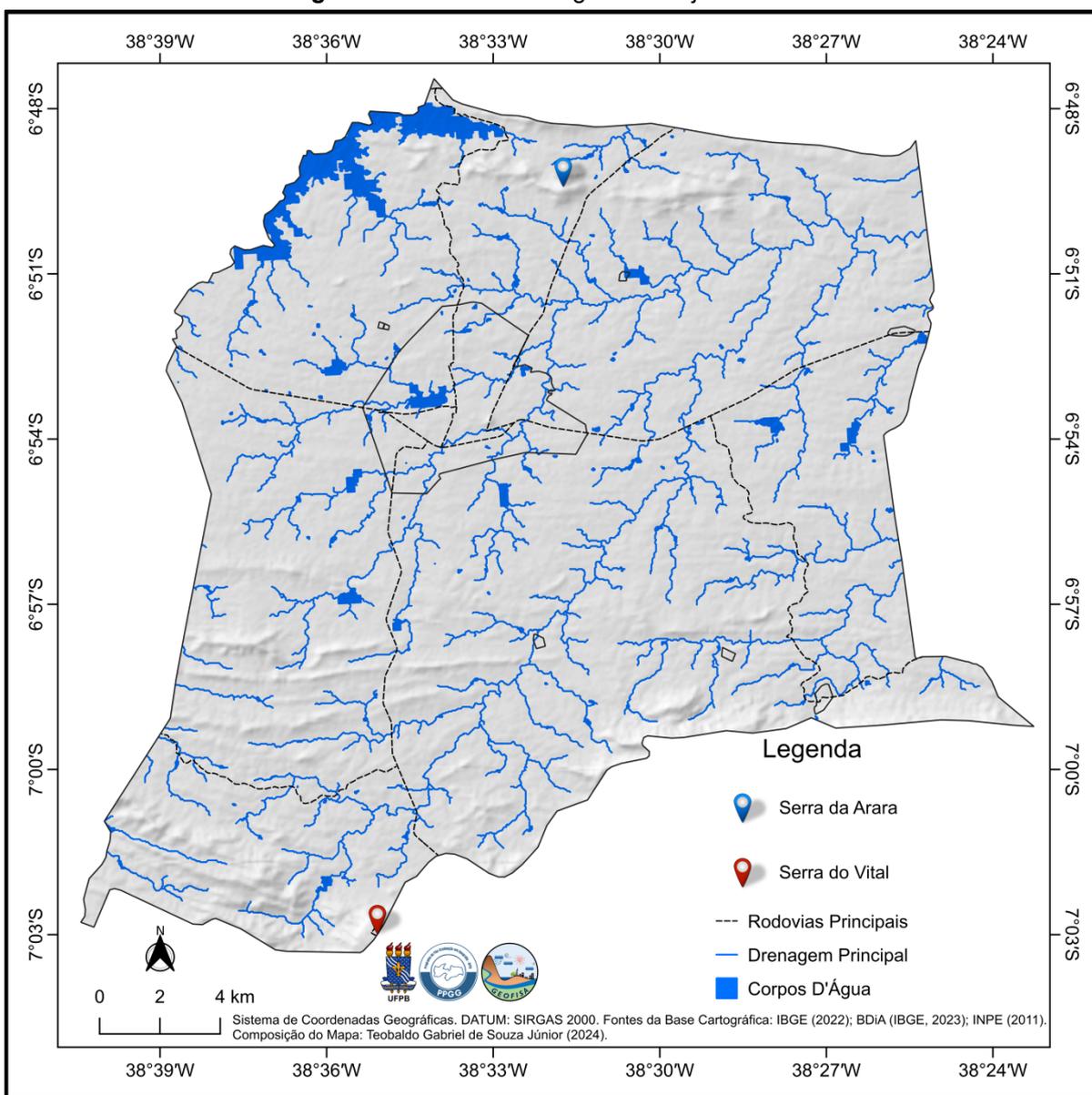
O Município, tal qual a maior parte do semiárido brasileiro, não possui rios perenes e três dos seus riachos mais importantes são: o Caieira, o Boi Morto e o Cazemiro isso porque, na confluência dos dois primeiros, os quais são tributários do último, construiu-se o reservatório denominado como Açude Senador Epitácio Pessoa, conhecido mais popularmente como Açude Grande, o qual deu origem à cidade de Cajazeiras (Souza Júnior, 2020).

A técnica da açudagem, isto é, a construção de reservatórios superficiais, é bastante utilizada no Semiárido do Nordeste brasileiro como uma das principais formas de estocagem de água para se conviver com os momentos de estiagem (Souza Júnior, 2020) e, por isso, é possível observar na Figura 37, diversas ocorrências deles.

Praticamente toda a área de Cajazeiras encontra-se inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Piranhas que, por sua vez, compõe a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, bacia esta que desempenha um papel crucial no abastecimento das

comunidades rurais e urbanas situadas em sua área de influência, já que contêm reservatórios cruciais, como é o caso dos Açudes: Engenheiro Ávidos (Boqueirão) e Lagoa do Arroz, os quais são diretamente responsáveis pelo armazenamento da água que é utilizada pelo Município e suas adjacências (Souza Júnior, 2020).

Figura 37: Rede de drenagem de Cajazeiras-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); BDIA (IBGE, 2023); INPE (2011). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Diante das informações apresentadas é possível concluir que, no aspecto fisiográfico, a área da pesquisa, embora conte com considerável extensão é, aproximadamente, homogênea, o que permite o avanço às descrições dos seus aspectos climáticos.

2.1.4. Aspectos climáticos de Cajazeiras

Por distar em, aproximadamente, 470 km da capital estadual João Pessoa, e, conseqüentemente, estar longe da linha costeira, incide mais fortemente, sobre Cajazeiras, o efeito da continentalidade (Saraiva, 2023), fator climático no qual as massas de terra, por suas características intrínsecas específicas, produzem grandes variações de temperatura, ou seja, impõem uma maior amplitude térmica ao ambiente (Romero, 2020).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2009), pela sua posição no mapa (Figura 38), Cajazeiras se enquadra no subtipo climático tropical equatorial semiárido, código 2c, que

durante a maior parte do ano, apresenta redução dos totais pluviométricos mensais e elevadas temperaturas. A variação sazonal da temperatura média não é tão expressiva, o que leva à formação de áreas em que se observa quedas térmicas pouco expressivas na situação de inverno. (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009, p. 162)

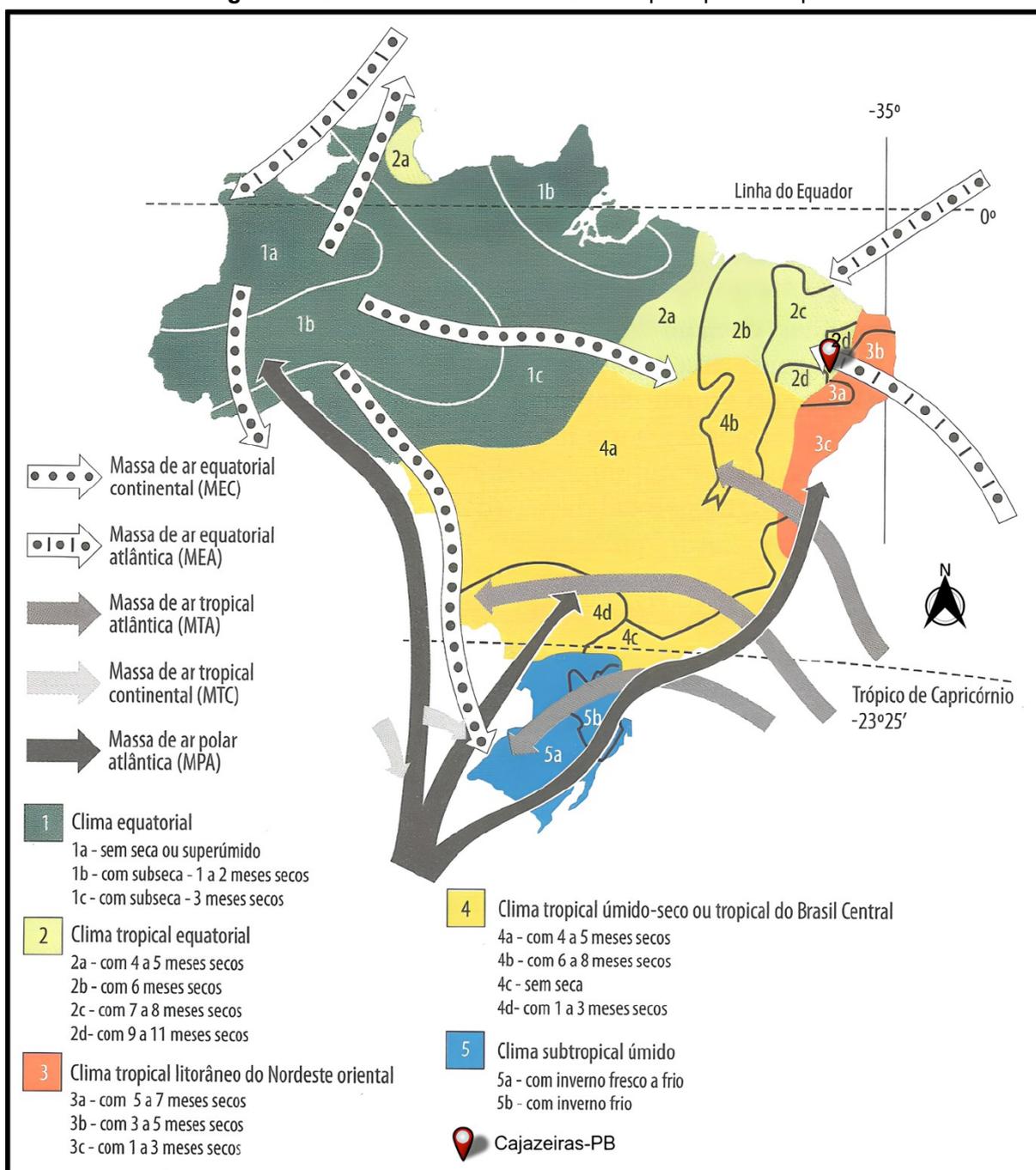
Outras tipificações climáticasⁱⁱⁱ também classificam Cajazeiras e o seu entorno como área de elevadas temperaturas e baixa pluviosidade, com irregular distribuição desta variável ao longo do ano. Nesse sentido, o diagnóstico do Município de Cajazeiras do Ministério de Minas e Energia (2005, p. 3), por exemplo, corrobora que seu clima é

semi-árido quente e seco, segundo a classificação de Köppen (1956). As temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando a noite, com variações anuais dentro de um intervalo 23 a 30° C, com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais de 880,6 mm/ano com mínimas e máximas de 227,1 e 1961,0 mm/ano respectivamente. No geral, caracteriza-se pela presença de apenas 02 estações: a seca que constitui o verão, cujo clímax é de Setembro a Dezembro e a chuvosa denominada pelo sertanejo de inverno, restrito a um período de 3 a 4 meses por ano.

A Figura 39 apresenta o climograma de Cajazeiras-PB. É importante salientar que, na ilustração, as normais climatológicas de pluviosidade correspondem às médias mensais observadas dentro do período compreendido entre os anos de 1911 a 1990, e foram obtidas a partir dos dados tabulados pelo Departamento de Ciências

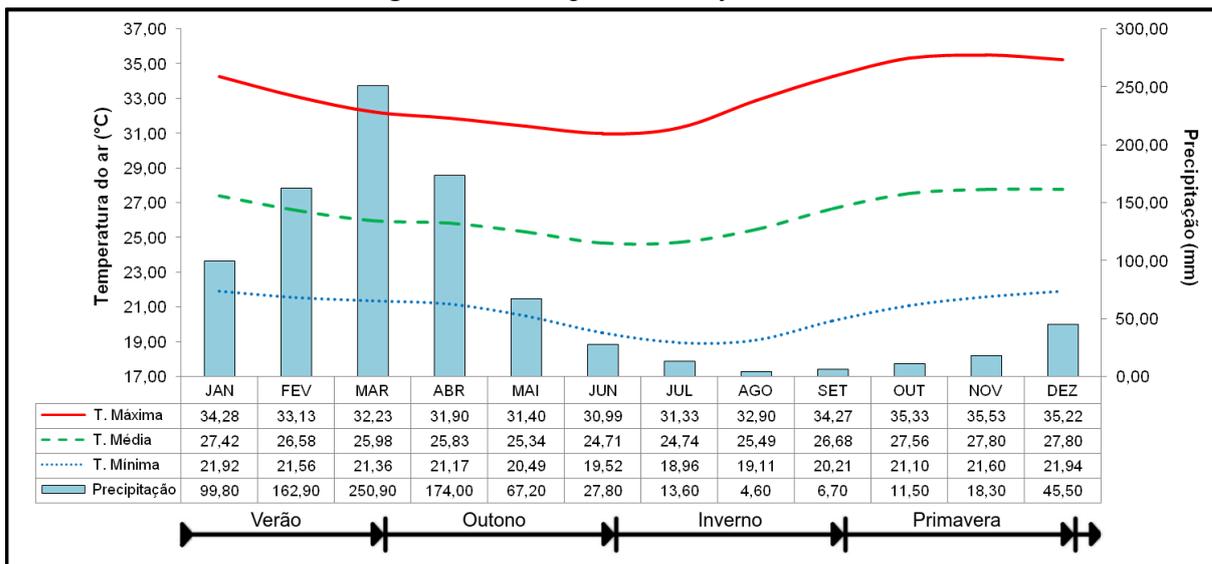
Atmosféricas - DCA, pertencente à Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UACA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Já as temperaturas máximas, médias e mínimas do ar foram estimadas com o *software* Estima_T^{iv} (Cavalcanti; Silva, 1994; Cavalcanti; Silva; Sousa, 2006; Silva *et al.*, 2006), em ponto centróide, da área de estudo, cujas coordenadas foram: Latitude 6°55'22,80"S; Longitude 38°33'00,00"W; e, Altitude 309 m.

Figura 38: Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Mendonça e Danni-Oliveira (2009, p. 151).

Figura 39: Climograma de Cajazeiras-PB



Fonte dos dados: Departamento de Ciências Atmosféricas, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. **Composição do Gráfico:** Autoria própria (2024). **Observações:** as médias das temperaturas abrangem o período de 1950 a 2020 e as médias das precipitações compreendem o período de 1911 a 1990.

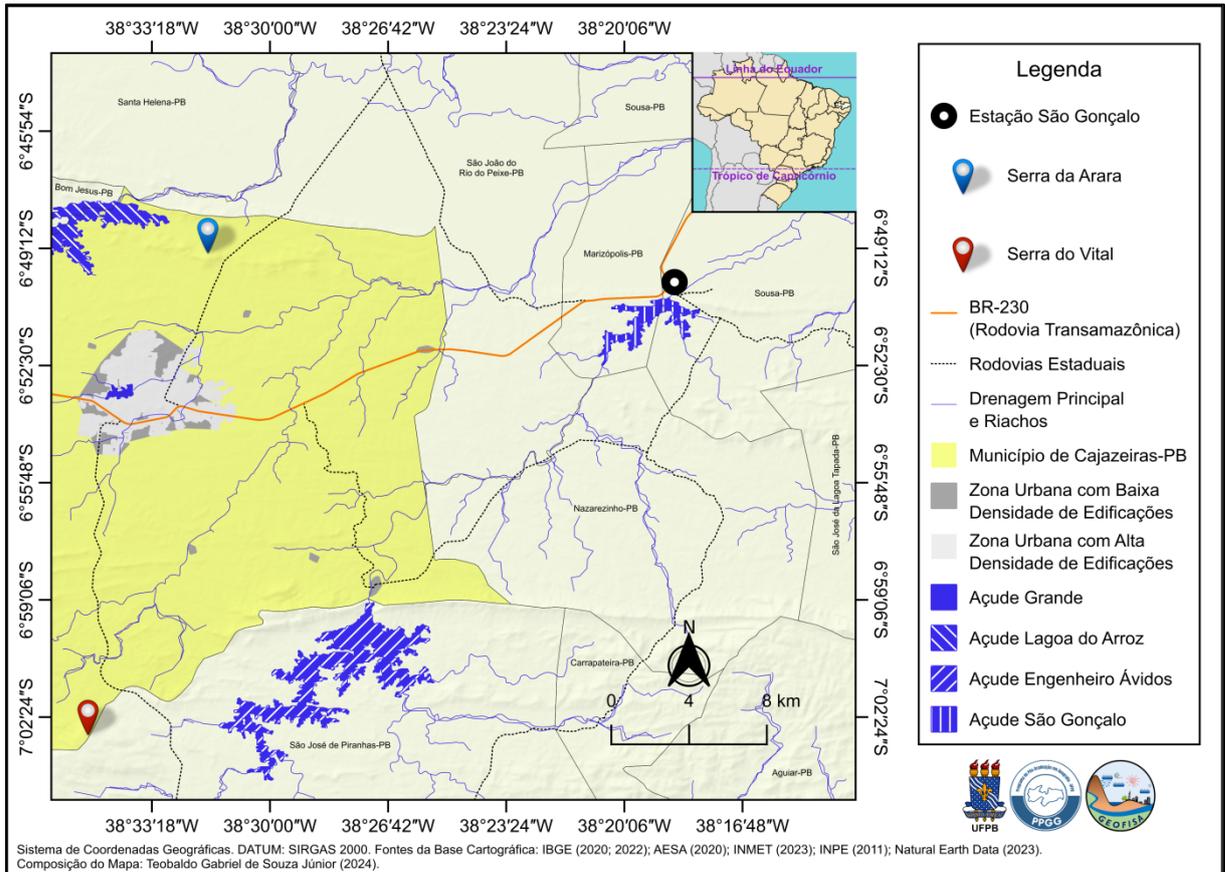
Justifica-se que as temperaturas de Cajazeiras foram estimadas pelo fato de este Município não contar com estação própria de medição de variáveis meteorológicas, com longo histórico de dados, os quais foram essenciais para esta pesquisa.

Dito isto, notifica-se que muitas das informações trabalhadas são fruto de Sensoriamento Remoto - SR, modelagem ou comparações com os registros da estação do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET mais próxima que, no caso, é a que possui o código 82689, correspondente a São Gonçalo, distrito do Município de Sousa-PB (Figura 40), disposta sob as coordenadas: Latitude $6^{\circ}50'09,00''S$; Longitude $38^{\circ}18'42,00''W$; e, Altitude 237,04 m.

Apesar da estação retratada na Figura 40 estar instalada em Sousa e distar em, aproximadamente, 12 km do limite de Cajazeiras, salienta-se que ambas as áreas apresentam aspectos de bastante similaridade (Souza Júnior *et al.*, 2024).

Isso porque, mesmo distantes, sob certas condições, até estações bem distintas guardam muita correlação entre determinadas variáveis, incluindo as temperaturas, conforme aponta a pesquisa de Souza Júnior, Lucena e Roque (2024).

Figura 40: Localização da estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET, instalada no Município de Sousa-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2020; 2022); AESA (2020); INMET (2023); INPE (2011); Natural Earth Data (2023). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Assim, a Figura 41, construída com base nos dados da referida estação, ilustra o balanço hídrico climatológico da área. Nela é possível observar que, durante os meses menos chuvosos do ano, prevalece o déficit hídrico.

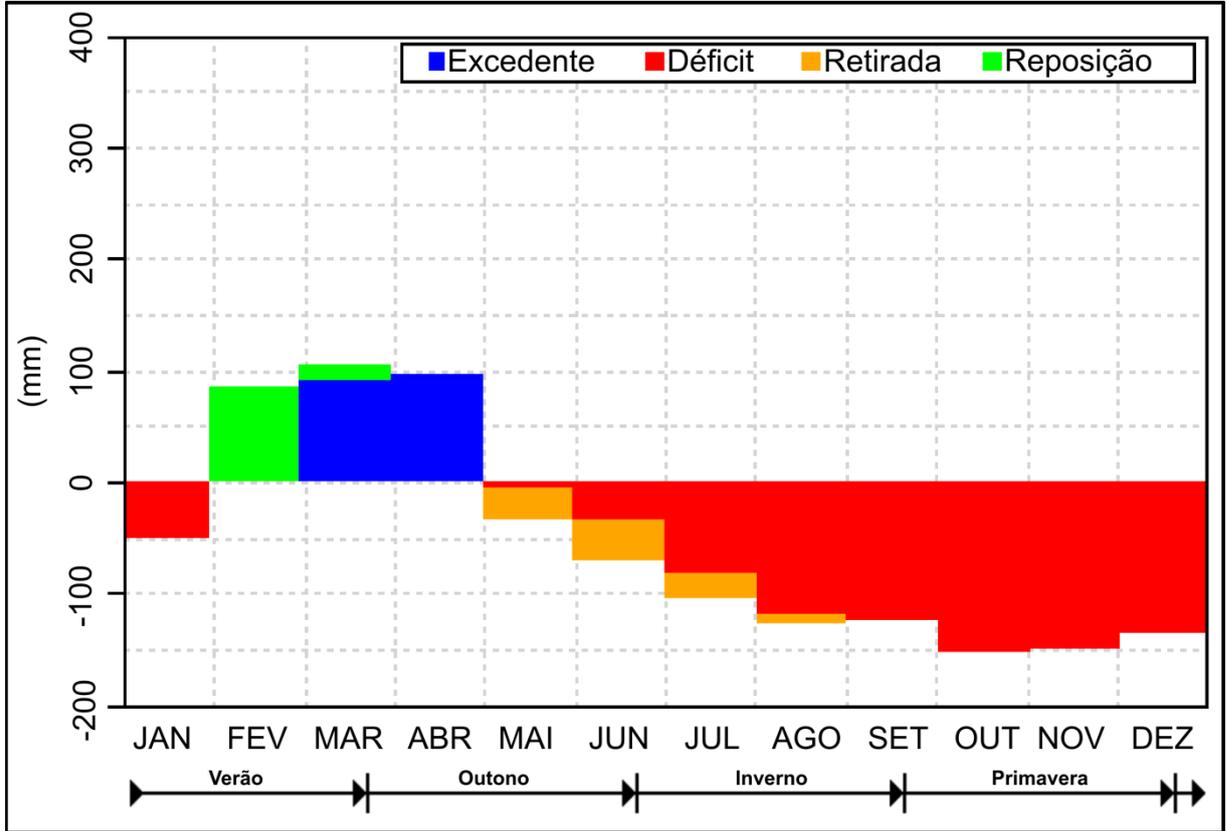
É ainda considerando os dados da mesma estação meteorológica do INMET (82689-São Gonçalo) que se apresenta a Figura 42, demonstrando como se comporta a umidade relativa do ar na região. Importa observar que o mês de março apresenta o maior percentual de umidade relativa do ar (74,0%) ao passo que outubro traz o menor valor (57,5%).

De acordo com dados do INSA (2020), Cajazeiras está assentada em área que, nos momentos de seca, possui de 81% a 100% de chance de ser afetada; e ainda, conforme o mesmo órgão, possui fertilidade agrícola dos seus solos variando de muito baixa a média alta (INSA, 2020).

A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, uma espécie de "cinturão" climático de baixa pressão, que se forma próximo ao equador é, conforme aponta

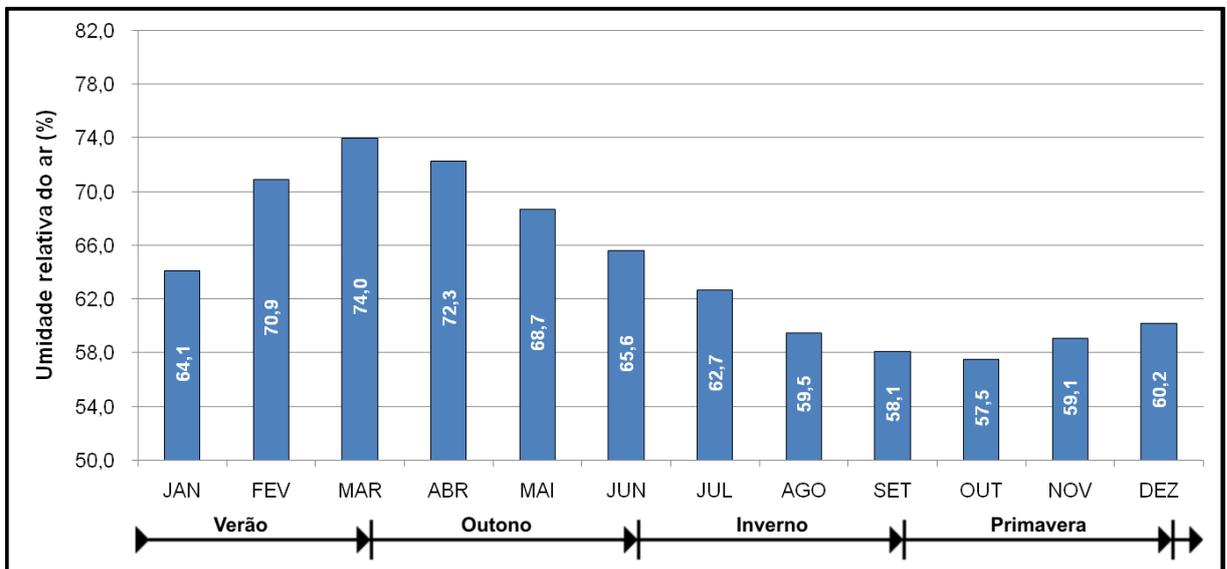
Saraiva (2023), a principal responsável por organizar sistemas de chuvas na região tropical, incluindo o semiárido nordestino, onde Cajazeiras está localizada.

Figura 41: Balanço hídrico climatológico na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, Município de Sousa-PB, período de 1961 a 1990



Fonte: Souza Júnior (2020, p. 113).

Figura 42: Umidade relativa do ar na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, Município de Sousa-PB



Fonte: Autoria própria (2024).

Entretanto, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis - VCANs, também podem causar chuvas irregulares, especialmente durante o verão; assim como instabilidades de origem local - como a convecção associada ao aquecimento diurno - e, Oscilações do Atlântico Tropical - que podem intensificar ou reduzir a atuação da ZCIT - também influenciam no fenômeno das precipitações.

Ajuda a explicar a condição, o fato de o Município posicionar-se a sotavento do Planalto da Borborema, que, por sua vez, situa-se a leste em relação à área central de Cajazeiras, configurando-se, assim, uma barreira natural à passagem da umidade da Massa de Ar Equatorial Atlântica (Ab'Sáber, 2007), que condensa e precipita o seu maior volume antes de atingir os pontos mais a oeste da Paraíba.

Para Silva Neto (2013), as áreas mais ao centro do Nordeste do Brasil - assim como Cajazeiras -, mesmo estando submetidas aos sistemas geradores de precipitação oriundos de norte, sul, leste e oeste apresentam uma nítida diminuição dos totais pluviométricos, influenciados pelas depressões interplanálticas semiáridas, a partir do oeste do Maranhão e dos litorais setentrional e oriental que seguem em direção aos Estados do Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e da porção setentrional de Minas Gerais em direção ao Estado da Bahia, o que origina um perímetro central mais árido.

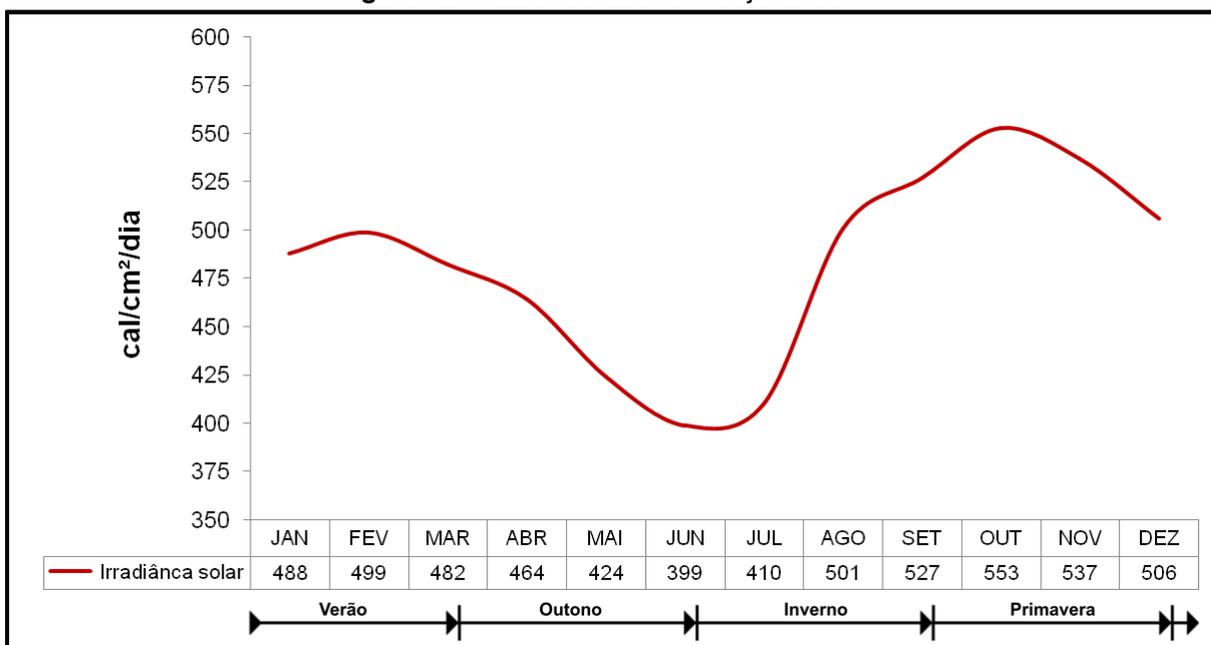
Mas, apesar das adversidades elencadas, dentre os motivos históricos que justificam a ocupação da região estão: o fato de esta área ser ponto de entroncamento entre os Estados do Pernambuco, do Rio Grande do Norte e do Ceará, por onde passavam diversos viajantes e comerciantes (Bezerra *et al.*, 2015; Oliveira, 2021); e, a importância educacional e cultural da cidade de Cajazeiras^v devido à implantação, ainda no século XIX, da escola do mestre iluminista Padre Rolim (Silva, 2004; Oliveira, 2021), situação que ajudou a lhe transformar em pólo de atração e fixação de pessoas vindas de diferentes localidades.

No quesito irradiância solar, Cajazeiras apresenta uma maior média diária coincidente com os meses mais secos do ano. Conforme ilustra a Figura 43, construída com base nos dados fornecidos pelo DCA/UACA da UFCG, o mês de menor incidência média de irradiância é junho, ao passo que o maior valor é observado em outubro.

Por fim, como anteriormente representado na Figura 28, a direção predominante dos ventos ao longo do ano, no território de Cajazeiras é, geralmente,

oriunda do sudeste (SE), mas, em determinados momentos, também podem vir de leste-sudeste (ESE) e de leste (E). A sua velocidade média oscila em torno de 5,5 km/h a 13 km/h, sendo que a velocidade mínima pode chegar a, aproximadamente, 3,7 km/h, enquanto a velocidade máxima registrada pode atingir até os 26 km/h, em dias mais ventosos (Camargo Schubert Engenheiros Associados, 2014).

Figura 43: Irradiância solar em Cajazeiras-PB



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados apresentados no presente capítulo serviram para dar um panorama geral a respeito da área de estudo, onde os vários aspectos abordados subsidiam as discussões efetuadas no quarto capítulo. Assim, no capítulo a seguir, serão tratados os procedimentos metodológicos desde a obtenção dos dados, passando pelo seu gerenciamento e processamento, para a geração de resultados a serem analisados.

ⁱ De acordo com o IBGE (2017b), as Regiões Imediatas são dadas a partir de centros urbanos próximos, que são procurados para satisfazer as necessidades imediatas das populações, tais como: compras de bens de consumo duráveis e não duráveis; busca de trabalho; procura por serviços de saúde e educação; e prestação de serviços públicos, como postos de atendimento do Instituto Nacional do Seguro Social - INSS, do Ministério do Trabalho e de serviços judiciários, entre outros.

ⁱⁱ O Banco de Informações Ambientais - BDIA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2023) é uma plataforma desenvolvida para fornecer informações detalhadas sobre diversos aspectos ambientais do Brasil, sendo, portanto, uma ferramenta do tipo “banco de dados” essencial para pesquisadores, gestores e formuladores de políticas públicas o qual oferece um panorama abrangente sobre as características ambientais de todo o território brasileiro. Dentre os seus principais aspectos destacam-se: Apoio à Pesquisa e Análise; Planejamento e Gestão Ambiental;

Monitoramento e Avaliação; e, Educação e Conscientização. No que concerne a abrangência das informações fisiográficas reunidas na aplicação se incluem: Relevo e Topografia; Tipos de Solo; Vegetação e Cobertura Vegetal; Áreas de Preservação e Unidades de Conservação; Hidrografia; e, Geologia e Geomorfologia. Referida plataforma encontra-se disponível no endereço eletrônico: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ⁱⁱⁱ Outras tipificações climáticas muito conhecidas e utilizadas são Köppen-Geiger e Thornthwaite. Ao tempo em que a primeira baseia-se, principalmente, em temperatura e precipitação, a outra dá maior ênfase à evapotranspiração potencial. Além disso, enquanto Köppen-Geiger é relativamente simples e fácil de entender e de se aplicar, sendo ideal para uso em grandes escalas (como continentes e grandes regiões climáticas), Thornthwaite é mais complexo, exigindo uma compreensão aprofundada de conceitos como evapotranspiração e balanço hídrico, além de requerer cálculos detalhados e técnicos, podendo ser aplicado em escalas menores (como regiões específicas ou até mesmo propriedades agrícolas). Um melhor detalhamento sobre essas classificações para o Estado da Paraíba pode ser verificado em Francisco e Santos (2017) e Francisco e Santos (2018).

^{iv} O Estima_T é uma aplicação gratuita que utiliza um modelo empírico para determinar as temperaturas médias, máximas e mínimas mensais do ar da Região Nordeste do Brasil, em função das coordenadas locais: latitude, longitude e altitude, dadas por meio de uma superfície quadrática para as temperaturas. Está disponível no endereço eletrônico: <http://150.165.83.109/enilson/estimat/estimat.htm>. Acesso em: 24 abr. 2024.

^v De acordo com Souza Júnior (2020, p. 27), o surgimento de Cajazeiras “se confunde com a própria história da interiorização do Estado da Paraíba, haja vista que as terras da capitania hereditária paraibana, que originariam o Município [...], foram concedidas, pelo governador Jerônimo José de Melo, ao sesmeiro pernambucano Luís Gomes de Albuquerque em 7 de fevereiro de 1767 que, por sua vez, cedeu parte dessas terras aos patriarcas Ana Francisca de Albuquerque, sua filha, e Vital de Souza Rolim [progenitores do Padre Rolim], após a contração do matrimônio destes, os quais transformaram seu dote em uma grande fazenda de gado, denominada ‘Sítio Cajazeiras’, onde foram construídos, no ano de 1804, a casa grande e um açude de pequeno porte [que depois viria a ser chamado de Açude Grande] para abastecê-la”.

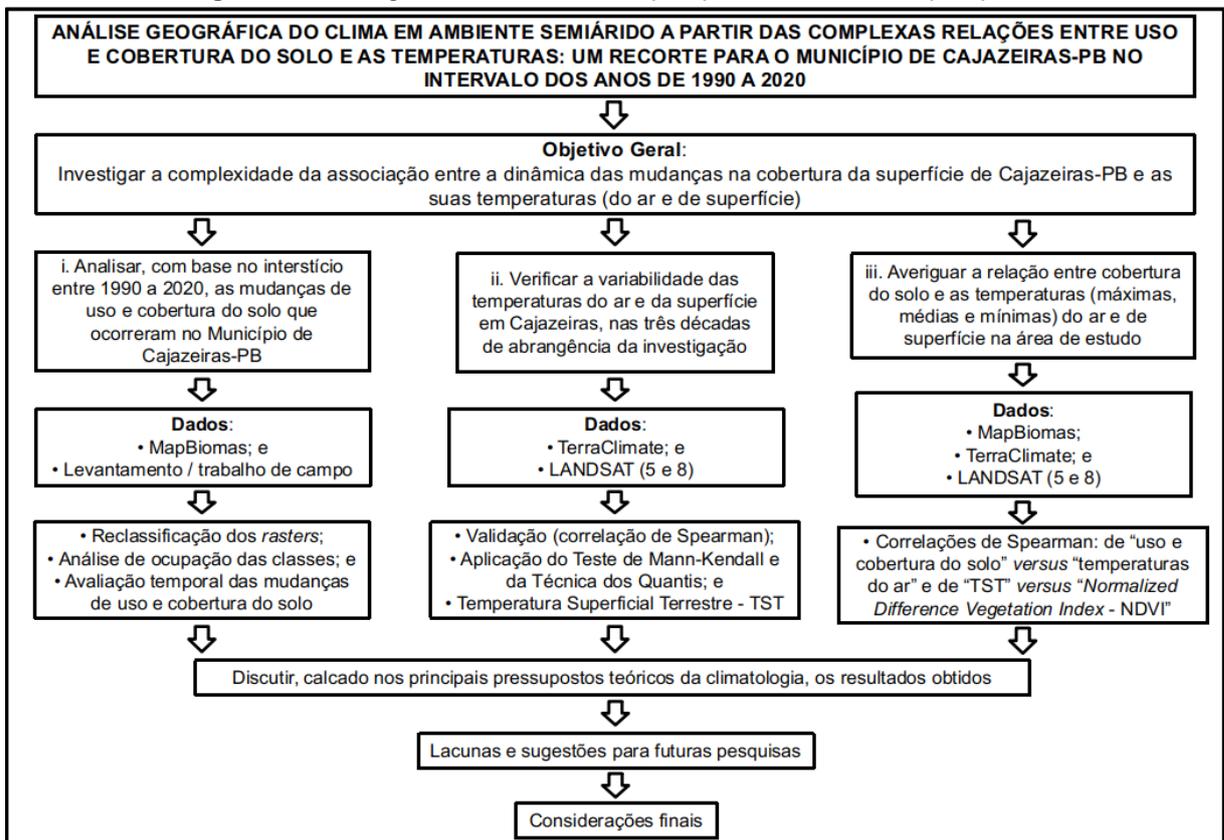
CAPÍTULO III: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Dados da pesquisa

A maior parte dos dados do presente estudo é de ordem secundária, com obtenção em diversas fontes, porém, todas as quais referendadas pela comunidade científica. Entretanto, o trabalho de campo para a demarcação de alguns pontos (com o intuito de, a partir da situação recente, analisar a evolução das mudanças de uso e cobertura de solo), é considerada como geração de dados primários.

A Figura 44 apresenta um fluxograma síntese das etapas da pesquisa, enquanto que os próximos itens descrevem de forma mais específica cada uma das fases procedimentais retratadas.

Figura 44: Fluxograma síntese das etapas procedimentais da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

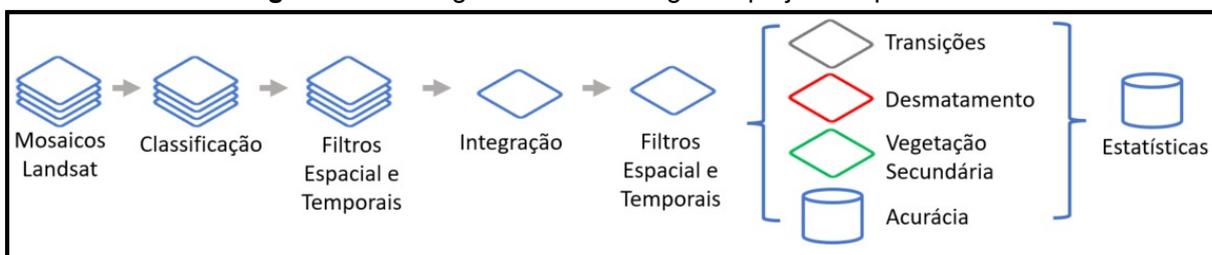
3.1.1. Uso e cobertura do solo

Os dados de uso e cobertura do solo foram extraídos da coleção de arquivos - v. 7.1 - do projeto MapBiomas (Souza Júnior *et al.*, 2020). Referido projeto se utiliza do acervo de imagens registradas pelos sensores da série de satélites LANDSAT

para analisar, em todos os biomas brasileiros, desde 1985, as mudanças anuais da superfície abrangendo, desta forma, os interstícios de interesse do presente trabalho: espacial (Município de Cajazeiras-PB) e temporal (1990-2020).

Utilizando parcelas do solo em que cada pixel das imagens representa uma área de 30 x 30 metros (900 m²), o MapBiomias lança mão de algoritmos de processamento de arquivos na nuvem para gerar os seus dados de saída e, nesse sentido, a visão geral da metodologiaⁱ está representada na Figura 45.

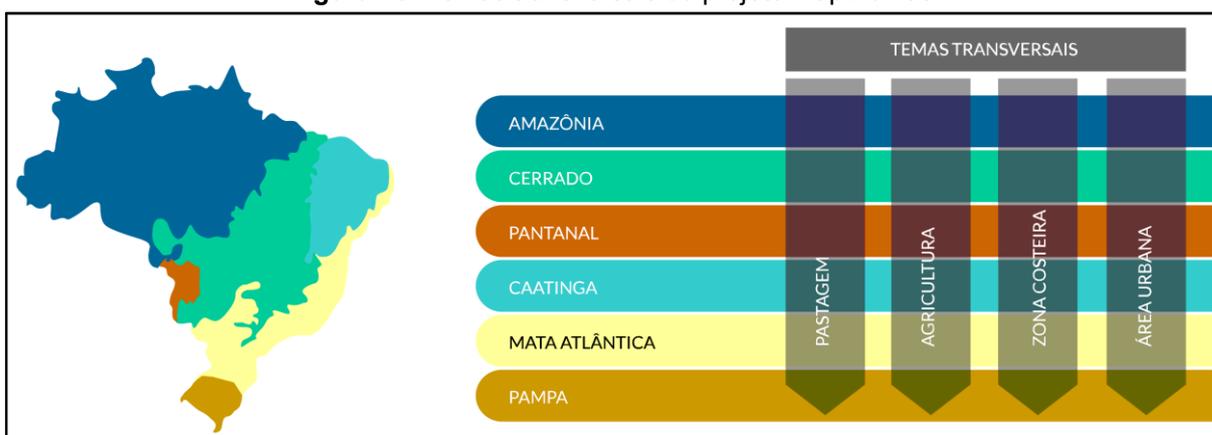
Figura 45: Visão geral da metodologia do projeto MapBiomias



Fonte: MapBiomias (2023).

Apesar das técnicas do MapBiomias produzirem arquivos de natureza *raster*ⁱⁱ, com diversas classificaçõesⁱⁱⁱ e temas transversais, conforme apontado na Figura 46, para este trabalho os arquivos de interesse foram reagrupados^{iv} em quatro grandes classes, a saber: “Agropecuária”, “Água”, “Urbanização” e “Vegetação”.

Figura 46: Temas transversais do projeto MapBiomias



Fonte: MapBiomias (2023).

Após a efetivação do processamento, apenas da área e dos dados de interesse, foram geradas as informações necessárias para a obtenção dos

resultados acerca do comportamento dinâmico de uso e cobertura de solo, em Cajazeiras, para as classes elencadas.

3.1.2. Levantamento de campo

O levantamento de campo foi realizado com o intuito de analisar, a partir situação atual da cobertura do solo, como se deu a dinâmica de modificação das áreas visitadas. As datas de registros dos pontos foram 26 de maio e 08 de junho de 2024, período do ano em que o verde da Caatinga ainda está bastante ressaltado na paisagem.

O procedimento desta fase consistiu, basicamente, em percorrer diversas estradas (principais e vicinais) do território municipal de Cajazeiras para, com auxílio de receptor *Global Navigation Satellite System* - GNSS, marcar as coordenadas geográficas de pontos amostrais aleatórios (arbitrariamente escolhidos pela sua boa condição de acesso, onde também foram realizadas fotografias) e avaliar a classificação atribuída pelo MapBiomas, ao longo do período 1990-2020.

O aparelho GNSS utilizado nesta etapa (Figura 47) foi da marca Garmin, linha eTrex, referência 30x, cuja precisão máxima é de 3 metros, suficiente, portanto, para o objetivo pretendido, dada a amplitude total da área do estudo.

Figura 47: Aparelho receptor GNSS utilizado no levantamento de campo



Fonte: Autoria própria (2024).

Finalmente salienta-se que, dos mais de 40 pontos registrados, após análises qualitativas visuais preliminares, constatou-se que 10 se mostraram representativos para se trazer à luz da tese, os quais foram prontamente escolhidos diante dos contrastes que evidenciaram.

3.1.3. Temperaturas do ar

No que se refere aos dados de temperaturas do ar, é importante, antes de tudo, ressaltar a dificuldade de se encontrar registros de longos períodos de tempo (em grandes escalas e com pouca ou nenhuma falha), de muitos locais de interesse específico a serem estudados considerando que, corriqueiramente, estes ficam restritos a pontos específicos e esparsos.

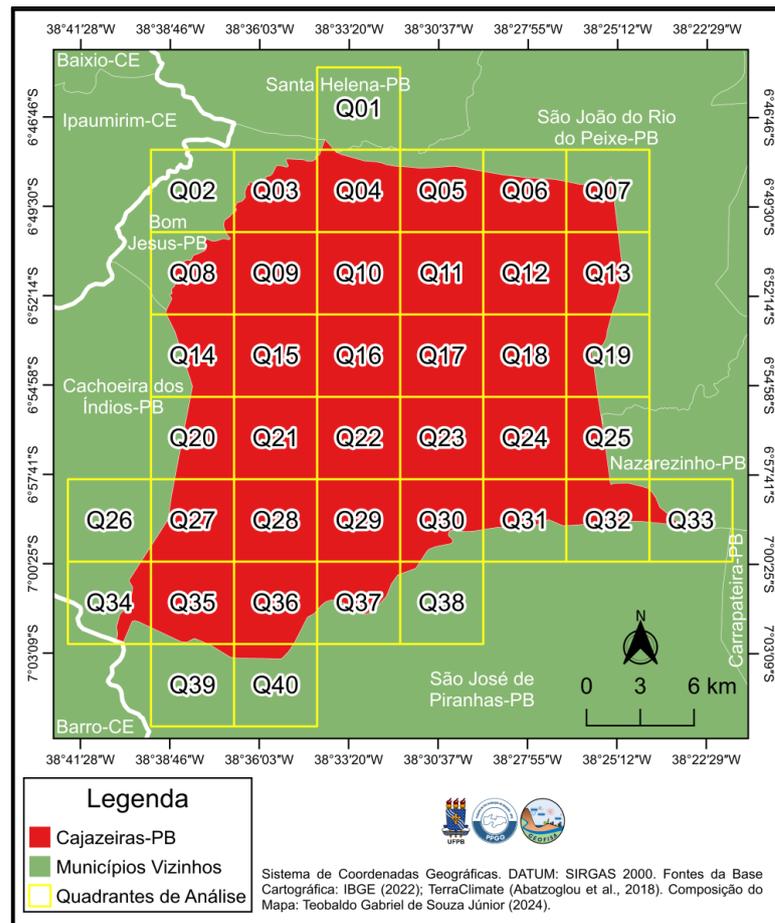
Assim sendo, como mencionado preliminarmente, tal qual acontece em diversas outras áreas, Cajazeiras não conta com estação meteorológica de dados capaz de abranger os mais de 30 anos do estudo, desta forma, para fins de análise do comportamento da temperatura do ar foram empregados os dados mensais fornecidos pelo projeto TerraClimate (Abatzoglou *et al.*, 2018).

Os arquivos *rasters* do TerraClimate representam áreas de, aproximadamente, 21,5 km² (~ 4.638,3 m x ~ 4.638,3 m) por pixel, e são gerados a partir de combinações entre técnicas estatísticas de dados medidos e registros realizados por meio de Sensoriamento Remoto, para estimar as temperaturas máximas e mínimas ao redor do planeta e, consoante detalha a Figura 48, foram necessários 40 quadrantes (aqui nomeados de Q01 a Q40) para analisar integralmente o Município de Cajazeiras.

É possível observar na Figura 48 que, para contemplar toda a área ensejada no estudo, alguns quadrantes tocaram, em geral, pequenas áreas de todos os municípios adjacentes.

A fim de não haver perdas de informações, estas parcelas não foram descartadas, haja vista estarem dentro do contexto de um *continuum* espacial, deixando, portanto, a extensão final total analisada nesta etapa com um pouco mais de 860 km², ou seja, em torno de 53% além da dimensão original do limite alvo, o que somente ajudou a agregar mais dados ao trabalho.

Figura 48: Quadrantes de análise das temperaturas do ar no Município de Cajazeiras-PB



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); TerraClimate (Abatzoglou *et al.*, 2018). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

3.1.4. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto - SR foi a técnica de geoprocessamento fundamentalmente utilizada na geração dos dados de Temperatura Superficial Terrestre - TST e *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI.

Para a referida operacionalização foram empregadas as informações produzidas por meio da série de satélites da missão LANDSAT, especificamente na órbita 216, ponto 65. Os arquivos do projeto foram obtidos diretamente do site *Earth Explorer*, mantido pelo *United States Geological Survey* - USGS.

Considerando o longo intervalo temporal da investigação, foi necessário o uso dos arquivos dos sensores de dois satélites, o LANDSAT 5 e o LANDSAT 8, os quais, por possuírem diferentes tecnologias embarcadas, ensejaram procedimentos distintos^v em suas bandas equivalentes ao infravermelho termal - para o caso da TST -, infravermelho próximo e vermelho - no caso do NDVI. Isto para que os

valores digitais contidos em seus pixels pudessem ser transformados em grandezas comparáveis.

Especificamente na TST, para o satélite LANDSAT 5, empregou-se a Banda 6, e os procedimentos técnicos para se estimar os valores foram dados conforme o trabalho de Malaret *et al.* (1985), consoante se detalha nas Equações 3, 4, 5 e 6.

Primeiro, foram convertidos os valores de números digitais para radiância espectral utilizando a Equação 3.

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{MAX} - L_{MIN})}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} * (DN - Q_{CALMIN}) + L_{MIN} \quad (3)$$

Em que: L_{λ} = Radiância espectral ($W/m^2 * sr * \mu m$); L_{MAX} e L_{MIN} = Valores máximos e mínimos de radiância que são fornecidos no arquivo de metadados; Q_{CALMAX} e Q_{CALMIN} = Valores máximos e mínimos de calibração dos números digitais da imagem - variando entre 1 e 255 para o LANDSAT 5; e, DN = Valor digital da imagem.

O segundo passo foi converter a radiância espectral para temperatura de brilho, usando a equação inversa da Lei de Planck, conforme dado pela Equação 4.

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

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

Na sequência, ajustou-se a temperatura de brilho com base na emissividade da superfície, segundo a Equação 5.

$$TST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda * T_B}{\rho}\right) \ln \varepsilon} \quad (5)$$

Em que: TST = Temperatura Superficial Terrestre dada na unidade Kelvin; λ = Comprimento de onda efetivo da radiação (aproximadamente 11,5 μm , para a Banda

6 do LANDSAT 5); $\rho = h * c / \sigma$ (constante de Stefan-Boltzmann); e, ε = Emissividade da superfície (0,99).

Por fim, a temperatura calculada resultante foi convertida para graus Celsius, conforme a Equação 6.

$$TST_{Celsius} = TST_{Kelvin} - 273,15 \quad (6)$$

No caso do LANDSAT 8, ainda com relação a TST, foi empregada a Banda 10 e as Equações utilizadas na obtenção da temperatura de superfície foram a 7 (Coelho; Correa, 2013), adiante, seguidas das já apresentadas Equações 4, 5 e 6.

$$L_{\lambda} = ML * DN + AL \quad (7)$$

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

No que concerne ao cálculo do NDVI, foi utilizada a Equação 2, ou seja, o valor resultante da subtração da banda do infravermelho próximo pela banda do vermelho, dividido pelo resultado da soma dessas mesmas bandas (infravermelho próximo e vermelho).

Salienta-se que, no LANDSAT 5, as bandas vermelho e infravermelho próximo são, respectivamente, as de número 3 e 4, ao passo que no LANDSAT 8, estas são as bandas 4 e 5^{vi}.

O satélite utilizado, assim como as respectivas datas e horários de registro de cada uma das cenas estão listadas no Quadro 4, ao tempo em que os critérios de escolha para os arquivos foram: interstício suficiente para proporcionar uma delimitação adequada das alterações espaciais; a boa visibilidade da imagem, constatada pela baixa incidência de nuvens, uma vez que estas impactam na obtenção, com maior precisão, dos dados da superfície alvo; a não ocorrência de chuvas nos dias imediatamente anteriores, de maneira a não exercer influência sobre os valores observados; e, período do ano semelhante, notadamente o mês de

junho, quando a vegetação decídua da área ainda guarda o viço (pós clímax das chuvas) tão necessário à geração do NDVI.

Quadro 4: Correspondência entre satélite, registro (data e horário) e sensor das imagens utilizadas na pesquisa

SATÉLITE	DATA	HORÁRIO (UTC)	SENSOR
LANDSAT 5	14/06/1992	12:04:48	<i>Thematic Mapper - TM</i>
LANDSAT 5	29/06/2009	12:30:00	<i>Thematic Mapper - TM</i>
LANDSAT 8	24/06/2013	12:43:21	<i>Operational Land Imager - OLI</i>
LANDSAT 8	22/06/2018	12:40:24	<i>Operational Land Imager - OLI</i>

Fonte: Elaboração própria (2024).

Justifica-se que imagens trabalhadas não obedeceram a maiores espaços temporais de registro entre si - uma década, por exemplo - pelo fato de que, para um bom efeito de comparação, todas as outras condições deveriam ser atendidas ao máximo, o que resultou na lista já apresentada pelo Quadro 4.

3.2. Tabulação e softwares empregados

No presente estudo, os dados coletados nos órgãos ou projetos mencionados (TopoData, MapBiomas, *Earth Explorer* e TerraClimate) são todos gratuitos e de livre obtenção na *internet*. Salienta-se, também, que todos esses foram organizados e processados em *softwares* livres e de natureza *open source*.

Desta maneira, a tabulação foi executada nas planilhas do *LibreOffice Calc* 6.4.7.2 (*The Document Foundation*, 2019); o preenchimento das falhas nas séries temporais de temperaturas do ar oriundas do INMET, ficou a cargo do *Estima_T* (Cavalcanti; Silva, 1994; Cavalcanti; Silva; Sousa, 2006; Silva *et al.*, 2006); nas especializações em geral e nas temperaturas de superfície, utilizaram-se técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - SR do QGIS 3.10.14 - *A Coruña* (2021); enquanto que a estatística foi trabalhada nos programas *R Statistical* (*R Development Core Team*, 2018) e no *Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis-Past* (Hammer *et al.*, 2001).

Os arquivos e ferramentas de acesso livre citados foram cruciais para a realização do estudo, garantindo sua transparência, verificabilidade, replicabilidade e acessibilidade ao conhecimento produzido, viabilizando a sua execução bem como fomentando novas pesquisas de forma eficiente e de baixo custo, desenvolvendo,

deste modo, a autonomia dos pesquisadores, e ensejando o avanço científico de maneira inclusiva e colaborativa.

3.3. Técnicas de análise

Este item é dedicado a explicar os procedimentos e técnicas estatísticas aplicadas nos dados levantados, com o intuito de se atingir os objetivos propostos na tese.

3.3.1. Análise da dinâmica de uso e cobertura do solo

Com a definição da área total a ser estudada, Cajazeiras e suas adjacências imediatas nos quadrantes de Q01 a Q40, consoante a especificidade dos arquivos de temperatura disponibilizados no projeto TerraClimate, realizou-se a análise decenal da situação da cobertura do solo, de acordo com a reclassificação dos dados do MapBiomias.

A justificativa do intervalo em décadas (1990, 2000, 2010 e 2020) é dada ao fato de que, muitas vezes, de um ano a outro, as sutis modificações que ocorrem na superfície não são suficientes para revelar contrastes claramente perceptíveis, o que visualmente se mostrou mais efetivo no trabalho com inter décadas.

Assim, além do recurso visual dos mapas, analisou-se o percentual de área ocupada em cada classe estipulada empregando-se o geoolgoritmo *r.report*^{vii} do QGIS. E ainda, com esses mesmos dados, extraídos e tabulados na forma de parcelas de 900m² de representação da superfície e suas modificações, também foi possível, com *software R Statistical*, gerar um Diagrama de Sankey^{viii} representando a sua dinamicidade.

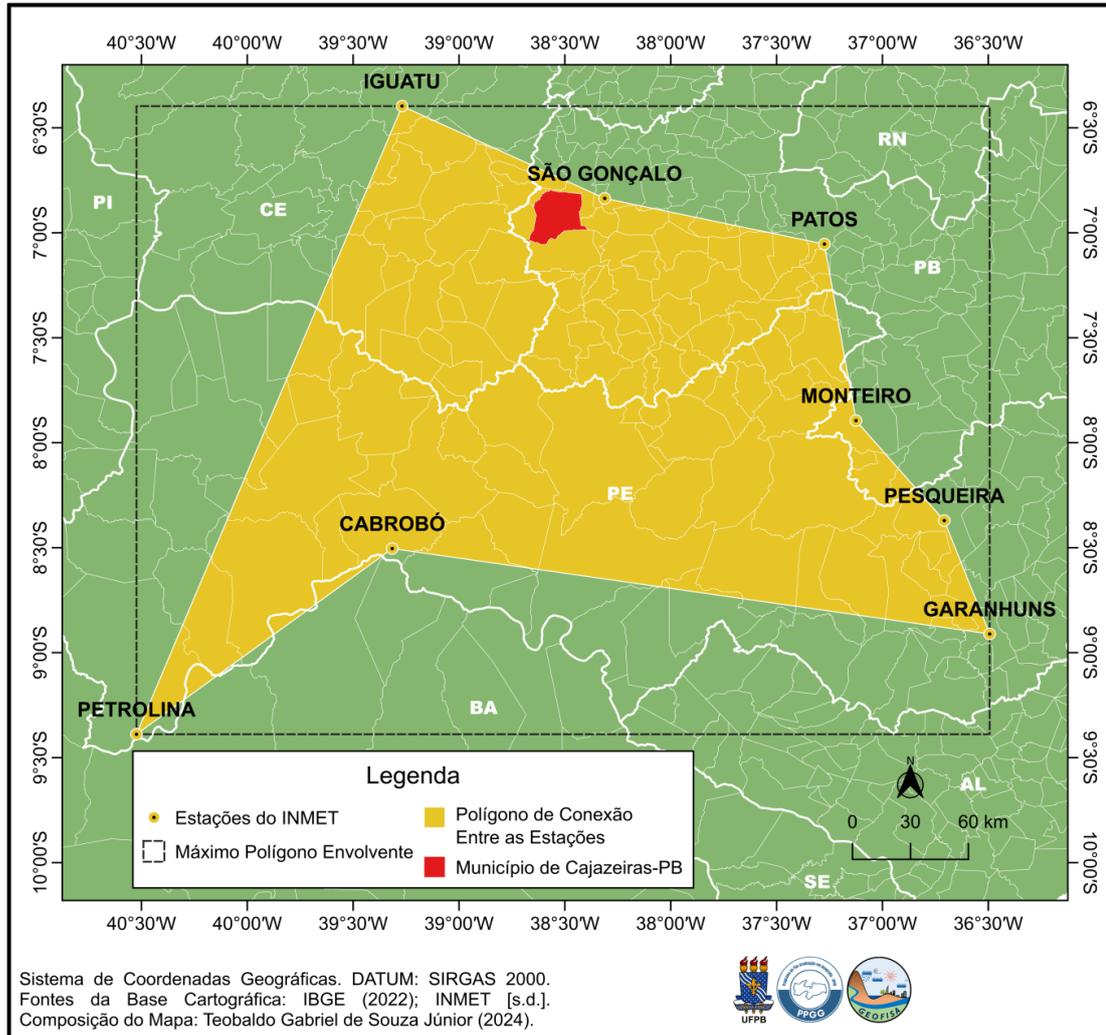
3.3.2. Validação e análise dos dados de temperatura do ar

Como anteriormente mencionado, considerando a ausência de registros medidos de temperatura do ar em Cajazeiras, foram empregados os dados estimados pelo projeto TerraClimate.

Para a validação dos arquivos do TerraClimate, utilizou-se de oito estações do INMET (Figura 49), as quais, de acordo com o trabalho de Souza Júnior, Lucena

e Roque (2024) guardam uma boa correlação, além de contemplar integralmente a área de interesse, a saber: Iguatu (82686), no Ceará; São Gonçalo (82689), Patos (82791) e Monteiro (82792), na Paraíba; e, Pesqueira (82892), Garanhuns (82893), Cabrobó (82886) e Petrolina (82983), no Pernambuco.

Figura 49: Polígono de cobertura das 8 (oito) estações selecionadas do INMET para validação de dados de temperatura do TerraClimate



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); INMET [s.d.]. **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

A quantidade de observações mensais esperadas, em cada estação do INMET, dentro período estudado (de 1990 a 2020), seria de 372 (12 meses x 31 anos), para as temperaturas máximas, médias e mínimas. Entretanto, como também reportado no estudo de Souza Júnior, Lucena e Roque (2024), todos os dados apresentaram ausências (falhas) que, de maneira global, foram da ordem média de 26,52%.

Em vista disso, com o propósito de se obter máxima fidedignidade na validação entre os registros das estações e os valores estimados pelo TerraClimate, todos os meses que apresentaram falhas - em qualquer uma das estações e para qualquer nível dos registros, sejam eles máximos, médios ou mínimos - foram retirados. Ou seja, somente foram utilizadas, para fins dos testes desta fase, as medidas das estações nas datas em que, para todos os pontos houvesse, concomitantemente, os devidos registros. A filtragem em questão resultou em 101 observações.

Na sequência, para fins comparativos, foram coletados os valores dos pixels do TerraClimate coincidentes com as localizações das estações e os valores nelas medidos simultaneamente, nas datas mensais isentas de falhas. Desta maneira, dispostos em sequência, chegou-se a 808 pares de dados a serem comparados nas temperaturas máximas, médias e mínimas.

Salienta-se que, embora o TerraClimate não disponibilize arquivos *rasters* com estimativas para as temperaturas médias, estas foram obtidas por meio da simples operação de soma dos valores máximos com os valores mínimos, e dividindo-se os respectivos resultados por dois. Portanto, além das máximas e mínimas, obteve-se, virtualmente, os resultados médios mensais.

De posse da tabulação de tais dados, em pares, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965), dada pela Equação 8, para verificar a distribuição das observações.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

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

Constatado que o teste de Shapiro-Wilk resultou em uma distribuição diferente da normal, por conseguinte, utilizou-se o método não paramétrico de Spearman (1904), dado pela Equação 9, para estabelecer o grau de correlação entre as variáveis.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (9)$$

Em que: ρ = Correlação de Spearman, que varia de -1 a 1 (valores próximos a zero indicam correlação nula, próximos de -1 apontam uma correlação inversa e próximos a 1 correlação direta); d = Diferença entre as fileiras das variáveis correspondentes - ordenações; e, n = Número de pares de ordenações - observações.

Uma vez estabelecida a correlação entre valores medidos e valores estimados, pôde-se analisar as temperaturas dadas pelo TerraClimate. Salienta-se, contudo, que é de amplo conhecimento que um dos fatores que interferem diretamente nos dados de temperatura trata-se da altitude (Romero, 2020).

A esse respeito, Souza Júnior, Lucena e Roque (2024, p. 2442), comparando as estações do INMET em sua pesquisa, comprovaram que “quanto mais próximas as características das estações (localização e altitude), mais similares são os registros das temperaturas”.

Diante disso, levando-se em consideração a variação média de altitude nos quadrantes de Q01 a Q40 (Figura 50), para alguns efeitos comparativos, utilizou-se a regra de Sturges (1926), dada pela Equação 10, para o agrupamento, por semelhança, dessas áreas em classes.

$$k = 1 + 3,3 * \log_{10}(n) \quad (10)$$

Em que: k = Número ideal de classes (ou intervalos); n = Número de observações, ou seja, o tamanho da amostra; e, \log_{10} = Logaritmo na base 10.

Outra técnica estatística aplicada sobre os dados de temperatura do ar em cada um dos quadrantes foi o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), dado pelas Equações 11, 12, 13 e 14. Tal método é amplamente

identificar correlação, cuja aplicação é semelhante à condição apresentada por Mann”. Ainda segundo esses autores, “Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com média $E(S)$ e variância $Var(S)$ ” (Santos, *et al.*, 2020), sendo tal variância dada de acordo com a Equação 13.

$$Var(S) = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m [t_i(t_i-1)(2t_i+5)]\}}{18} \quad (13)$$

Em que: $Var(S)$ = A variância; n = Número de pontos dos dados; m = Número de grupos empatados - conjuntos de dados com valores idênticos; e, t_i = Quantidade de valores repetidos no i -ésimo grupo.

No entanto, salienta-se que quando o tamanho da amostra n é maior que 10, a qual se trata da situação em tela, a estatística de teste normal padrão Z_s é calculada seguindo a Equação 14.

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (14)$$

Se Z_s apresenta valores positivos, estes indicam tendências crescentes, ao passo que se Z_s resulta em valores negativos, estes denotam tendências decrescentes. Nesse teste, as tendências são realizadas a um nível de significância específico (Santos, *et al.*, 2020).

Em estatística, os testes de significâncias mais utilizados são $\alpha = 0,01$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,10$, portanto, informa-se que no presente trabalho, para todas as métricas utilizadas, nos testes de significância foram admitidos os níveis de $\alpha = 0,05$, ou seja, o mesmo que a 5%.

Ainda com relação às temperaturas do ar, concorde à metodologia de Souza Júnior *et al.* (2024), aplicada sobre a estação do INMET de São Gonçalo (82689), transformaram-se os dados mensais de Q01 a Q40 em temperaturas do ar máximas, medias e mínimas anuais, as quais foram correlacionadas com as mudanças ocorridas, ano a ano, nos percentuais ocupados pelas classes estipuladas na

pesquisa (“Agropecuária”, “Água”, “Urbanização” e “Vegetação”). O método utilizado nesta etapa foi o da geração de uma matriz de correlação de Spearman (ρ).

Na sequência, foi aplicado o método dos quantis nos dados mensais da estação meteorológica 82689-São Gonçalo para identificar, no intervalo 1990-2020, a distribuição da ocorrência das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) e suas discrepâncias, expressadas na forma de valores extremos, detectando variações sazonais e anomalias climáticas ao longo do período.

Logo, para efeitos de comparação, e considerando os resultados dos testes de Mann-Kendall, sobre cada um dos quarenta quadrantes que abrangem Cajazeiras-PB e adjacências imediatas, foram escolhidas as três amostras - sendo uma para as máximas, uma para as médias e uma para as mínimas - que acusaram as maiores oscilações, nas séries de temperaturas do ar, com o fito de, também, se aplicar a técnica dos quantis, de forma a evidenciar, ou não, a concentração de valores extremos nesses dados.

Por último, foi utilizada a mesma abordagem quantílica nos valores obtidos a partir da média global dos dados das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) observadas de Q01 a Q40, a fim de que, com essa generalização dos registros integrais da localidade, fosse possível comparar esses aos outros dois resultados citados - oriundos de 82689-São Gonçalo e dos três quadrantes mais expressivos nos testes de Mann-Kendall.

Referida técnica dos quantis foi adaptada a partir de trabalhos como os de Monteiro, Rocha e Zanella (2012) e Monteiro, Zanella e Pinheiro (2022), que a aplicaram sobre a variável chuva, caracterizando, dentro de uma série histórica, os anos como: chuvosos, normais e secos.

Monteiro, Zanella e Pinheiro (2022) explicam, da seguinte forma, do que se trata o método:

supondo que a probabilidade p é expressa em termos percentuais, espera-se que em p (%) dos anos a medida da chuva X não deve ultrapassar o valor desse quantil Q_p , em milímetros, enquanto que para $(100 - p)$ % dos anos tal valor será excedido. Por exemplo, para as ordens quantílicas $p = 0,25; 0,50$ e $0,75$ (25%, 50% e 75%), os quantis respectivos são os quartis, ou $Q(0,25)$, $Q(0,50)$ e $Q(0,75)$. Assim, teríamos uma divisão em três classes (Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2022, p. 08)

Com isso, procedeu-se a análise dos três níveis (máximos, médios e mínimos) de dados de temperaturas do ar, classificando-os como frios (do valor

mínimo até o Q25), normais (do Q25 até o Q75) e quentes (acima do Q75), agrupando-os por décadas, para uma melhor avaliação do comportamento da variável na localidade em questão.

3.3.3. Análise dos dados de Temperatura Superficial Terrestre - TST e *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI

Após a geração dos arquivos *rasters*, resultantes do processamento da etapa do Sensoriamento Remoto, foram averiguados os comportamentos das temperaturas da superfície, analisando-se cada uma das quatro cenas trabalhadas.

Com relação à TST, foram comparadas as diferentes manifestações de temperaturas, entre as mais diversas áreas, destacando-se a classificação do tipo de cobertura, identificado conforme o arquivo do MapBiomas, de acordo com o ano do registro da imagem.

Além disso, foram criadas faixas de temperatura e confeccionados mapas, com o fito de se observar melhor a espacialidade do dado de TST para discuti-lo de forma mais efetiva.

No arquivo de NDVI criado, sobre as mesmas quatro cenas já mencionadas, também foram realizados procedimentos similares, a fim de se gerar informações que pudessem ser comparáveis entre si (TST e os dados do MapBiomas).

Finalmente, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para se determinar a distribuição dos valores de TST e NDVI. Uma vez que estes apresentaram comportamento distinto da distribuição normal aplicou-se, mais uma vez, o teste não paramétrico de Spearman entre o par TST-NDVI, para se estabelecer o seu nível de correlação, isto posto, informa-se que o capítulo contíguo a este, assim como os seus respectivos tópicos, trazem os resultados do emprego das técnicas aplicadas nos dados da pesquisa, e realiza as suas análises descritivas.

ⁱ Um passo a passo mais bem detalhado do processamento em nuvem dos arquivos do MapBiomas pode ser encontrado no site oficial do projeto, no endereço: <https://mapbiomas.org/atbd---entenda-cada-etapa>. Já a metodologia específica para o levantamento dos dados da Caatinga (vegetação predominante na área de estudo) pode ser lida no arquivo: https://staging-brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Caatinga_Appendix_-_ATBD_Col_7_v1.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

ⁱⁱ Para uma melhor compreensão do termo *raster* (matricial) e representações do tipo vetorial, se sugere a leitura do item “3.3.2 Representações para Campos e Objetos”, encontrado entre as páginas

40 e 41 do livro “Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica”, de autoria de Câmara *et al.* (1996), disponível no link: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ⁱⁱⁱ A classificação completa da coleção de arquivos do MapBiomias (v. 7.1) pode ser vista no seguinte endereço:

https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/EN_Codigos_da_legenda_Colecao_7.pdf; e a descrição detalhada das classes pode ser correlacionada com o documento da coleção 8 está disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/Legenda-Colecao-8-Descricao-Detalhada-PDF-PT-3-1.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

^{iv} O reagrupamento de classes dos arquivos originais do projeto MapBiomias se deu através do geocalgoritmo *r.recode* do *software* QGIS 3.10.14 - *A Coruña* LTR (2021). O item “3.2. Tabulação e *softwares* empregados” traz mais informações sobre esse importante Sistema de Informações Geográficas - SIG.

^v Para melhor esclarecimento acerca de algumas das diferenças básicas entre a série de satélites da missão LANDSAT, sugere-se a leitura do item “3.7 Geotecnologias como ferramentas de auxílio de monitoramento”, encontrado entre as páginas 41 e 46 do trabalho de Souza Júnior (2020), disponível no link: <http://deposita.ibict.br/handle/deposita/175>. Acesso em: 24 abr. 2024.

^{vi} Site oficial do USGS traz as definições das bandas dos sensores dos satélites da missão LANDSAT. Tais informações podem ser acessadas através do link: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>. Acesso em: 24 abr. 2024.

^{vii} O geocalgoritmo *r.report* é responsável por gerar relatórios de imagens *rasters* (matriciais) contabilizando a área que cada classe estipulada ocupa dentro dos arquivos fornecidos.

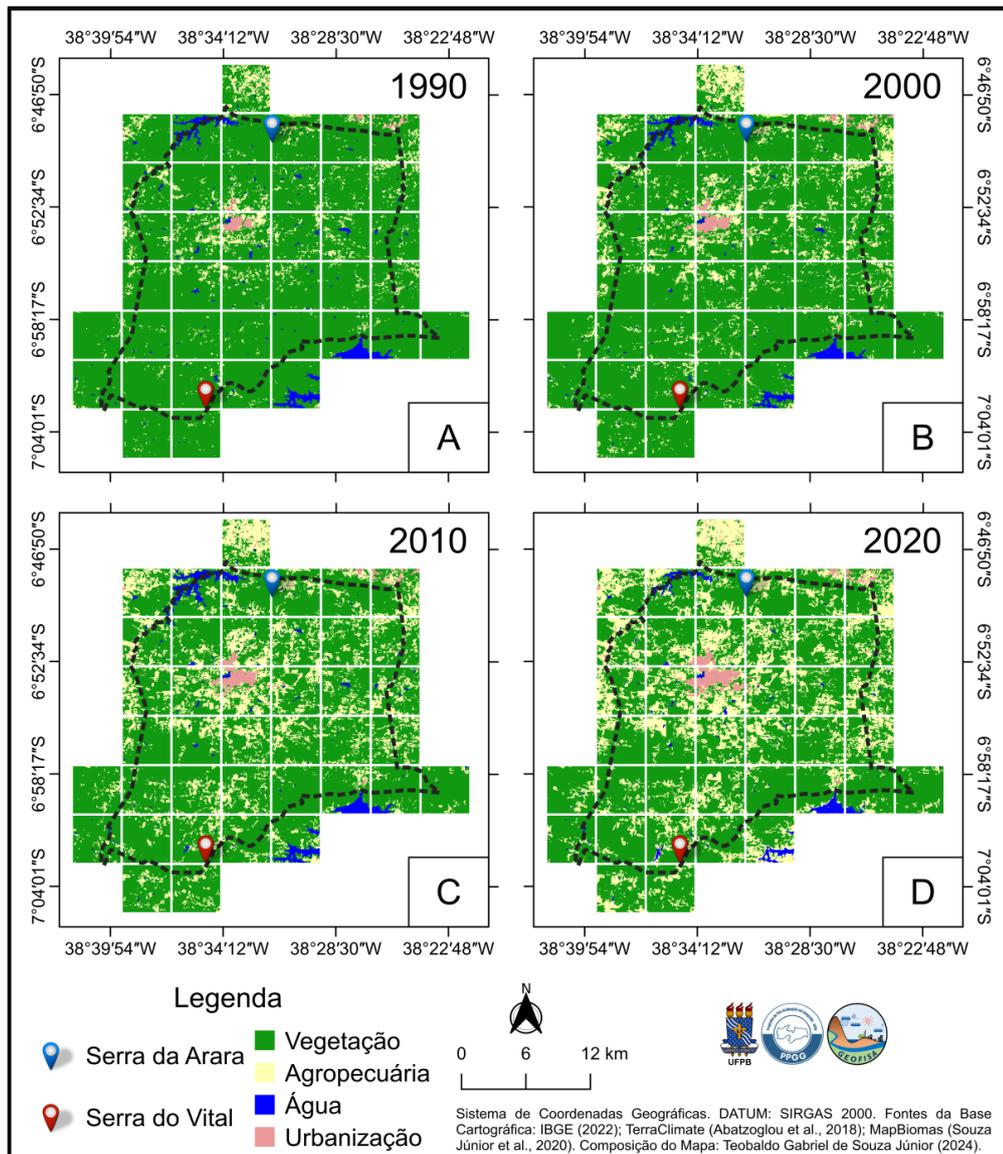
^{viii} Um Diagrama de Sankey é um recurso visual que mostra o fluxo de dados ou recursos de um ponto a outro, usando setas ou faixas proporcionais às quantidades que estão sendo representadas. Essas faixas conectam blocos ou categorias, destacando o volume de transferências entre elas. Nas palavras de Vieira, Ramos e Tieppo (2021, p. 166), trata-se de um gráfico “inicialmente proposto para representar um fluxo de energia em diferentes direções, consistindo em uma representação formada por linhas ou setas cujas espessuras são proporcionais a intensidade dos fluxos transição (ganhos/perdas), posteriormente também sendo aplicável a outras variáveis e magnitudes, como nesse caso, o fluxo de área entre determinadas classes de cobertura e uso da terra, permitindo uma representação visual das alterações ocorridas”.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Dinâmica de uso e cobertura do solo observada em Cajazeiras

O processamento dos dados do MapBiomias, conforme os passos descritos no capítulo anterior, aponta que ocorreram mudanças observáveis das formas de uso e cobertura do solo no Município de Cajazeiras - e suas adjacências imediatas -, entre os anos de 1990 e 2020. A Figura 51 ilustra, mediante a exposição de mapas representando 861,186 km², as alterações espaciais ocorridas inter décadas com as classes definidas.

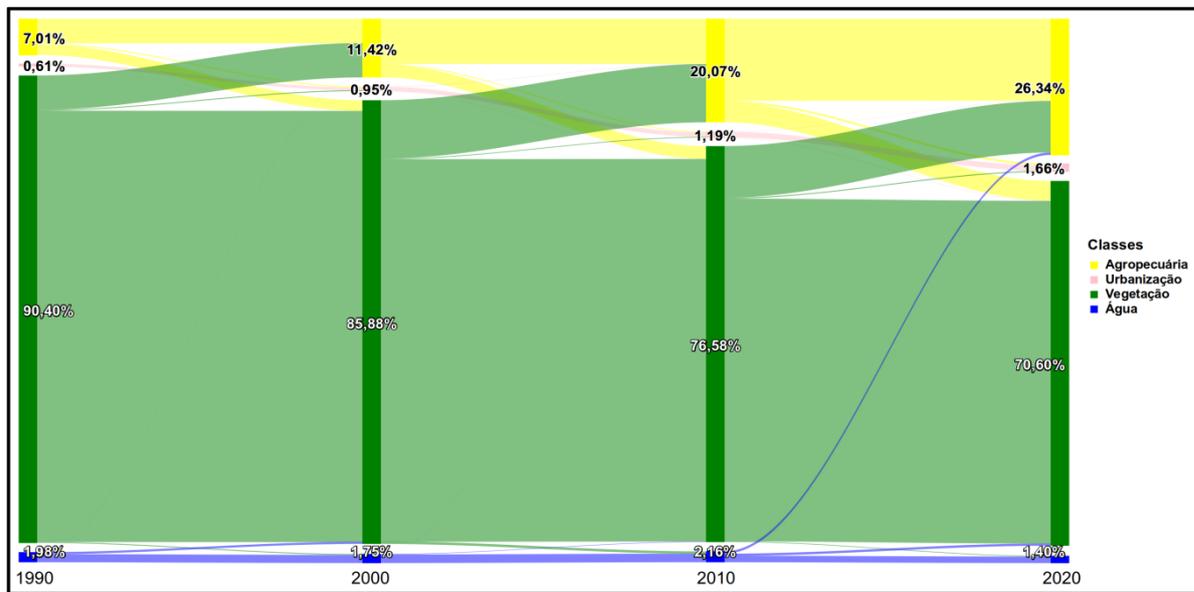
Figura 51: Mapas de uso e cobertura de solo em Cajazeiras para os anos de (A) 1990, (B) 2000, (C) 2010, e (D) 2020



Fontes da Base Cartográfica: IBGE (2022); TerraClimate (Abatzoglou *et al.*, 2018); MapBiomias (Souza Júnior *et al.*, 2020). **Composição do Mapa:** Autoria própria (2024).

Considerando que o tamanho do pixel dos arquivos *rasters* do MapBiomas representa parcelas de terras individualizadas em 900 m² de área, foi construído um Diagrama de Sankey (Figura 52), semelhante à metodologia empregada por Francisco *et al.* (2023), representando a dinamicidade das alterações de uso e ocupação do solo em Cajazeiras, nos intervalos decenais dentro período estudado.

Figura 52: Diagrama de Sankey das mudanças de uso e cobertura do solo em Cajazeiras-PB entre as décadas de 1990 a 2020



Fonte: Autoria própria (2024). **Observações:** faça o [download](#) para proceder com a visualização da versão dinâmica da figura.

No Diagrama (Figura 52) é possível averiguar como as porções do solo foram se modificando, entre 1990 e 2020, da seguinte maneira: as linhas que interligam uma década a outra são portadoras de cor e espessura, enquanto o primeiro código - a cor - remete à classe, o segundo - a espessura - é proporcional à magnitude de conversão de uma classe em outra.

Além disso, cada década mostra o percentual ocupado pelas classes definidas, assim, fica claro que ao passo que as classes “Água” e “Vegetação” eram reduzidas, houve um gradativo avanço de área nas classes “Urbanização” e “Agropecuária”.

Tendo um aumento constante, a “Urbanização”, por exemplo, representava 0,61% do território em 1990, passou a ser de 0,95% em 2000, 1,19% em 2010 e, finalmente, 1,66% em 2020. Esse crescimento, de quase três vezes, representou um incremento de 272,13% desta classe entre 1990 e 2020, tendo ela recebido

esperadas contribuições das classes “Vegetação” e “Agropecuária”, sobretudo nas chamadas “franjas urbanas” (Araújo, 2017).

O resultado corrobora com dados encontrados em Araújo (2017), Sousa *et al.* (2020), Souza Júnior *et al.* (2021), Martins *et al.* (2022) e Souza Júnior *et al.* (2024). Referidas pesquisas já apontavam para uma ampliação das áreas ocupadas pelas zonas urbanizadas de Cajazeiras-PB, bem como para o crescimento da população nestas localidades do Município.

Algumas das consequências do fenômeno são: a valorização do espaço pela conversão de áreas rurais em áreas urbanas - residenciais ou comerciais - forçando o aumento da especulação imobiliária (Corrêa, 2003); a falta de infraestrutura adequada em alguns desses locais, que podem se expandir desordenadamente (Araújo, 2017), acarretando problemas como suscetibilidade a alagamentos (Moraes, 2022) ou resultando em calor antropogênico (Martins *et al.*, 2022; Saraiva; Caracristi, 2023); e, ao avançar sobre as áreas com vegetação nativa, reduzir a biodiversidade já que, muitas vezes, no interior das urbes, se dá preferência a plantar árvores exóticas (Abreu; Oliveira; Cartaxo, 2017; Oliveira *et al.*, 2019).

Na classe “Água”, a oscilação obedeceu ao seguinte padrão: detinha 1,98% da cobertura superficial em 1990, passou a ser 1,75% do total no ano 2000, oscilou para 2,16% em 2010 - ou seja, mais elevado do que 1990 - e, finalmente, recobria 1,40% da área estudada em 2020 - menor do que o ponto de partida das observações, no caso 1990, e representando um decréscimo de 29% com relação à esta observação inicial.

Tal alternância pode ser explicada pela sazonalidade que intercala períodos chuvosos e secos, bastante característica do local em análise. Além disso, ainda nesta classe, é possível observar a comutação de partes de “Água” em “Vegetação” e vice-versa - manifestada entre 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020 - como também, a conversão de “Água” em “Agropecuária”, conforme observado no período 2010-2020.

Isto se dá, basicamente, pelos seguintes motivos principais: 1-no caso da comutação entre “Água” e “Vegetação”, os reservatórios, comumente denominados na região por açudes, podem ser eutrofizados e manifestarem o crescimento de macrófitas flutuantes - aguapés - em sua superfície (Souza Júnior, 2020), ou, quando secos, por conta do assoreamento (Frota; Nappo, 2012), ter suas margens invadidas pela vegetação arbustiva nativa; e 2-para permuta entre as classes “Água”

e “Agropecuária” - evidenciada no intervalo 2010-2020 -, durante os períodos de maior tempo de estiagem, suas margens podem ser utilizadas para o cultivo de capim forrageiro.

Apesar das modificações já elencadas, as classes que apresentaram as mudanças mais inequívocas foram “Vegetação” e “Agropecuária”, com a primeira cedendo ampla área para a segunda. Tal situação corrobora com os dados de Sarmiento e Andrade Neto (2024) que, em seu trabalho de revisão de literatura, apontaram o alto grau de desmatamento da Caatinga pelas queimadas e a conversão das áreas naturais em plantações ou pastagem.

Em nível local, um estudo de Silva (2002) já apontava para a diminuição das áreas de Caatinga em Cajazeiras, seja pela exploração da terra com a implantação de culturas diversas ou de pastagem, seja pelo uso de recursos vegetais, como a madeira, durante os períodos de estiagem e seca, com reverberação, inclusive, nas áreas que deveriam estar sob proteção. Tal fato explica os momentos de pequena recuperação da classe “Vegetação” de uma década a outra para, logo em seguida, ser convertida novamente em “Agropecuária”, como se observa na Figura 52.

Assim, na medida em que a “Agropecuária” parte de um patamar de 7,01% de área em 1990, passa a ser de 11,42% em 2000, 20,07% em 2010 e acaba por representar 26,34% da área superficial total de Cajazeiras, no ano de 2020 - um incremento de 375,75% no decorrer das décadas analisadas -, a “Vegetação” representava 90,40% no ano de 1990, 85,88% em 2000, caindo para 76,58% em 2010 e, finalmente, atingindo 70,60% do total da área estudada no ano de 2020, o que representou uma redução de 21,90% em relação a 1990.

Os relatórios emitidos pelo geoolgoritmo r.report, do *software* QGIS, sumarizados na Tabela 2, corroboram com a análise feita por intermédio do Diagrama de Sankey, conforme demonstrado na Figura 52.

Tabela 2: Valores absolutos das áreas (km²) ocupadas pelas classes de cobertura do solo nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020

CLASSE / ANO	1990	2000	2010	2020
Agropecuária	60,370	98,347	172,840	226,836
Urbanização	5,253	8,181	10,248	14,296
Vegetação	778,512	739,587	659,496	607,997
Água	17,051	15,071	18,602	12,057
ÁREA TOTAL	861,186	861,186	861,186	861,186

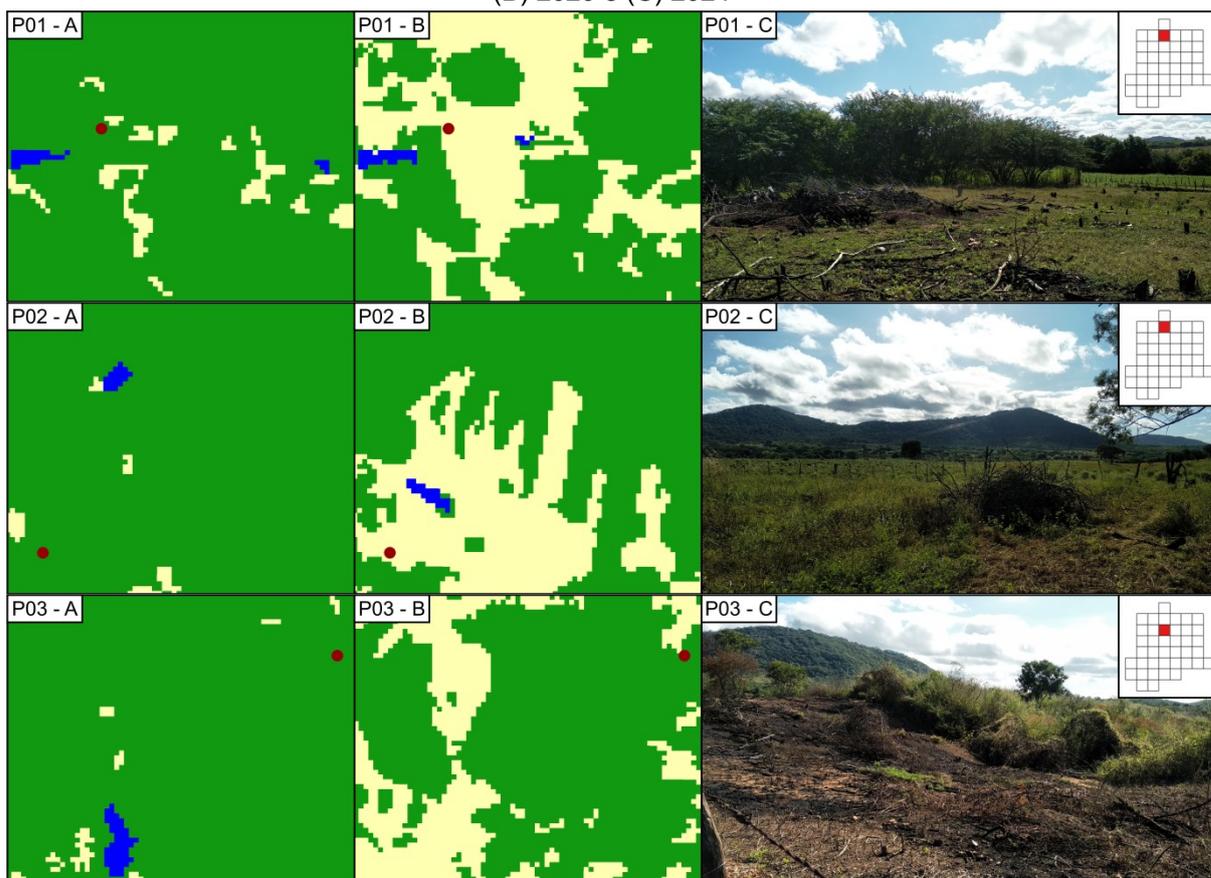
Fonte: Autoria própria (2024).

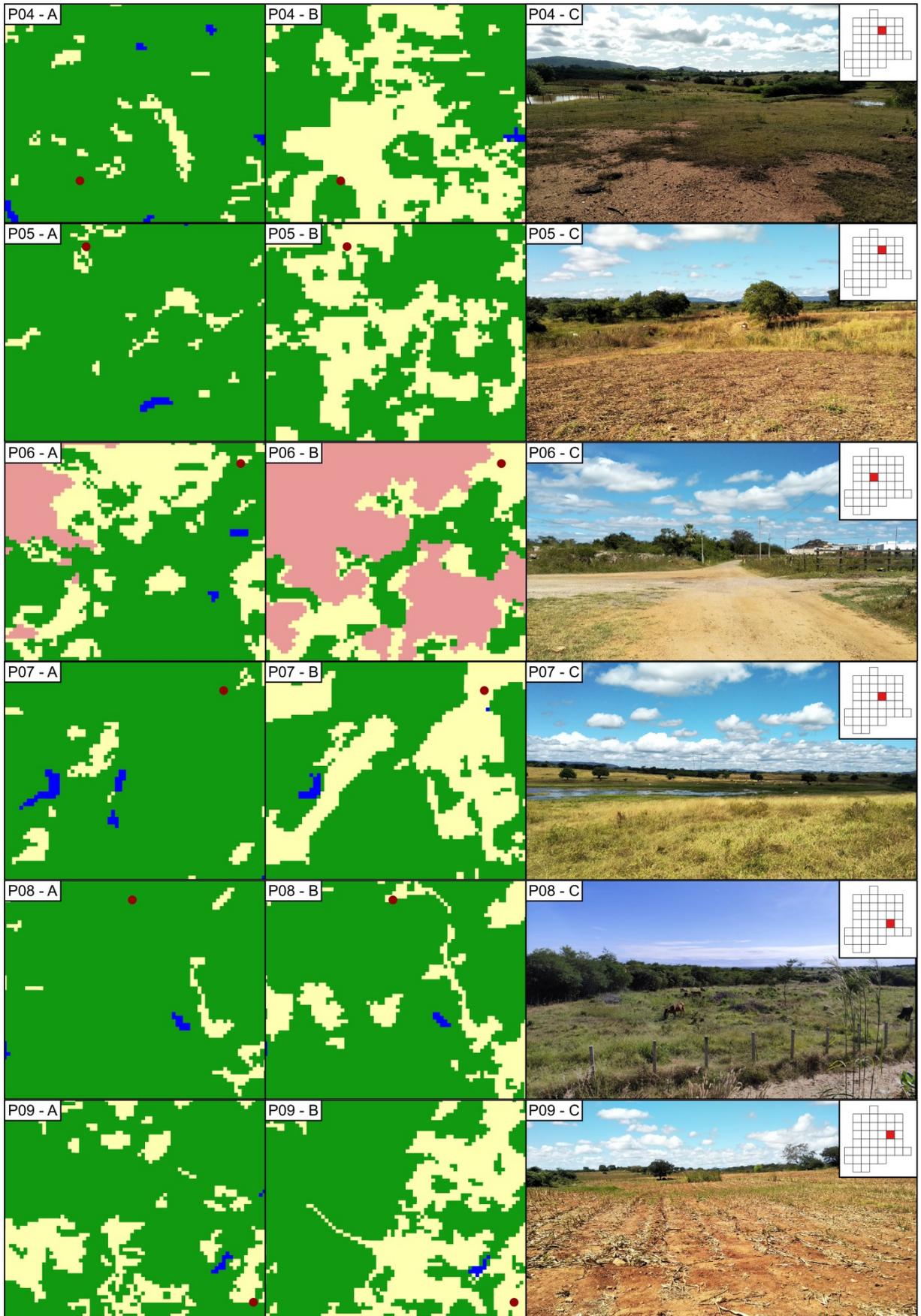
Verifica-se que a classe “Urbanização” quase triplicou de tamanho, e que a classe “Agropecuária” quase foi quadruplicada no interstício 1990-2020, ao mesmo tempo em que houve uma considerável diminuição das superfícies recobertas pelas classes de “Água” e, sobretudo, “Vegetação”, dentro do mesmo íterim.

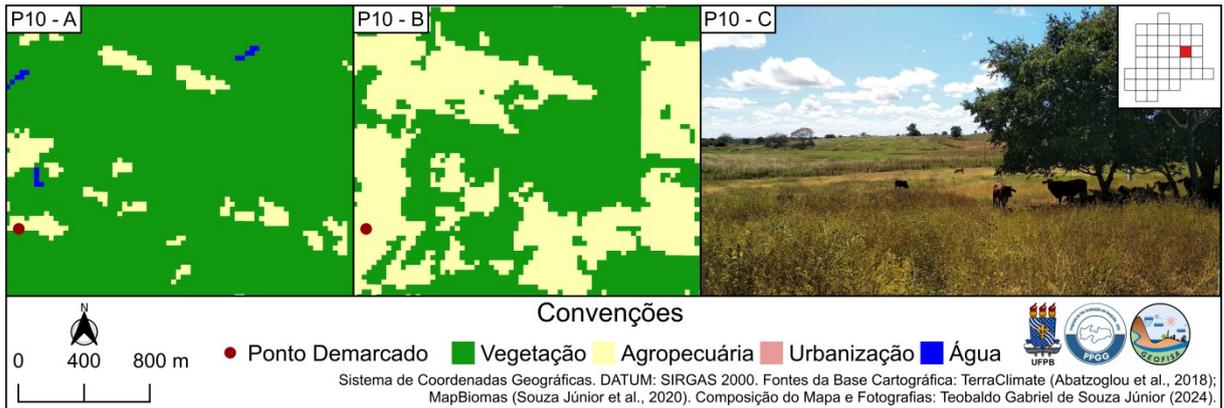
Desta maneira o trabalho de campo foi importante para se verificar, *in loco*, algumas das diversas situações de uso e cobertura do solo, as quais estão representadas nos dez pontos nomeados de P01 a P10, e ilustrados na Figura 53.

Sublinha-se que a coluna “A” da Figura 53 indica a situação no ano de 1990, a coluna “B” representa o ano 2020 e a coluna “C” traz uma fotografia, de 2024, da localidade, além de indicar o seu respectivo quadrante de posicionamento.

Figura 53: Representação dos dez pontos levantados em campo (P01 a P10) para os anos: (A) 1990, (B) 2020 e (C) 2024







Fontes da Base Cartográfica: TerraClimate (Abatzoglou et al., 2018); MapBiomias (Souza Júnior et al., 2020). **Composição do Mapa e Fotografias:** Autoria própria (2024).

As coordenadas e as localidades de referência onde se inserem os pontos visitados em campo estão sumarizadas no Quadro 5.

Quadro 5: Coordenadas e localidades de referências dos pontos levantados em campo

PONTO	QUADRANTE	LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
P01	Q04	Imediações da Chácara Albuquerque	06° 49' 38" S	38° 33' 58" W	297,67 m
P02	Q04	Imediações do Morro Boa Vista	06° 50' 02" S	38° 33' 00" W	323,11 m
P03	Q10	Imediações da Rodovia PB-393	06° 50' 30" S	38° 31' 51" W	310,84 m
P04	Q11	Sítio Cachoeirinha	06° 50' 53" S	38° 31' 28" W	299,90 m
P05	Q11	Imediações do Açude Souza Maciel	06° 51' 12" S	38° 30' 42" W	300,38 m
P06	Q16	Imediações do Estrela Park Show	06° 53' 14" S	38° 31' 58" W	297,22 m
P07	Q17	Sítio Várzea da Roça	06° 53' 00" S	38° 29' 44" W	306,51 m
P08	Q24	Sítio Caititu (Próximo à Rodovia PB-393)	06° 55' 31" S	38° 27' 48" W	301,86 m
P09	Q18	Sítio Caititu	06° 55' 07" S	38° 27' 45" W	323,80 m
P10	Q18	Sítio Caititu	06° 55' 07" S	38° 27' 41" W	321,99 m

Fonte: Elaboração própria (2024).

Constatou-se que P01 apresenta grande retirada da vegetação nativa, se caracterizando como uma área utilizada para a exploração de madeira; P02, P04, P05, P07 e P10 também apresentam grande devastação com a implantação de pastagem para o gado bovino, como se pode perceber pelas fotografias dos dois últimos citados; P03 apresentou uma queimada, técnica arcaica para limpeza do terreno e posterior cultivo, o que contribui para o empobrecimento do solo e é popularmente conhecida por “broca”; P06 trata-se de uma área de “franja urbana”, que evidenciou a conversão de áreas vegetadas e rurais em cidade; P08 mostra o contraste entre área vegetada e desmatada, onde se encontram equinos pastando; e, por fim, P09 que se trata de área destinada a cultivos temporários diversos.

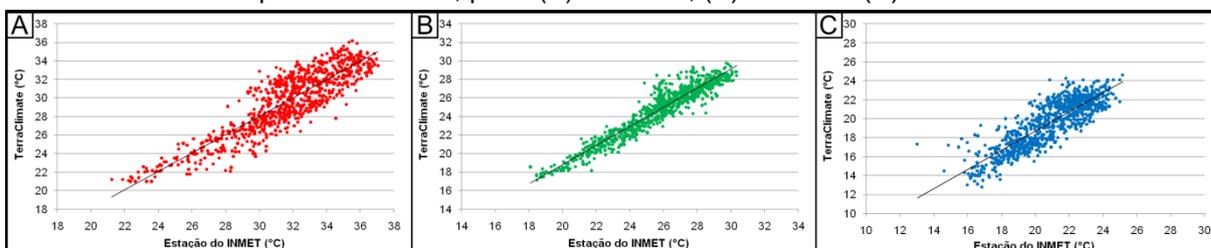
4.2. Variações dos dados de temperaturas do ar

Conforme mencionado anteriormente, por não contar com estação própria de medição de dados meteorológicos e, portanto, por não dispor de histórico adequado de registros de temperaturas do ar, foi necessário recorrer aos dados do TerraClimate para viabilizar a realização da análise desta variável, sobre a área de Cajazeiras-PB, entre 1990 e 2020.

Para prover maior confiabilidade, os resultados de validação dos dados - efetuados conforme metodologia já descrita no Capítulo III - se mostrou satisfatória e, assim, atendeu à demanda.

A Figura 54 apresenta os gráficos de dispersão entre os dados medidos - nas estações do INMET que foram utilizadas para validação - e os estimados pelo TerraClimate, ao passo em que a Tabela 3 lista os resultados do Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ), teste que foi estatisticamente significativo, ao nível estabelecido ($\alpha = 0,05$).

Figura 54: Gráfico de dispersão entre temperaturas medidas e temperaturas estimadas para o recorte temporal 1990-2020, para: (A) Máximas, (B) Médias e (C) Mínimas



Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 3: Resultados dos testes estatísticos de geração do Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ) para validação das temperaturas do ar estimadas pelo TerraClimate

TEMPERATURA	Máxima	Média	Mínima
TOTAL DE OBSERVAÇÕES	808	808	808
CORRELAÇÃO (ρ)	0,879*	0,950*	0,850*

Fonte: Elaboração própria (2024).

Observações: os asteriscos (*) indicam que os resultados alcançaram significância estatística ao nível definido de $\alpha = 0,05$.

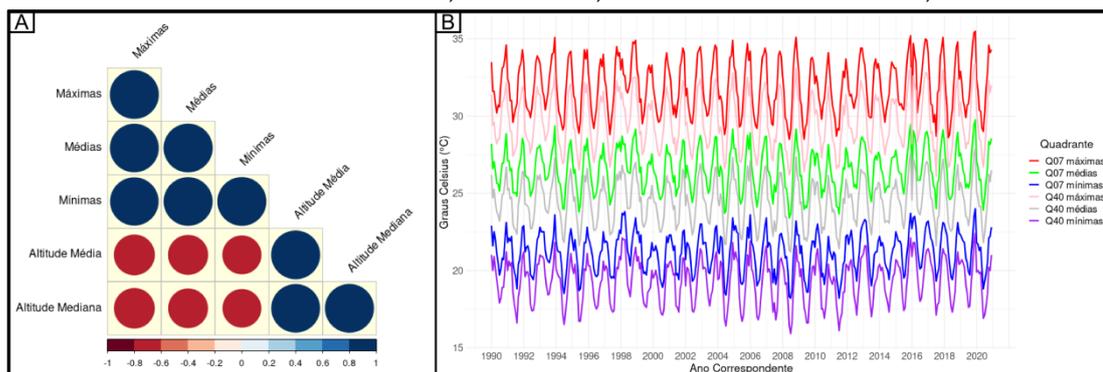
Considerando, ainda, que há influência da altitude nos dados de temperatura do ar, foi empregada uma matriz de correlação de ρ apenas para demonstrar esse comportamento na área de estudo, com base na média e na mediana de altitude dos

40 quadrantes - Q01 a Q40. O resultado da técnica está representado na Figura 55A.

Referida matriz da Figura 55A, reporta correlações inversas, com alto grau de significância, entre altitudes e temperaturas, isto é, há uma tendência de que quanto maiores forem os valores das cotas do referido fator climático (Romero, 2020), menores serão os registros de temperaturas em Cajazeiras.

Com o mesmo sentido, para reforçar a afirmativa, a Figura 55B traz, por intermédio de um gráfico de linhas, as comparações entre as variações das temperaturas mensais identificadas nos quadrantes Q07 e Q40, que são, respectivamente, as parcelas do território estudado, com menor e maior média de altitude, a saber: 260,70 m e 540,85 m.

Figura 55: Influência da altitude nos dados de temperatura estimados pelo TerraClimate, para o Município de Cajazeiras-PB, considerando o recorte temporal 1990-2020 / (A) Matriz de correlação de ρ de temperaturas *versus* altitudes médias e medianas; e, (B) Comparação entre os quadrantes Q07, com altitude média de 260,70 m e Q40, com altitude média de 540,85 m



Fonte: Autoria própria (2024).

Diante disso aplicou-se a regra de Sturges, calcada nas médias altimétricas registradas, para a realização do seu agrupamento em seis classes distintas - de C01 a C06 -, a fim de que estes quadrantes pudessem ser comparados de forma mais equânime, nas análises realizadas após a aplicação do teste de Mann-Kendall. O Quadro 6 detalha o agrupamento resultante da técnica de Sturges.

Considerando que a estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET, instalada no Município de Sousa-PB, é a mais próxima da área em estudo a contar com dados efetivamente medidos - sendo suas falhas preenchidas pelo Estima_T, em concordância com as metodologias de Souza Júnior *et al.* (2024) e Souza Júnior, Lucena e Roque (2024) - os seus registros foram utilizados para realizar

comparações com os valores encontrados em Cajazeiras. Assim, os itens a seguir irão tratar, respectivamente, dos resultados obtidos com os testes de Mann-Kendall e com a aplicação das técnicas dos quantis.

Quadro 6: Agrupamento de quadrantes mediante intervalo das altitudes médias

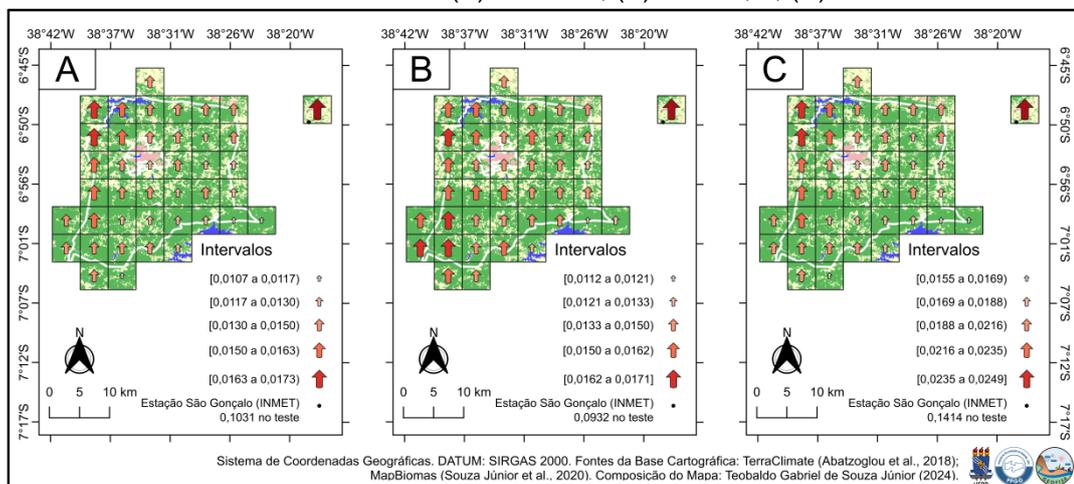
Classe	Intervalo de Altitude Média	Quadrantes Agrupados	Nº de Quadrantes
C01	[260 m a 307 m)	Q01, Q03, Q06, Q07, Q10, Q11, Q12, Q13, Q16, Q17, Q18, Q19 e Q25	13
C02	[307 m a 354 m)	Q02, Q04, Q05, Q08, Q09, Q14, Q15, Q21, Q22, Q23, Q24, Q29 e Q38	13
C03	[354 m a 401 m)	Q20, Q26, Q27, Q28, Q31, Q32, Q33, Q36 e Q37	9
C04	[401 m a 448 m)	Q30 e Q39	2
C05	[448 m a 495 m)	Q34 e Q35	2
C06	[495 m a 542 m]	Q40	1
TOTAL			40

Fonte: Autoria própria (2024).

4.2.1. Análise dos testes de Mann-Kendall

Aplicado individualmente sobre os 40 quadrantes que abrangem o Município de Cajazeiras e adjacências - inclusive na estação meteorológica 82689-São Gonçalo -, o teste de Mann-Kendall apresentou oscilação positiva das temperaturas na área, conforme ilustra a Figura 56.

Figura 56: Tendência de aumento das temperaturas do ar, nos quadrantes de Q01 a Q40 e na estação meteorológica do INMET 82689-São Gonçalo, segundo o Teste de Mann-Kendall, aplicado no intervalo 1990-2020 / (A) Máximas; (B) Médias; e, (C) Mínimas



Fontes da Base Cartográfica: TerraClimate (Abatzoglou et al., 2018); MapBiomias (Souza Júnior et al., 2020). Composição do Mapa: Autoria própria (2024).

O tamanho das setas representadas nos quadrantes da Figura 56, assim como a vivacidade de sua coloração vermelha indicam, conforme resultado do teste, a qual intensidade de aumento eles pertencem, tal qual se discrimina na legenda.

Salienta-se, no entanto que, embora positivos, com exceção dos dados obtidos em 82689-São Gonçalo, os resultados dos testes de Mann-Kendall não alcançaram o nível de significância estabelecido na pesquisa ($\alpha = 0,05$).

Tal situação é passível de ocorrência, consoante conclui a publicação de Fritzsons *et al.* (2023), sobre o efeito do uso e ocupação da terra no clima, baseado na análise dos dados registrados em duas estações meteorológicas distintas, localizadas em Curitiba-PR. A pesquisa citada destaca diferenças significativas, considerando a pequena distância de 16 km entre as fontes geradoras dos dados.

O estudo de Souza Júnior *et al.* (2024), correlacionando a estação meteorológica 82689-São Gonçalo ao uso e ocupação do solo na área destacou, ainda, por intermédio dos testes de *Sen's Slope* (Sen, 1968) - que complementa Mann-Kendall, avaliando a magnitude da inclinação da reta da variação dos dados analisados - e de Pettitt (1979) - que também, complementando os testes anteriores, estima o provável ponto de observação de mudança brusca na série de dados -, a intensidade da oscilação dos dados, conforme alude a Tabela 4 e ilustra a Figura 57.

Tabela 4: Resumo dos resultados dos testes de Mann-Kendall, *Sen's Slope* e Pettitt para o período 1990-2020 na estação 82689-São Gonçalo

Mann-Kendall	<i>Sen's Slope</i>	Pettitt (k)	Pettitt (D)	Pettitt (V1)	Pettitt (V2)	Pettitt (DIF)
Máx = 0,10311040	0,002664277	260	08/2011	33,29463	34,24373	0,94910
Méd = 0,09320628	0,001822186	272	08/2012	26,69078	27,56883	0,87805
Mín = 0,14149670	0,002810789	273	09/2012	21,05817	22,44700	1,38883

Fonte: Souza Júnior *et al.* (2024, p. 922).

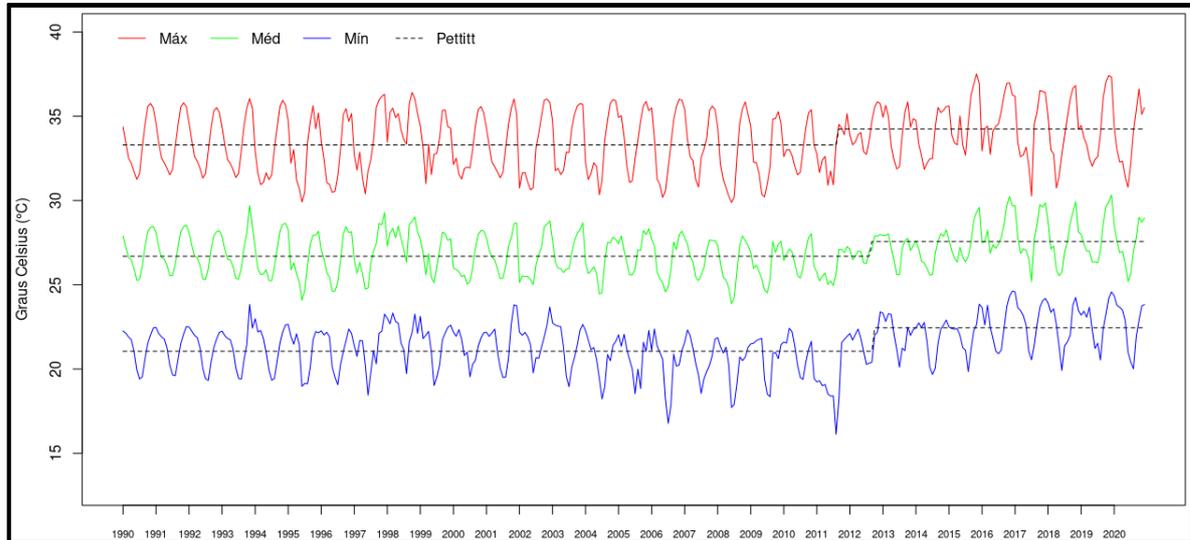
Segundo os autores (Souza Júnior *et al.*, 2024), as

colunas 'Mann-Kendall' e '*Sen's Slope*' destacam os respectivos resultados desses testes, ao passo que a coluna 'Pettitt (k)' apresenta o ponto provável de observação da mudança mais abrupta da série de dados, 'Pettitt (D)' registra mês e ano de observação da referida mudança dentro da série temporal, 'Pettitt (V1)' mostra a média dos valores até o ponto de mudança, 'Pettitt (V2)' a média dos valores após o ponto de mudança e, por fim, 'Pettitt (DIF)' apresenta a diferença encontrada entre a média dos conjuntos de dados de antes e depois da mudança abrupta. (Souza Júnior *et al.*, 2024, p. 922-923)

Na mesma toada do excerto, a Figura 57 ilustra que foi a partir da última década analisada, isto é, entre 2010 e 2020, que ocorreu uma mudança abrupta nos

registros das temperaturas na estação 82689-São Gonçalo, situação que pode apontar para uma possível tendência de aumento desta variável em toda a região.

Figura 57: Série dos dados mensais de temperaturas (máximas, médias e mínimas) da estação 82689-São Gonçalo, com linhas dos testes de Pettitt, de 1990 a 2020



Fonte: Souza Júnior *et al.* (2024, p. 923).

Por exemplo, a observação mapeada na Figura 56 indica que a zona noroeste de Cajazeiras apresentou as maiores elevações no teste de Mann-Kendall, sobretudo quando consideradas as temperaturas máximas e mínimas.

Também é possível inferir que as áreas com as maiores cotas médias de altitude tiveram menor oscilação nos seus resultados, ao passo que na estação 82689-São Gonçalo, cuja cota altimétrica média do quadrante é de 234,32 m - abaixo até mesmo da classe C01 dos quadrantes de Cajazeiras -, obteve o resultado mais expressivo no teste, fato que ajuda a reforçar a influência que o fator exerceu na composição final da temperatura.

Entretanto, salienta-se que outros quadrantes, apesar de suas diferentes médias altimétricas - conforme detalhou o Quadro 6 nas classes de C01 a C06 -, também apresentaram grandes oscilações nos testes, sendo as maiores: nas máximas Q03, Q11 - **C01** -, Q02, Q08, Q09, Q21 - **C02** -, Q20, Q26 e Q27 - **C03** -; nas médias Q08 - **C01** -, Q27 - **C02** -, Q34 e Q35 - **C05** -; e nas mínimas Q02 e Q08 - **C02**.

O detalhamento dos resultados dos testes de Mann-Kendall em todos os quadrantes, e na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, está disponível no Apêndice A.

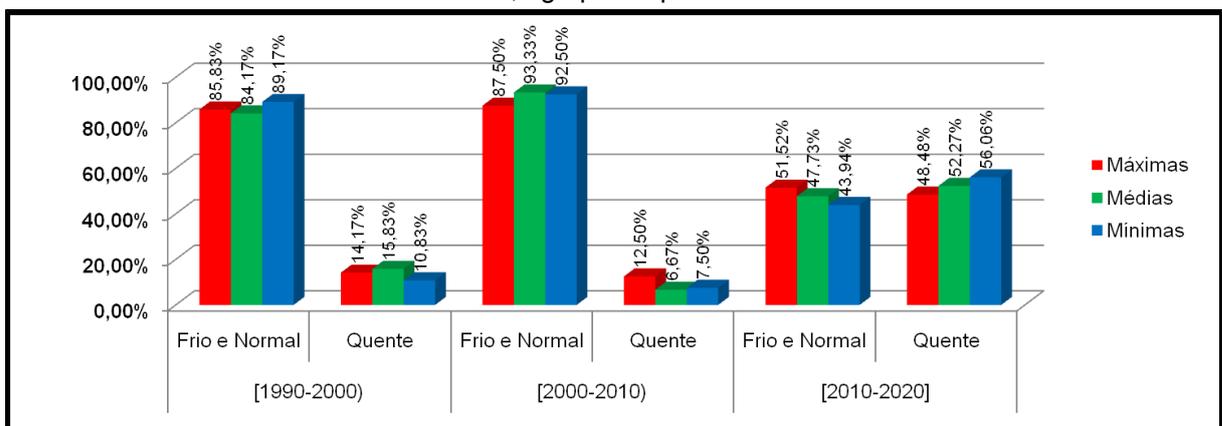
4.2.2. Análise da aplicação do método dos quantis

Considerando a extensa quantidade de amostras, assim como, consoante o item anterior, a representatividade dos resultados já demonstrados, foram escolhidos, para a realização da aplicação do método dos quantis, com o objetivo de se compará-los aos dados gerados mediante a utilização da mesma técnica quantílica sobre temperaturas medidas em 82689-São Gonçalo (Apêndices B, C e D), os três quadrantes que obtiveram os valores mais expressivos nos testes de Mann-Kendall.

Desta maneira, nas temperaturas máximas, médias e mínimas do ar se utilizou, respectivamente, a série de dados de Q09 (Apêndice E), Q35 (Apêndice F) e Q08 (Apêndice G). E ainda, foi utilizado o valor médio obtido das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar, achados para todos os 40 quadrantes - de Q01 a Q40 - que recobrem o polígono estudado (Apêndices H, I e J).

A partir dos mapas de calor - *heat maps* - construídos, foi possível contabilizar o comportamento dos registros classificando-os como “Frio”, “Normal” e “Quente”. A Figura 58, elaborada com a separação por faixas de décadas, ilustra as informações para 82689-São Gonçalo.

Figura 58: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, na Estação 82689-São Gonçalo, do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas



Fonte: Autoria própria (2024).

Tendo em conta que as mudanças climáticas atingem de forma desigual as diferentes áreas do planeta (Mello *et al.*, 2023), os resultados observados a partir da

técnica dos quantis mostraram que, na estação do INMET, dentro do intervalo de 2010 a 2020, ocorreu uma considerável redução das ocorrências de meses com atribuições frias ou normais, ao passo que houve uma ampliação dos registros de meses considerados quentes, tanto nas temperaturas do ar “máximas”, quanto das “médias” e das “mínimas”.

Informa-se que os totais de meses observados foram de 120 para o intervalo “[1990-2000)”, de 120 para “[2000-2010)” e de 132 no interstício “[2010-2020]”. Dito isto, em valores absolutos, enquanto entre 1990 e 2000 as ocorrências dos meses classificados como quentes foram de 17, para as máximas, o total foi de 19, para as médias e de 13, para as mínimas; entre 2000 e 2010 esses valores foram, respectivamente, de 15, 8 e 9; saltando para 64, nas máximas, 69, nas médias e 74, nas mínimas, na última década analisada, 2010 a 2020.

Tais resultados corroboram com estudos como os: de Lima, Menezes e Brito (2010), que encontrou evidências de aumento das temperaturas do ar em praticamente toda a área do nordeste setentrional brasileiro - incluindo o Estado da Paraíba -; de Silva *et al.* (2019), que ao analisar índices de extremos climáticos na Amazônia e no Nordeste do Brasil achou, para este último, maior aumento para a temperaturas e, também, para períodos diurnos e noturnos mais quentes; de Lima *et al.* (2012), que, ao pesquisar as tendências de temperatura para o Município Caicó, semiárido do Estado do Rio Grande do Norte, encontrou evidências de aumento das temperaturas registradas, principalmente das mínimas; e, de Salvador *et al.* (2024), que encontrou indícios de aumento das temperaturas médias para os Municípios de Monteiro e São João do Cariri, ambos localizados na zona semiárida da Paraíba.

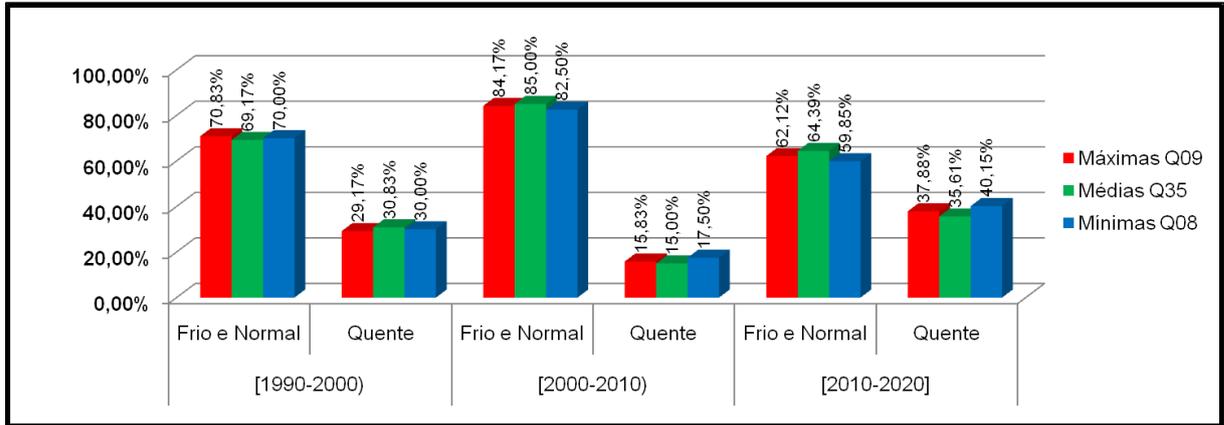
Os resultados da aplicação da mesma técnica dos quantis para os quadrantes de Cajazeiras mais representativos das elevações detectadas por meio do teste de Mann-Kendall, Q09 - máximas -, Q35 - médias - e Q08 - mínimas -, estão sumarizados na Figura 59.

É possível observar que, assim como ocorreu na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, embora em escala um pouco menor, a última década, de 2010 a 2020, apresentou maiores frequências de ocorrências de meses com temperaturas do ar classificadas como “quente” nos quadrantes selecionados.

Os números absolutos da referida classificação - quente - registraram a seguinte frequência, para os respectivos intervalos de 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020: 35, 19 e 50 para o quadrante Q09 - temperaturas máximas -; 37, 18 e 47

para o quadrante Q35 - temperaturas médias -; e, por último, 36, 21, 53 para o quadrante Q08 - temperaturas mínimas.

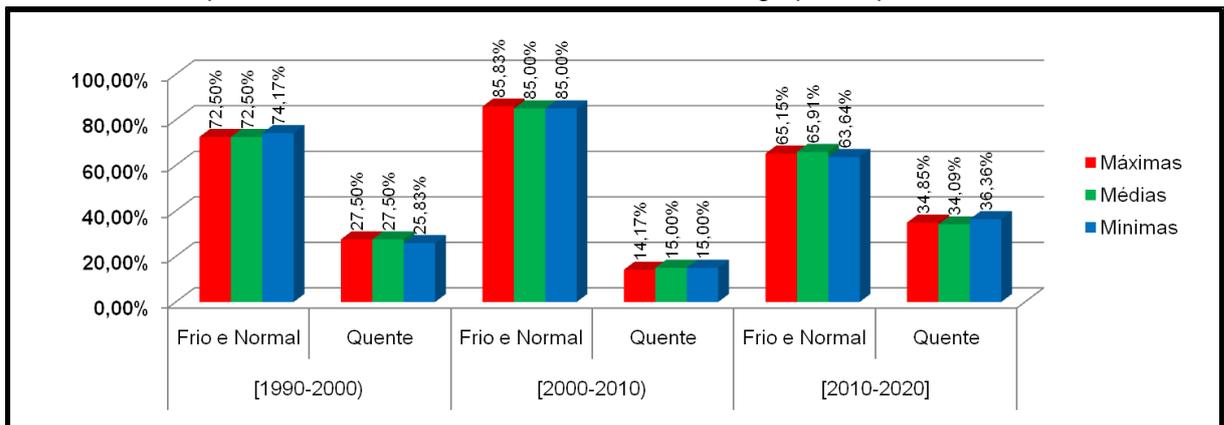
Figura 59: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, para os quadrantes Q09 (máximas), Q35 (médias) e Q08 (mínimas), do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas



Fonte: Autoria própria (2024).

Finalmente, a média aplicada sobre todos os valores das temperaturas do ar - máximas, médias e mínimas - dos 40 quadrantes que recobrem integralmente a área de Cajazeiras e circunvizinhanças imediatas, também apresentou similaridade com os dados anteriores, a qual está representada na Figura 60.

Figura 60: Ocorrência percentual de registros das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) classificadas em “frio”, “normal” e “quente”, para a média dos valores encontrado em todos os 40 quadrantes, do ano de 1990 ao ano de 2020, agrupadas por décadas



Fonte: Autoria própria (2024).

Tomando-se a média geral para esses 40 quadrantes, foram contabilizadas, entre 1990 e 2000, 33 ocorrências de meses com temperaturas máximas quentes;

de 2000 a 2010 o número foi de 17 ocorrências; e de 2010 a 2020, houve um salto para 46.

Nas temperaturas médias, no intervalo 1990-2000 observaram-se 33 meses classificados como quentes; em 2000-2010 foram 18 meses com médias quentes; e, em 2010-2020, verificou-se um total de 45 episódios.

Por fim, quando averiguadas as temperaturas mínimas, o primeiro interstício, 1990-2000, apresentou 31 ocorrências; no intervalo seguinte, 2000-2010, foram 18 observações de temperaturas mínimas consideradas quentes; e, de 2010 a 2020, reportam-se 48 meses com mínimas quentes.

Assim, estes resultados se mostraram coerentes com as demais pesquisas citadas, indicando a tendência de aumento das temperaturas do ar na área estudada, com uma ligeira superioridade apontada pelos valores das mínimas.

Também foi possível constatar o aumento da ocorrência de meses com temperaturas tidas como “quentes”, sobretudo, a partir do segundo semestre dos anos da década 2010-2020.

Diante disso, o tópico a seguir irá tratar dos resultados obtidos com as técnicas de Sensoriamento Remoto - SR para analisar, primordialmente, a Temperatura Superficial Terrestre - TST.

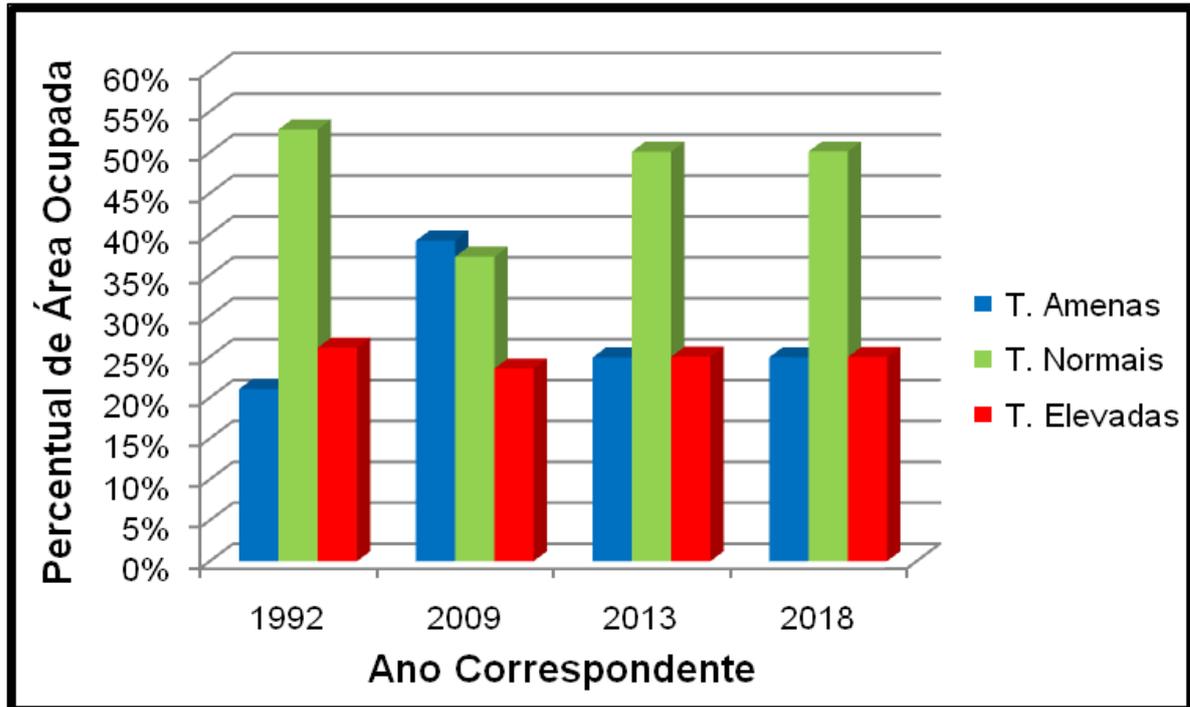
4.3. Temperatura Superficial Terrestre - TST para Cajazeiras e adjacências imediatas

Os arquivos do processamento das imagens dos sensores dos satélites LANDSAT 5 (anos de 1992 e de 2009) e LANDSAT 8 (anos de 2013 e de 2018), para a obtenção das Temperaturas Superficiais Terrestres - TSTs foram agrupados nas faixas denominadas arbitrariamente como: “Temperaturas Amenas”, que compreende o intervalo entre o valor mínimo registrado em cada arquivo e o seu primeiro quartil; “Temperaturas Normais”, contabilizando os registros entre o primeiro e o terceiro quartil; e, “Temperaturas Elevadas”, representando valores acima do terceiro quartil dos arquivos. O gráfico da Figura 61 ilustra o resultado da técnica.

É possível observar, de acordo com a Figura 61, que apenas o ano de 2009 teve considerável discrepância na sua distribuição dos dados uma vez que, em relação aos demais anos (1992, 2013 e 2018), ocorreu uma redução do espaço ocupado pelas “Temperaturas Normais”, acarretando em um aumento da classe

“Temperaturas Amenas”. Tal resposta se deve ao fato de que o ano em questão, 2009, foi bastante chuvoso o que acabou por influenciar na TST, como será mais bem discutido no próximo item.

Figura 61: Área ocupada por faixas de temperaturas definidas de acordo com os resultados dos processamentos das imagens dos sensores dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas



Fonte: Autoria própria (2024).

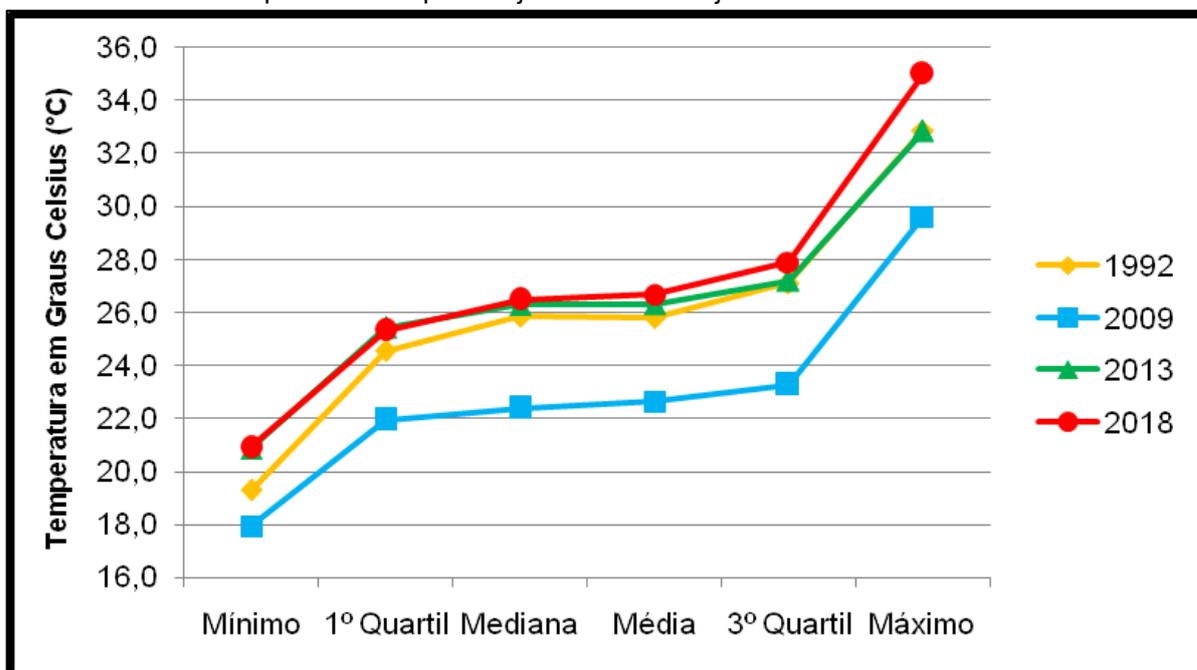
Apesar da pouca variação de ocupação verificada entre as áreas preenchidas pelas classes supramencionadas, os valores absolutos encontrados mostram que entre 1992 e 2018 ocorreu um leve aumento das temperaturas, as quais vão desde os valores mínimos até os máximos encontrados nas imagens, conforme apresenta a Tabela 5, e ilustra a Figura 62.

Tabela 5: Valores de temperaturas de superfície (°C) encontrados nas imagens processadas para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas

ANO	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Amplitude
1992	19,29	24,55	25,83	25,79	27,10	32,87	13,58
2009	17,93	21,95	22,39	22,64	23,26	29,61	11,68
2013	20,85	25,43	26,29	26,32	27,20	32,84	11,99
2018	20,90	25,32	26,48	26,66	27,88	35,00	14,10
Dif. 2018-1992	1,61	0,77	0,65	0,87	0,78	2,13	0,52

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 62: Gráfico dos valores de temperaturas de superfície (°C) encontrados nas imagens processadas para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas



Fonte: A autoria própria (2024).

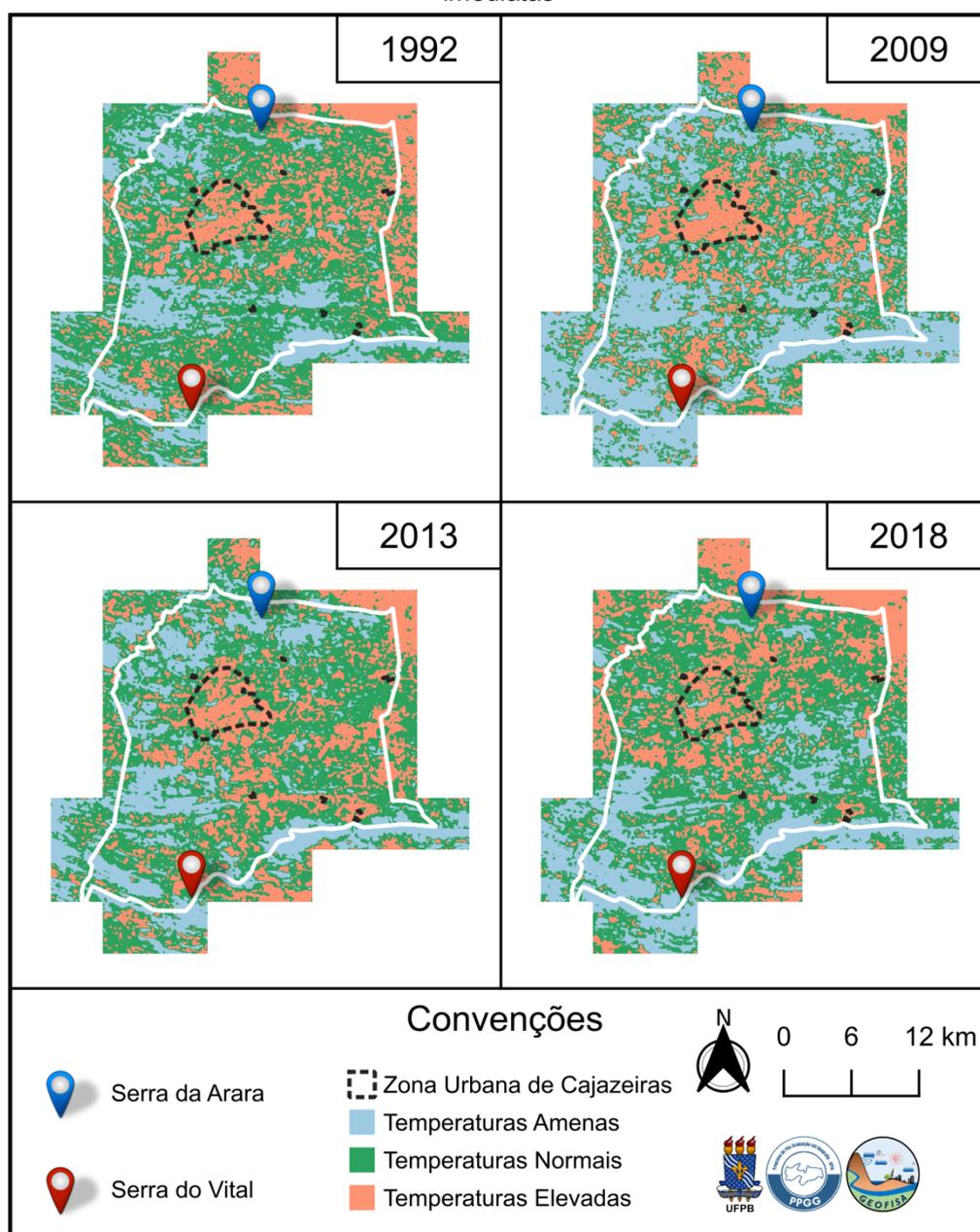
A espacialidade dos dados pode ser observada na Figura 63, onde é possível verificar que a Zona Urbana de Cajazeiras sempre figura como área de “Temperaturas Elevadas”, ao passo que a outras duas classes, “Temperaturas Amenas” e “Temperaturas Normais”, também praticamente se mantêm nos mesmos espaços, com algumas oscilações perceptíveis, sendo uma delas a porção noroeste adjacente ao Município.

É ainda possível perceber que houve um aumento das temperaturas classificadas como “Normais” na Zona Urbana, implicando na diminuição das manchas enquadradas como “Temperaturas Elevadas”, na mesma localidade, diante disso é importante frisar alguns pontos. As temperaturas de superfície obtidas pela técnica do Sensoriamento Remoto refletem a condição de um determinado instante, em toda uma área, e isso pode ser afetado, por exemplo, por algum foco de incêndio que porventura possa estar ocorrendo no momento do registro.

Para além da situação elencada, a divisão nas classes de Temperaturas em “Amenas”, “Normais” e “Elevadas” se dá pela comparação do todo relativo a aquele próprio instante, portanto, os resultados (Tabela 5 e Figura 62) mostraram que, quando defrontados 1992 a 2018, aconteceu um incremento em todas as faixas

estipuladas, demonstrando que não é que as temperaturas da Zona Urbana reduziram e sim que na Zona Rural o acréscimo foi ainda maior.

Figura 63: Espacialização das faixas de temperaturas de superfície, definidas de acordo com os resultados dos processamentos das imagens dos sensores dos satélites LANDSAT 5 (imagens de 1992 e de 2009) e LANDSAT 8 (imagens de 2013 e de 2018), para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas



Fonte: Autoria própria (2024).

O próximo tópico é dedicado a avaliação entre a correlação do uso e cobertura do solo e as temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) e de superfície.

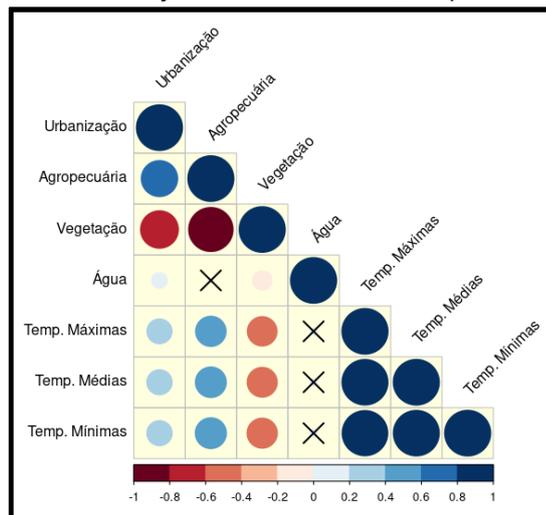
4.4. Correlações estatísticas entre uso e cobertura do solo e temperaturas

Ponderando-se que foi possível constatar mudanças de uso e cobertura do solo em Cajazeiras e, também, oscilações nos seus dados de temperaturas, tanto do ar (máximas, médias e mínimas) quanto de superfície, agora se apresentam os resultados das análises que visaram encontrar a correlação entre esses dois seguimentos.

4.4.1. Uso e cobertura do solo e temperaturas do ar

A montagem da matriz de correlação de Spearman (ρ), apresentada na Figura 64, com 1.240 observações - sendo uma para cada um dos 40 quadrantes, de Q01 a Q40, multiplicados pelos valores anuais obtidos a partir de 31 anos de dados de temperaturas -, se mostraram com alta significância estatística, ao nível definido de $\alpha = 0,05$, entre quase todas as variáveis, exceto aquelas que estão marcadas com um "X".

Figura 64: Matriz de correlação de Spearman entre uso e cobertura do solo *versus* temperaturas do ar para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas, no período de 1990 a 2020



Fonte: Autoria própria (2024).

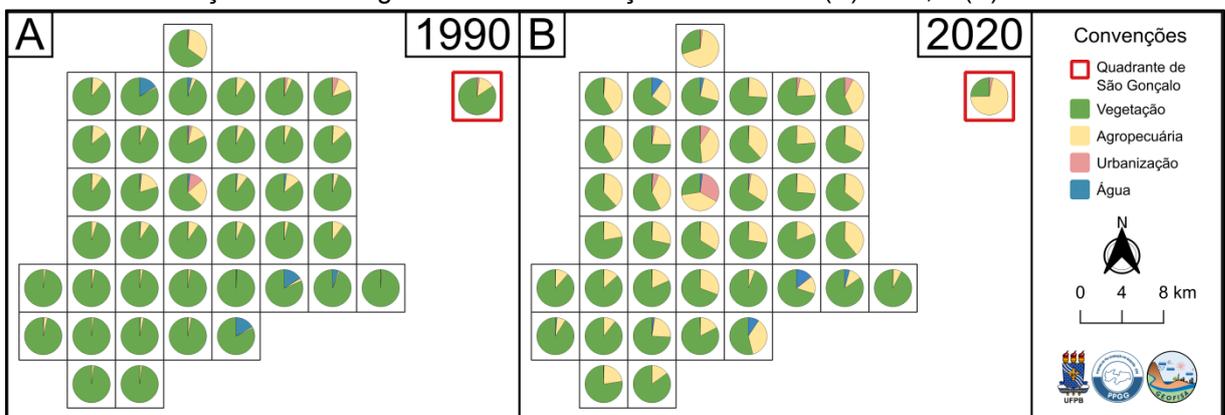
Corroborando com os resultados do trabalho de Souza Júnior *et al.* (2024), que realizou procedimento análogo, considerando, porém, somente os dados medidos na estação meteorológica 82689-São Gonçalo, constata-se que os

coeficientes de ρ apresentaram um bom nível de significância para as correlações entre as temperaturas do ar “Máximas”, “Médias” e “Mínimas” e as classes “Urbanização”, “Agropecuária” e “Vegetação”. Sendo positivas com as duas primeiras e negativas com a última, isto é, há indício de que quanto maiores forem as áreas destinadas à expansão urbana, ou para implantação das atividades agropecuárias, mais altas tendem a ser as temperaturas; ao passo que, áreas vegetadas são propensas à diminuição desses índices.

Por sua característica específica, na área de estudo em tela - Cajazeiras-PB -, a classe “Água” apresentou correlações com pouca significância estatística com “Agropecuária”. Além disso, as correlações entre “Água” e as temperaturas do ar - “Máximas”, “Médias” e “Mínimas” - diferem, pelo mesmo motivo já elencado - especificidade da área em questão -, dos resultados obtidos pela investigação de Souza Júnior *et al.* (2024).

Considerando os resultados obtidos no presente trabalho e no de Souza Júnior *et al.* (2024) citado, ao se observar o contraste das modificações das classes de cobertura do solo ocorridas no intervalo 1990-2020, inclusive na localidade onde se encontra instalada a estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET (Figura 65), pode-se afirmar que houve variação positiva das temperaturas do ar e que estas, diante das respostas oriundas da aplicação das técnicas estatísticas, muito provavelmente também foram influenciadas pela dinâmica de uso e cobertura do solo.

Figura 65: Gráficos de setores ilustrando o contraste das modificações das classes de cobertura do solo nos 40 quadrantes de Cajazeiras e adjacências imediatas e no quadrante de localização da estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET / (A) 1990; e (B) 2020



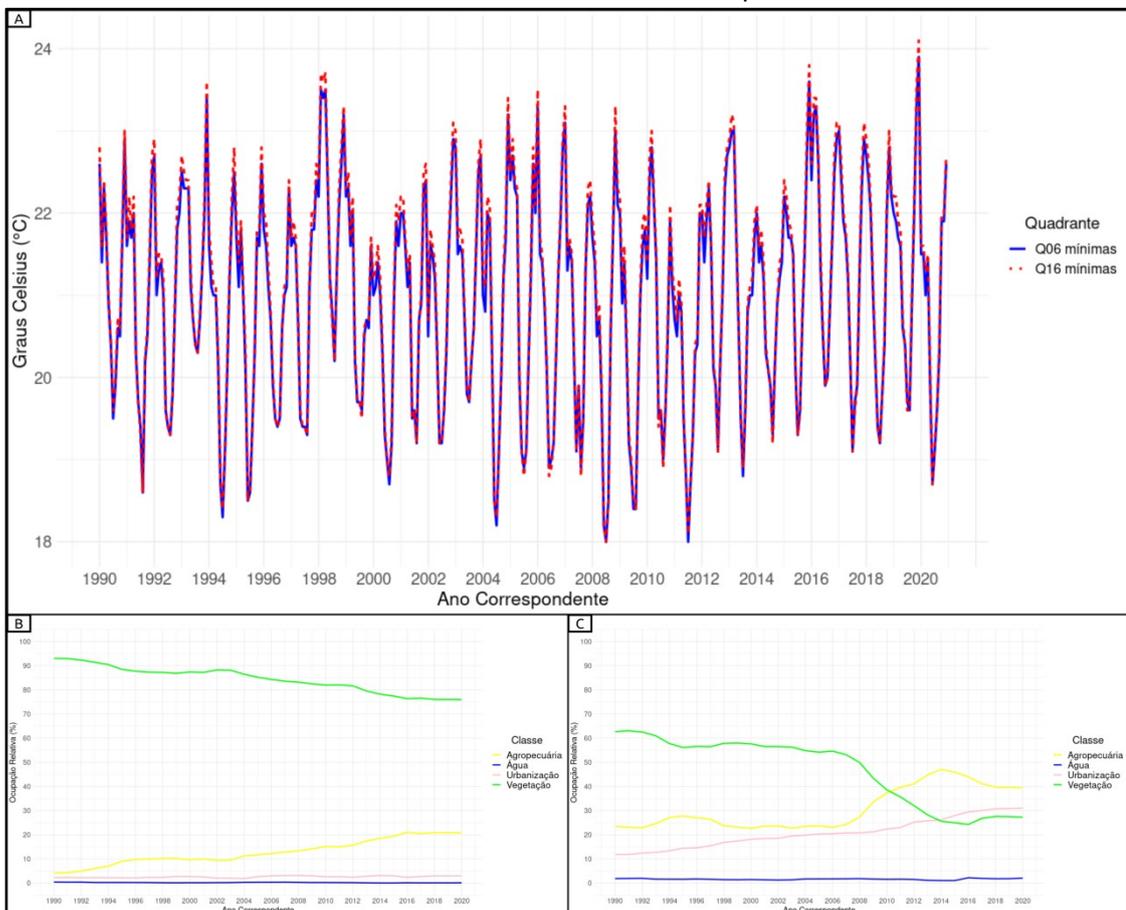
Fonte: Autoria própria (2024).

Ainda no tocante às modificações da cobertura do solo, foram analisadas as áreas que apresentaram os maiores contrastes. É possível visualizar tais mudanças de uso e cobertura, e os seus comportamentos correspondentes, em cada um dos 40 quadrantes, entre os anos de 1990 e 2020, verificando-se os gráficos disponibilizados no Apêndice K.

A partir disso, observaram-se, em várias dessas comparações, oscilações sutis nos picos das temperaturas do ar “Máximas”, “Médias” e, sobretudo, nas “Mínimas”.

Para ilustrar a afirmação, a Figura 66A retrata as temperaturas mínimas comparadas nos quadrantes Q06 e Q16 - Figuras 66B e 66C -, ambos com dinâmicas distintas do uso do seu solo e intervalo das cotas altimétricas médias entre 260 m e 307 m - Classe “C01”, conforme consta no anteriormente apresentado Quadro 6, de agrupamento de quadrantes, mediante intervalo das altitudes médias.

Figura 66: (A) Comparação das temperaturas mínimas entre os quadrantes Q06 e Q16; (B) Comportamento das classes de uso e cobertura do solo no quadrante Q06; e, (C) Comportamento das classes de uso e cobertura do solo no quadrante Q16



Fonte: Autoria própria (2024).

Uma vez constatado que, na área de estudo, há influência da cobertura do solo sobre as temperaturas do ar, o subtópico a seguir irá tratar de analisar os resultados provenientes da comprovação da correlação existente entre essa variável, com a Temperatura Superficial Terrestre - TST.

4.4.2. Uso e cobertura do solo e temperaturas de superfície

Com o processamento dos dados provenientes do Sensoriamento Remoto - SR, refletindo-se que tal técnica realiza simultaneamente a captação da resposta espectral de uma grande área em um mesmo instante, foi possível realizar os testes de correlação de forma mais direta, ou seja, comparou-se parcela por parcela de representação da superfície dos mais de 860 km² de área investigada.

O procedimento, portanto, foi feito sobre pouco mais de 910 mil porções medindo 30 m x 30 m (900 m²), que recobrem a totalidade do território de Cajazeiras e suas adjacências imediatas.

Por também não apresentarem distribuição normal, consoante averiguação dada mediante aplicação do teste de Shapiro-Wilk, prosseguiu-se empregando o método não paramétrico de correlação de Spearman (ρ).

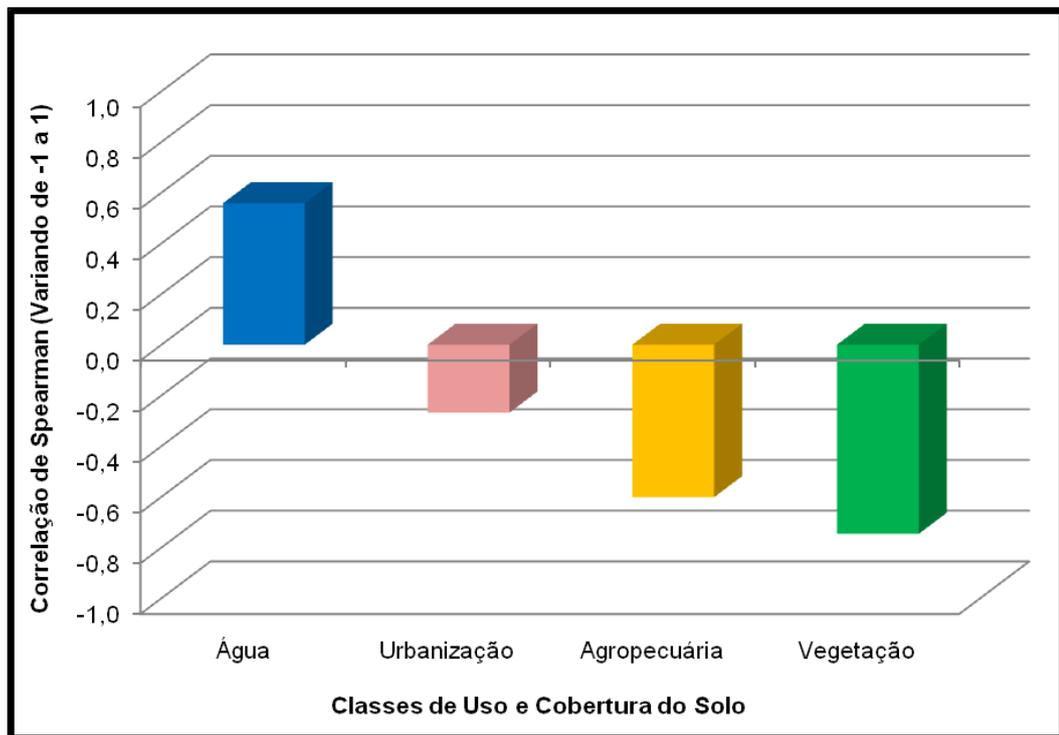
Em consonância com o trabalho de Maffioletti *et al.* (2021), os dados apresentaram correlações significativas entre o NDVI e a TST, contudo, enquanto a pesquisa citada utilizou pontos amostrais, em localidades aleatórias, dentro dos limites do Município de Jerônimo Monteiro-ES, sem considerar o tipo de uso do solo, nos procedimentos desta tese toda a área foi analisada com distinção específica entre as classes de cobertura superficial.

É importante ressaltar que, em todas as imagens processadas, as classes “Urbanização”, “Agropecuária” e “Vegetação” demonstraram correlação inversa, ou seja, quanto maiores foram seus valores no NDVI, menores tenderam a serem os dados de TST; ao tempo em que a correlação da classe “Água” foi direta, como ilustra a Figura 67, montada com base nos resultados do processamento da imagem de 22 de junho de 2018.

A resposta positiva de correlação da “Água” entre o NDVI e o TST se deve ao fato de que, diferentemente da “Vegetação”, esse elemento absorve tanto a energia captada pela banda do vermelho quanto a do infravermelho próximo no âmbito do

espectro eletromagnético, o que gera valores inversos entre essas duas classes, no NDVI; ao passo que, devido ao alto calor específico da “Água” - demanda de energia utilizada para a mudança de estado - tal elemento absorve bem o calor, ajudando a mitigar variações extremas.

Figura 67: Correlação de Spearman entre as classes definidas na pesquisa e suas respectivas respostas de NDVI e TST para a imagem de 22 de junho de 2018, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas



Fonte: Autoria própria (2024).

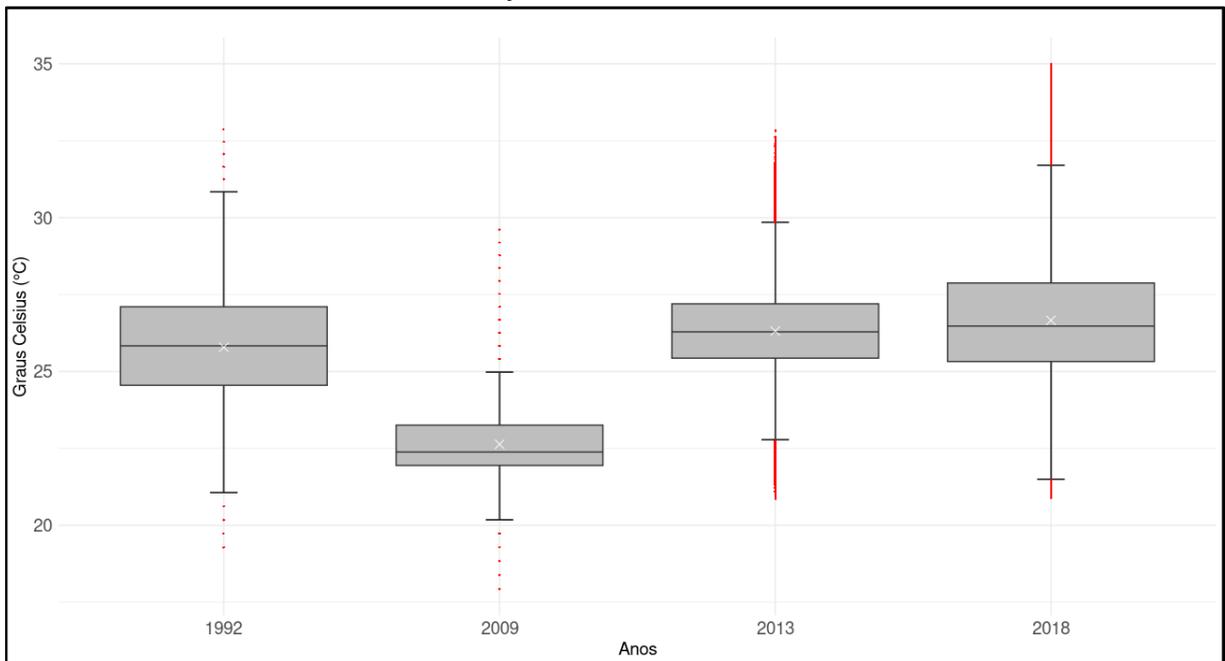
Ou seja, grandes porções de água superficiais, como é o caso do “Açude Grande” que está posicionado no interior da zona urbana de Cajazeiras, proporcionam menores temperaturas, tanto do ar - conforme conclui o trabalho de Saraiva e Caracristi (2022) -, quanto de superfície - como se depreende da pesquisa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

De forma geral, quando analisada a integralidade da variação das TSTs registradas nas imagens processadas - 1992, 2009, 2013 e 2018 - sem considerar as classes, há indícios de aumento da temperatura, conforme ilustram os *boxplots*ⁱ apresentados na Figura 68.

É possível verificar que em 2009 ocorreu uma queda nos valores de TST encontrados. Isso se deu, basicamente, porque naquele ano, em comparação com

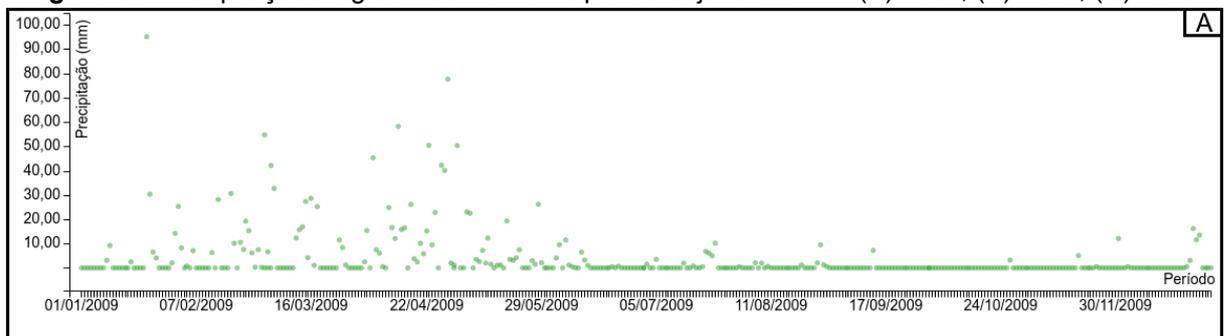
os demais - especificamente com 2013 e 2018 uma vez que os dados para 1992 não foram localizados -, ocorreram chuvas consideráveis (Figura 69), com alguns episódios quase atingindo o volume de 100 mm, para um total acumulado de 1535,60 mm no ano (AESAs, 2024), onde a média anual histórica de precipitação é em torno de 800 mm, fato que estimulou a elevação da atividade fenológica, acarretando o aumento da resposta ao NDVI e, assim, a redução das temperaturas superficiais.

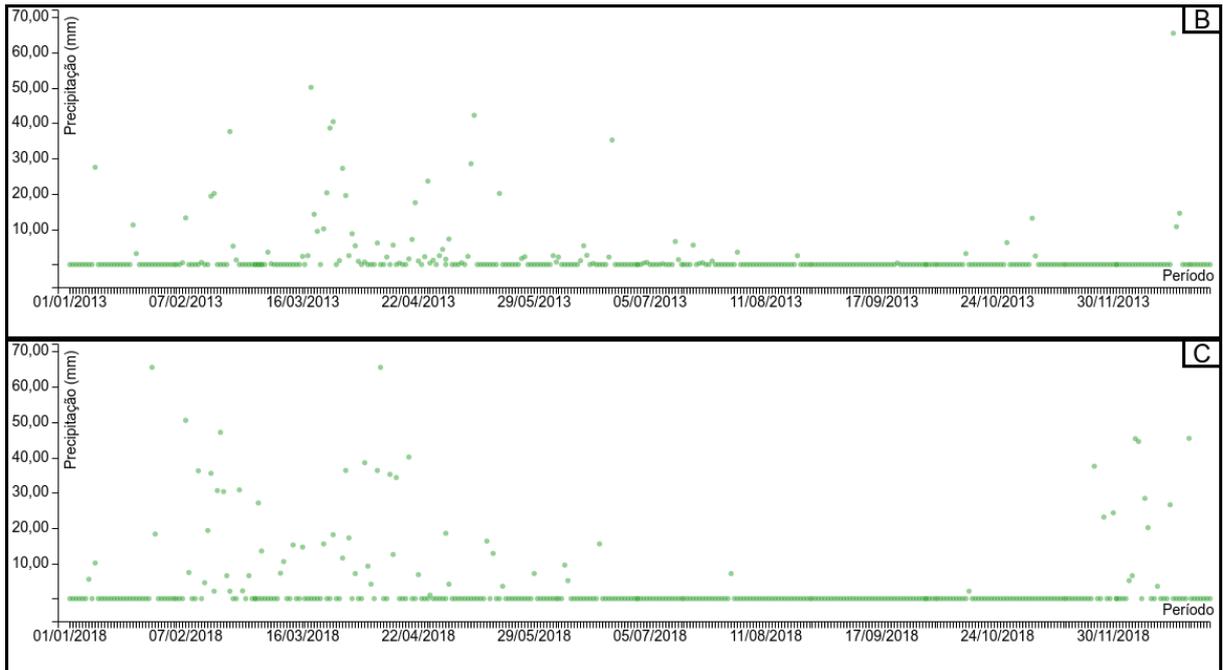
Figura 68: *Boxplots* com as variações de TST observadas no processamento das imagens de satélites nas datas de 14/06/1992, 29/06/2009, 24/06/2013 e 22/06/2018, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 69: Precipitações registradas no Município de Cajazeiras-PB / (A) 2009; (B) 2013; (C) 2018

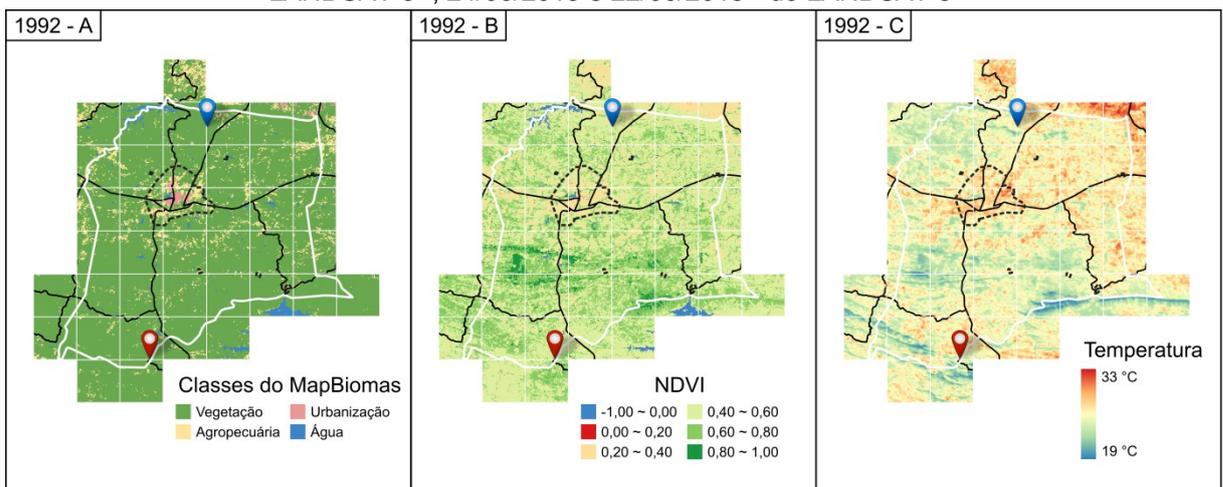


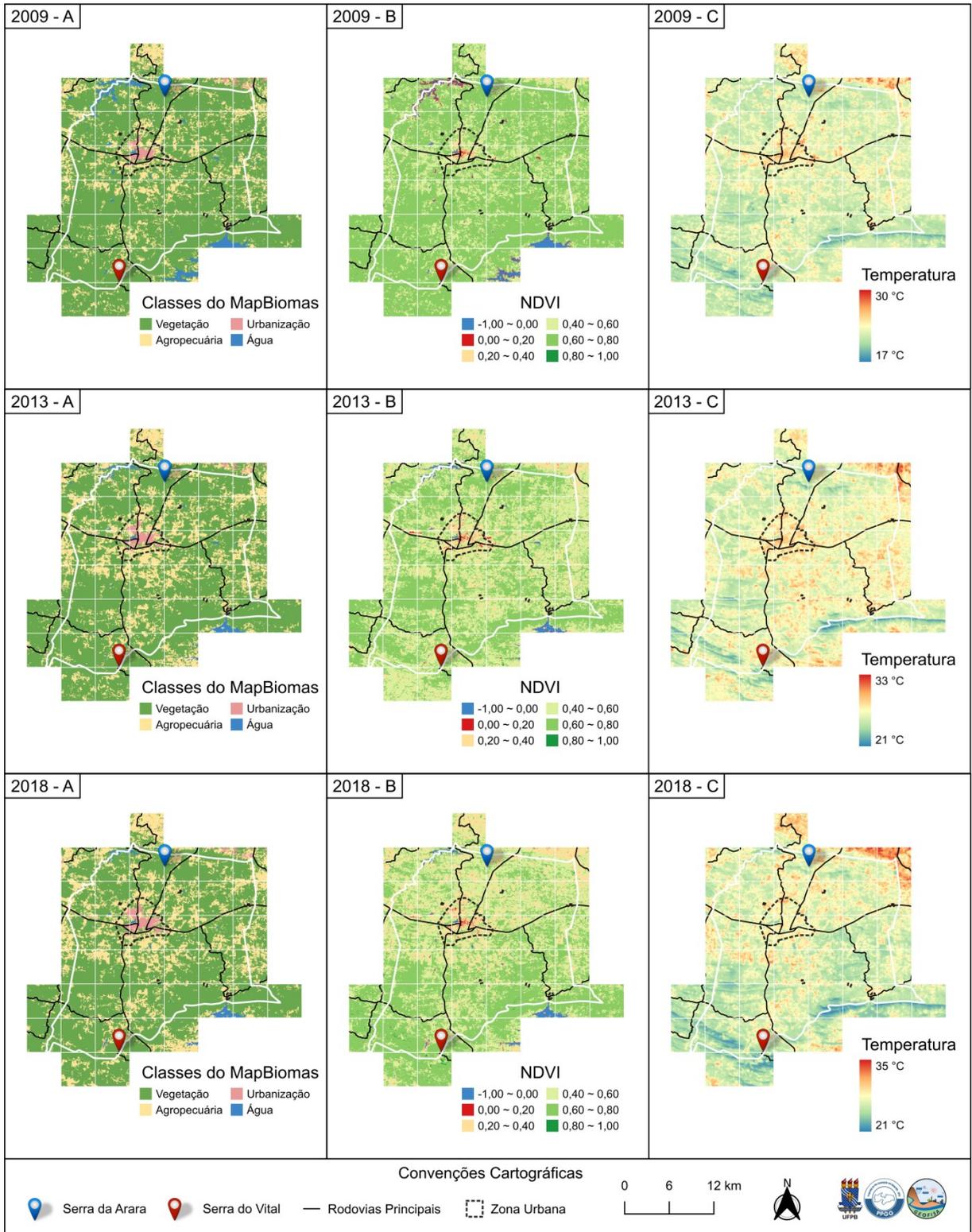


Fonte: AESA (2024).

Os mapas apresentados na Figura 70 mostram a distribuição espacial da classificação do solo pelo MapBiomas nos anos selecionados, e as suas respectivas respostas de NDVI e TST.

Figura 70: Imagens de comparação, para a área de Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas, entre: (A) classes do solo, obtidas a partir do processamento dos arquivos do MapBiomas; (B) NDVI; e, (C) TST, ambas obtidas com o processamento das imagens de 14/06/1992, 29/06/2009 - do LANDSAT 5 -, 24/06/2013 e 22/06/2018 - do LANDSAT 8





Fonte: Autoria própria (2024).

A natureza contínua das variáveis, assim como capilarização das mesmas por toda extensão do espaço municipal, permite concluir que a área norte, junto com a zona urbana, são as porções com as maiores temperaturas, sendo que o extremo nordeste se apresentou, em todas as imagens, com altas temperaturas, ao mesmo

tempo em que o extremo norte e, sobretudo, o extremo noroeste, passaram por conversões paulatinas da classe “Vegetação” para a classe “Agropecuária”, as quais foram acompanhadas pelo aumento no registro da sua TST, em comparação com outros quadrantes mais bem preservados e, portanto, menos modificados pelas atividades humanas.

Com o intuito de melhor interpretar os dados de TST, cada porção de terra, a partir de sua classificação, consoante processamento dos arquivos do MapBiomias, foi contabilizada, resultando na quantidade de observações discriminadas pela Tabela 6.

Tabela 6: Contabilização do número de observações das porções de terra, com 900 m² da área cada, por classe de uso e cobertura do solo, conforme processamento de dados do MapBiomias, para Cajazeiras-PB e adjacências imediatas

CLASSE / DATA	14/06/1992	29/06/2009	24/06/2013	22/06/2018
Vegetação	823.053	710.229	662.346	647.176
Agropecuária	71.251	171.484	229.993	242.483
Água	13.766	21.278	9.356	9.081
Urbanização	5.632	10.711	12.007	14.962
TOTAL	913.702	913.702	913.702	913.702

Fonte: Elaboração própria (2024).

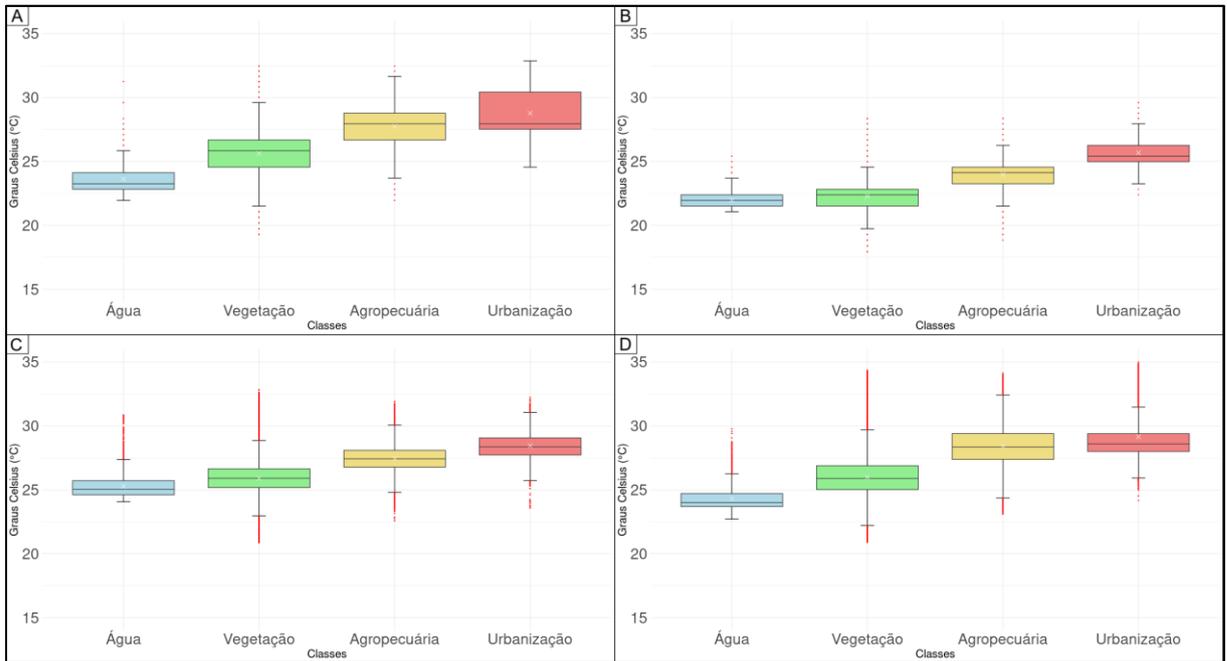
A partir dessas observações foram montados os *boxplots* da Figura 71, responsáveis por ilustrarem o comportamento da TST, por classe definida, em cada uma das imagens processadas.

É possível perceber, conforme compreensão acerca da Figura 71, que as classes “Água” e “Vegetação” sempre mantêm faixas de TST abaixo daquelas constatadas nas classes “Agropecuária” e “Urbanização”, em um mesmo instante.

Os valores discrepantes, ou *outliers*, são explicados por fatores como altitude, que também exerce influência sobre as TSTs - consoante demonstra a matriz de correlação de Spearman exemplificada na Figura 72 - e outros motivos como: *pixels* dos arquivos dos sensores dos satélites localizados em áreas de limite entre duas ou mais classes, exposição de vertentes, dentre outras razões não discutidas aqui.

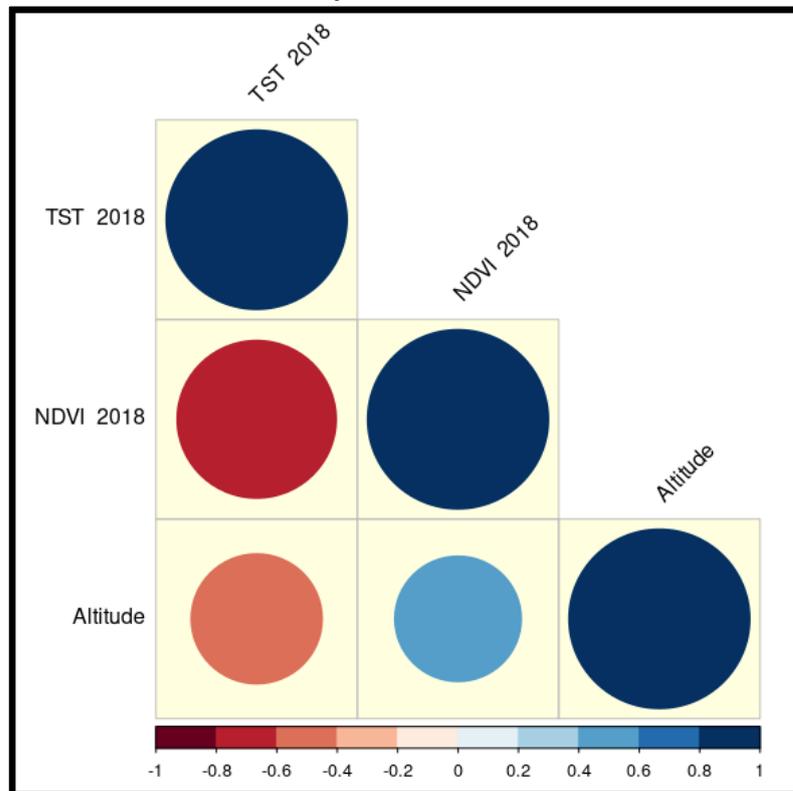
Portanto, fica patente que as zonas com maior interferência das atividades humanas, em Cajazeiras, coincidem com as que registraram os maiores valores de temperaturas.

Figura 71: *Boxplots* com as variações de TST, por classe de uso e cobertura do solo, nas imagens trabalhadas para Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas / (A) 14-06-1992; (B) 29-06-2009; (C) 24-06-2013; (D) 22-06-2018



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 72: Matriz de Correlação de Spearman (ρ), da imagem de 22/06/2018, montada para ilustrar a correspondência entre TST, NDVI e os valores de altitude da área de análise, para Cajazeiras-PB e suas adjacências imediatas



Fonte: Autoria própria (2024).

Nesse quesito, os resultados apresentados encontram ressonância junto à pesquisa de Guilherme *et al.* (2020) que, ao relacionar aspectos de uso e cobertura do solo em Coari-AM, destacou a relevância da cobertura vegetal nos padrões de distribuição de energia, mediante a sua alta capacidade refletiva - albedo -, até em áreas com grandes índices de urbanização.

Já na investigação de Cruz *et al.* (2023), sobre a temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea e Cabrália Paulista, ambos Municípios do Estado de São Paulo, também foi identificado que as áreas urbanas apresentaram elevados TSTs, em comparação com as áreas de vegetação natural ou aquelas reflorestadas, mas em desenvolvimento.

Ainda de acordo com os autores (Cruz *et al.*, 2023), locais de pós-colheita - que provocam maior exposição do solo -, com plantio mais recente, ou recobertos por pastagens, tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, superiores até mesmo do que os valores identificados em alguns dos pontos urbanos.

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

4.5. Alinhavando os resultados à teoria

Há tempos o conhecimento científico sobre o clima chegou à conclusão de que este, assim como os seus fatores e elementos - tais quais os demais fenômenos existentes no mundo e, quiçá, no universo -, não é estático. Dessa forma, pode-se conceber o ente climático como um sistema já que, consoante a teoria de Bertalanffy (2010, p. 315), sua definição seria “um conjunto de elementos em inter-relação mútua e com o meio ambiente”.

Porém, enquanto Bertalanffy concebe o sistema a partir da ênfase ao todo - holismo - a teoria da complexidade, proposta por Morin (1977; 2005), também analisa a parte, sua integração e sua subordinação ao sistema. Nesse sentido, além

de sistêmico, o clima é complexo, já que traz informações em partes que “submetem o” ao mesmo tempo em que estão “submetidas ao” todo; e que, portanto, refletem e são refletidas neste “todo”.

Dito isso, o estudo focou nos dados de “uso e cobertura do solo” e de “temperaturas” que, pelos princípios “Hologramático”, “Recursivo” e “Dialógico”, postulados pela teoria da complexidade (Morin; 2005), podem se articular segundo as exemplificações a seguir.

Pelo princípio “Hologramático” é possível conceber que cada tipo de cobertura do solo - “Vegetação”, “Agropecuária”, “Urbanização” e “Água” -, contém aspectos que refletem o estado do clima e influenciam todo o sistema climático. Por exemplo, enquanto a “Vegetação” absorve gás carbônico ou promove a evapotranspiração, ajudando a regular a temperatura global, as áreas de “Urbanização”, por suas superfícies impermeáveis e materiais característicos, aquecem mais rapidamente, e ajudam a expressar a ocorrência das mudanças climáticas. Assim, cada “parte” do sistema de cobertura do solo carrega informações sobre o “todo” climático. Essa interligação faz com que as alterações locais na cobertura da superfície exerçam impacto nos padrões climáticos de outras escalas e vice-versa.

Já conforme o princípio “Recursivo” é possível conceber que as interações entre clima e cobertura do solo também formam um ciclo onde causa e efeito se retroalimentam. Para ilustrar toma-se o exemplo de que, quando uma área de “Vegetação” é desmatada para dar lugar a “Agropecuária”, ocorre liberação de carbono e diminuição dos processos de evapotranspiração, o que contribui para o aquecimento global. Esse aquecimento, por seu turno, pode conduzir a secas ou ondas de calor que dificultam a regeneração da “Vegetação” original, promovendo mais desmatamento. Assim, mudanças na cobertura do solo influenciam o clima, que depois torna a reforçar essas mudanças no solo em um ciclo contínuo, perpetuando o desequilíbrio ecológico.

Ao passo que, o princípio “Dialógico”, destaca as tensões entre uso do solo para “Agropecuária” ou “Urbanização” e a necessidade de conservar a “Vegetação” nativa para colaborar na manutenção do equilíbrio climático inerente à localidade. Em regiões de expansão “Agropecuária”, por exemplo, o incremento na produção de alimentos pode gerar benefícios econômicos para um grupo de pessoas, mas a um custo de aumentar emissões de carbono, e de reduzir a evapotranspiração e a capacidade de regulação climática natural da “Vegetação”. A conservação de áreas

naturais e o uso intensivo do solo são forças opostas que, paradoxalmente, coexistem e são necessárias. Esse equilíbrio entre desenvolvimento agrícola e conservação é essencial para manter o clima em um estado de maior estabilidade.

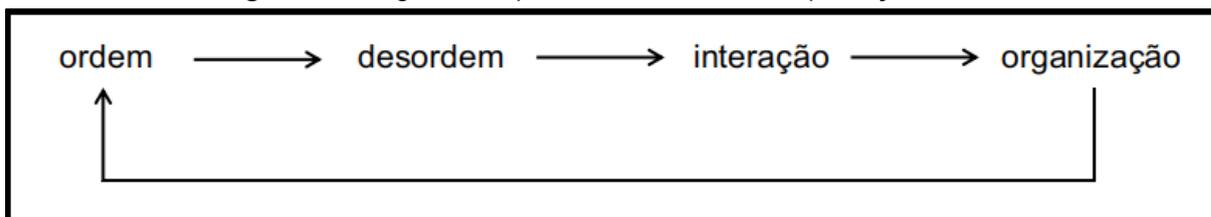
Ante o exposto, se for certo que o planeta, em seu percurso “histórico-temporal” ocasiona, de maneira natural e espontânea, alterações climáticas (Teodoro; Amorim, 2008), também é coerente supor que as atividades dos seres vivos, inclusive da humanidade, auxiliam nesses incrementos. Destaca-se que não está sendo discutida aqui a existência de um “fator antrópico” que, especificamente, opõe natureza e sociedade, conforme problematiza Lima (2015), e que tão somente admite-se a ação antrópica como inevitável parte colaboradora de tais processos.

É também razoável supor que, ao se tomar a hipótese de Gaia - popularizada por Lovelock (1992) -, como uma ideia válida, o clima, por tratar-se de um sistema, também componente de outro sistema planetário maior, consoante a superposição de sistemas descrita por Morin (1977), tem sua existência mantida pela ordem dos desequilíbrios de suas partes já que, aquilo que é vivo, apesar de ter finalidade obscura, ambígua e incerta, “só pode existir com desordem e ruído, numa relação complementar, concorrente e antagônica” (Morin, 1977, p. 260), sendo, portanto, recursiva e autopoietica (Caracristi, 2007).

Deste modo, nas palavras de Caracristi

A razão do “ser” climático provém de uma racionalidade complexa, principalmente por se tratar de um sistema que “não se oferece a nós na experiência sensível”, como uma árvore ou um rio. Ele está na árvore e no rio e estes estão nele. Só podemos sabê-lo através de uma abstração teórica, que são seus elementos e fatores. (Caracristi, 2007, p. 108)

Tal colocação encontra ressonância em Sant’Anna Neto (2002), ao provocar que o clima, mais do que um fato, é uma teoria que está longe de funcionar de acordo com uma causalidade linear. Portanto, Morin (1977) seria coerente e preciso ao idealizar o anel de co-produção mútua (Figura 73) que envolve os termos “ordem”, “desordem”, “interação” e “organização” - que se conduz novamente à situação de “ordem”. A título ilustrativo toma-se um ambiente semiárido e, portanto, ordenado que, a partir da desordem dos seus componentes-partes, provoca novas interações que irão transmutar a sua condição para um ambiente árido, gerando uma nova organização e, com isso, uma nova ordem em um ciclo *ad aeternum*.

Figura 73: Diagrama esquemático do anel de co-produção mútua

Fonte: Morin (1977, p. 55).

A extrapolação desse último conceito teórico apresentado permite dizer que, mediante os resultados das análises dos dados havia, na área de estudo, uma condição de “ordem” preliminar que, por meio da ocupação da superfície, acarretou uma “desordem”, refletida pelo clima e expressa por meio das temperaturas (máximas, médias e mínimas do ar e de superfície) o que, possivelmente, está ocasionando novas “interações” entre os elementos contidos no ambiente, os conduzindo a uma nova “ordem”.

Em suma, os resultados encontrados e apresentados para o Município de Cajazeiras-PB não se pretendem herméticos, mas, ao contrário, procuram fomentar novas discussões e pesquisas que possam enriquecer e complexificar ainda mais a temática, mediante o envolvimento de novos aspectos que vão além da climatologia ensimesmada, como aponta o item de encerramento do capítulo, a seguir.

4.6. Lacunas e sugestões para futuras pesquisas

Pode-se considerar como bem-sucedida aquela pesquisa que não só “buscou responder ao(s) questionamento(s) que a norteou(nortearam)” como, também, a que, ao longo do seu percurso, “abriu caminho para estudos subsequentes”. Neste quesito acredita-se que ambas as metas foram atingidas.

Se por um lado as dúvidas com relação às modificações de uso e cobertura do solo em Cajazeiras-PB; às variações das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar e de superfície; e, às respectivas correlações de temperaturas *versus* cobertura do solo foram, dentro do intervalo de 1990 a 2020, esclarecidas; por outro lado, novas dúvidas surgem e podem ser exploradas com estudos complementares.

No âmbito governamental, há a possibilidade de se verificar o que vem sendo feito para que legislações pertinentes à preservação e à conservação ambiental sejam elaboradas e/ou seguidas no Município, de forma a proteger a sua vegetação

de Caatinga remanescente e revitalizar áreas já desmatadas além do limite normatizado.

Dentro das ciências sociais é possível: aprofundar os entendimentos sobre quais são os atores que mais contribuem com o desmatamento e a consequente construção e apropriação do espaço da localidade, compreender como aqueles que menos contribuem são impactados direta ou indiretamente pelo fenômeno, além de analisar como a riqueza econômico-financeira gerada é distribuída.

Na esfera das ciências agrárias é possível estudar os impactos diretos da velocidade do desmatamento, sobre a condição do solo e seus potenciais núcleos de desertificação, bem como pesquisar técnicas de aumento de produtividade, ou de implantação de variadas culturas adequadas ao ambiente semiárido, que possam agregar alto valor econômico, com menor necessidade de agressão ao meio natural.

Para as ciências ambientais, um tema caro a ser investigado trata-se da variedade de espécies da fauna e flora que podem estar sendo criticamente ameaçadas com o avanço das atividades humanas, sobre os espaços ainda pouco impactados de Cajazeiras.

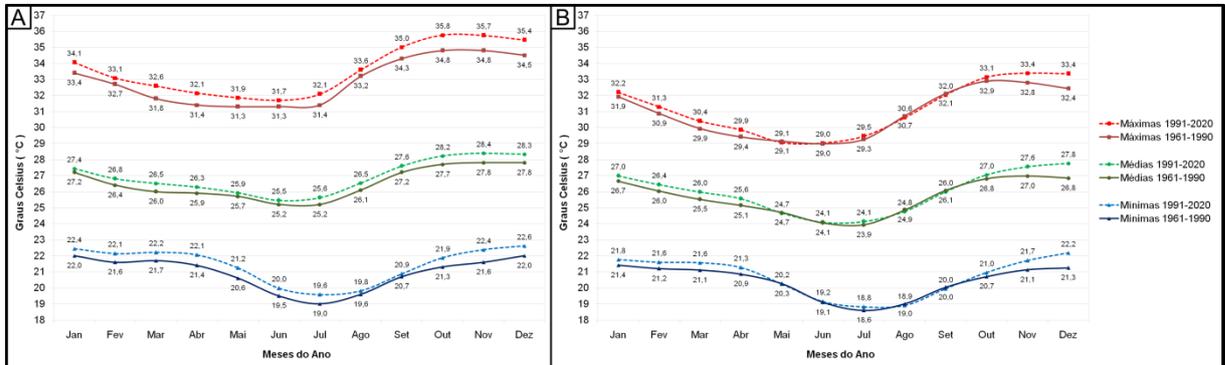
Com relação ao aspecto da saúde, se pode verificar como as temperaturas mais elevadas, em Cajazeiras, afetam a higidez da sua população, além de poderem ser analisados os cenários a partir ponto de vista do conforto térmico, o que faz interface direta com os ramos da arquitetura e da construção civil.

Dentro do contexto da meteorologia é possível analisar como se dá a formação dos eventos extremos no Município e o seu reflexo nas temperaturas, ao mesmo tempo em que, na climatologia, pode-se ampliar o horizonte temporal de registro desta mesma variável para investigá-la sob a perspectiva de novas escalas.

A título de exemplo, permanecendo no campo que concerne à climatologia, ao se comparar as normais climatológicas de temperaturas do ar entre os anos de 1961 a 1990, e de 1991 a 2020, da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (Figura 74A), com os valores médios dos 40 quadrantes do TerraClimate que abrangem Cajazeiras-PB (Figura 74B), é possível notar, claramente, uma elevação dos valores tabulados.

Contudo, o comportamento de 82689-São Gonçalo difere do de Cajazeiras já que, enquanto o primeiro (Figura 74A) apresenta uma evidente elevação em todos os meses do ano, o segundo (Figura 74B) apresenta aumentos mais aparentes de janeiro a abril e de outubro a dezembro.

Figura 74: Normais climatológicas das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar, nos períodos 1961-1990 e 1991-2020, para a estação meteorológica 82689-São Gonçalo do INMET (A) e para Cajazeiras-PB (B), consoante valores médios dos seus 40 quadrantes de dados do TerraClimate



Fonte: Autoria própria (2024).

Sendo assim se questiona: O que pode causar tal diferença entre localidades tão próximas? Será que nova aplicação do teste de Mann-Kendall, sobre um total de 60 anos - de 1961 a 2020 -, apresentaria resultados com significância estatística, ao nível de $\alpha = 0,05$, de forma a ser complementado com os testes de *Sen's Slope* e de Pettitt? Embora o teste de Pettitt não tenha sido desenvolvido diretamente com esta finalidade específica, caso a nova perspectiva temporal, de 60 anos, aponte para uma mudança abrupta e significativa nos valores da série de dados, até que ponto isso significa a demarcação de um *tipping point*ⁱⁱ de reorganização da natureza em Cajazeiras e entorno?

Aqui se abre um adendo em resposta às perguntas anteriores colocando que: áreas próximas, embora com certas similaridades, apresentam especificidades de relações entre os seus diversos elementos, inclusive humanos, o que termina, também, se expressando na condição climática; é possível que o aumento da temporalidade dos testes quantitativos detecte mudanças de padrões, como já prenunciado pelas normais climatológicas exibidas; e, um resultado positivo, com significância estatística comprovada em uma maior série história, só vem a reafirmar que essas mudanças podem representar não apenas tendências pontuais, mas potenciais sinais de reorganização ambiental, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e manejo sustentável para mitigar impactos futuros.

Finalmente, destacam-se os avanços das tecnologias computacionais que podem auxiliar em pesquisas na temática correlata, complementando, ainda mais, as respostas - e perguntas - formuladas nos parágrafos anteriores, lhes conferindo

abordagens inovadoras como as que empregam: inteligência artificial, modelos de predição e redes neurais.

A esse respeito, o trabalho intitulado *Assessing the Effect of Urban Expansion and Deforestation on Temperature Rise in Cajazeiras, Brazil: A Data-Driven Approach* - em tradução livre: Avaliando o efeito da expansão urbana e do desmatamento no aumento da temperatura em Cajazeiras, Brasil: uma abordagem baseada em dados - de autoria de Andrade *et al.* (2023) e fruto de parceria entre pesquisadores da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, da Universidade de Pernambuco - UPE e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPBⁱⁱⁱ, publicado nos anais do 9º IEEE/LA-CCI^{iv}, faz uso dessas metodologias inovadoras para realizar predições na área de estudo desta tese.

Nessa mesma linha, outra pesquisa, ainda da mesma colaboração já mencionada, nomeada como *Exploring Climatic Shifts in Brazilian Climates: Insights from ARMAX, Decision Trees, and Artificial Neural Networks* - em tradução livre: Explorando as mudanças climáticas no clima brasileiro: insights do ARMAX, árvores de decisão e redes neurais artificiais -, aprovada para apresentação, e prestes a ser publicada nos anais da 34ª BRACIS, via JEMS^v, completa o rol de alguns dos exemplos dos possíveis desdobramentos em pesquisas científicas sobre a temática, o que permite a condução às considerações finais desta tese.

ⁱ Um *boxplot* ou gráfico de caixa, como também pode ser nomeado, é uma representação visual desenvolvida por Tukey (1977), que mostra a distribuição de um conjunto de dados por meio de quartis, destacando a mediana, a média, os quartis - Q1 e Q3 -, os valores mínimo e máximo, além de possíveis *outliers*, ou seja, dados discrepantes. Esse tipo de gráfico se organiza em uma “caixa” que representa o intervalo interquartil - IQR -, onde estão 50% dos dados, com uma linha dentro da caixa indicando a mediana, e uma marcação, em ponto ou em “x”, representando a média. Maiores detalhes, junto com uma ilustração, podem ser encontrados entre as páginas 2441 e 2442 do trabalho de Souza Júnior, Lucena e Roque (2024).

ⁱⁱ *Tipping point*, ou ponto de virada, refere-se ao limiar crítico em que pequenos aumentos nas pressões ambientais levam a mudanças rápidas e irreversíveis nos ecossistemas, podendo desencadear processos de degradação contínua difíceis de conter. Estes pontos de inflexão marcam transições em sistemas complexos, como florestas tropicais, oceanos ou a atmosfera, onde a continuidade de impactos - como o aquecimento global ou desmatamento - pode alterar drasticamente o funcionamento dos ecossistemas, comprometendo serviços essenciais como a regulação do clima, a biodiversidade e a provisão de recursos naturais.

ⁱⁱⁱ Os pesquisadores envolvidos na parceria citada possuem expertise nas áreas de: Meteorologia (UFPB), Geografia (UFPB e IFPB) e Engenharia da Computação (IFPB e UPE).

^{iv} IEEE é a sigla para Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos; LA-CCI é a sigla para *Latin American Conference on Computational Intelligence* ou, em tradução livre, Conferência Latino-Americana sobre Inteligência Computacional.

^v BRACIS é a sigla para *Brazilian Conference on Intelligent Systems* (Conferência Brasileira sobre Sistemas Inteligentes); JEMS é a sigla para *Journal and Event Management System* (Sistema de Gerenciamento de Periódicos e Eventos).

5. Considerações finais

Como abordado no decorrer deste trabalho, as mudanças climáticas representam uma das maiores preocupações ambientais dos cientistas e da sociedade de modo geral e, dada a sua importância, a componente-variável temperatura é frequentemente monitorada e analisada, pois o seu comportamento, ao longo do tempo, constitui um dos principais indicadores das alterações no clima terrestre.

As flutuações na temperatura global, regional e local refletem tanto processos naturais, quanto ações antrópicas associadas ao aquecimento global - e outros fenômenos climáticos extremos -, o que ressalta ainda mais a importância do acompanhamento sistemático dessa variável para avaliar os impactos das mudanças climáticas, e fundamentar possíveis estratégias de mitigação e adaptação.

Destaca-se que, quando se menciona que as mudanças climáticas também são ocasionadas pelas atividades humanas - antropismo -, não se está afirmando que todos os grupos sociais são igualmente responsáveis pelas ações danosas ao meio, tampouco que os desdobramentos nocivos dessas ações atingem, uniformemente, a população global, mas que, tão somente, de uma forma ou de outra, é a humanidade uma das grandes contribuintes dessas alterações, sendo uma componente inextrincável de um enorme sistema.

Dessa forma, considerando a hipótese de Gaia, proposta por James Lovelock, em colaboração com Lynn Margulis na década de 1970, a tese interpretou o clima como uma entidade planetária sistêmica (Bertalanffy, 2010), complexa (Morin, 1977; Morin, 2005) e autopoiética (Caracristi, 2007). Tal concepção implica que o sistema climático é dotado de características “vivas” e que, portanto, pode ser tido como um organismo em constante desequilíbrio dinâmico, que se autorregula a partir de mudanças em uma ou em algumas de suas partes (Morin, 1977; Bertalanffy, 2010).

Logo, considerando que a cobertura do solo é, dentre os elementos da paisagem, o primeiro a ser modificado pela ação humana, julgou-se crucial buscar compreender como suas alterações impactam o equilíbrio climático, já que o uso e a ocupação da superfície - incluindo o desmatamento, a urbanização, construção ou aterramento de reservatórios e a expansão agrícola -, modifica a dinâmica energética e hídrica do espaço terrestre, influenciando nos padrões de temperatura,

o que também pode afetar, dentre outros, o albedo, a condição de umidade e de precipitação, por exemplo.

Essas alterações superficiais, por sua vez, repercutem no sistema climático global, evidenciando a complexa interação entre processos locais e mundiais, apontando que quantificar e interpretar tais transformações se torna imprescindível para identificar tendências, prognosticar cenários futuros e subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, ou mesmo à convivência com estes, salientando a premência de práticas mais sustentáveis na gestão dos limitados recursos naturais.

Além disso, ao articular os princípios da teoria do pensamento complexo de Morin (1977; 2005) - segundo a qual o todo está contido na parte, que, por sua vez, se inscreve no todo - com as transformações promovidas pela ação humana no meio ambiente, concluiu-se que “clima” e “uso e cobertura do solo” são interdependentes haja vista que: o clima reflete e é refletido pelas condições de uso e cobertura da superfície.

Destarte, concebendo a temperatura como uma das variáveis mais relevantes na composição dessa entidade sistêmica referida, estudá-lo foi e é fundamental para uma análise integrada da relação “*parte-todo*”, haja vista que as alterações locais detêm potencial de provocar desdobramentos no equilíbrio climático em diversas escalas: espaciais e temporais.

Assim, ao engendrar o clima terrestre, no contexto da flecha do tempo - enquanto um sistema em constante transformação e reconstrução -, torna-se relevante observar como as pressões antrópicas vêm, em vários aspectos, alterando sua dinâmica.

Para tanto, a análise da interação entre dinâmica de uso do solo e variabilidade das temperaturas em Cajazeiras-PB permitiu identificar as mudanças induzidas e impactadas pelo componente humano, na estrutura climática local, enquanto uma das formas expressão particular da totalidade.

Embora se trate de uma pequena parcela amostral, com características peculiares bastante específicas, e que está inserida no interior de uma longa e diversificada tessitura espaço-temporal, justifica-se que a compreensão em Cajazeiras, entre os anos de 1990 e 2020, pelos princípios propostos por Morin (1977) - a saber: hologramático, recursivo e dialógico - permitem a extrapolação e interpretação científica para diversos outros recortes de espaço e de tempo.

Ante o exposto, acredita-se que pesquisa atingiu seus objetivos, corroborando a hipótese formulada, conforme se justifica nos parágrafos adiante e considerando que, consoante os desígnios contemporâneos sistêmicos e complexos, vem ocorrendo supressão da vegetação de Caatinga em Cajazeiras-PB com magnitude capaz de promover alterações locais nas temperaturas do ar e da superfície, não só na zona urbana, mas em todo o território municipal.

Assim, foi verificado que, entre 1990 e 2020, houve expressiva diminuição da cobertura vegetal nativa e, embora o teste de Mann-Kendall tenha evidenciado uma variação positiva nas temperaturas do ar, este não apresentou significância estatística no nível definido de $\alpha = 0,05$. Contudo, os testes de Spearman indicaram uma correlação estatisticamente significativa entre as temperaturas - máximas, médias e mínimas do ar e da superfície - e o uso e ocupação do solo, revelando a íntima conexão dessas variáveis citadas.

Ademais, as discussões empreendidas se mostraram adequadas para afirmar que a transformação da superfície em espaços construídos é, também, indutora da condição climática e, portanto, embora quantitativamente não se possa afirmar, de maneira categórica, que as alterações na cobertura da superfície foram suficientes para causar mudanças abruptas nos dados de temperatura, generalizadas em toda a extensão analisada durante o período investigado, verificou-se que grandes parcelas do território municipal comutaram-se de “Vegetação” às classes “Urbanização” e, sobretudo, “Agropecuária”, e que essas mudanças resultaram em uma ampliação das áreas com temperaturas mais elevadas.

Logo, com base nos dados estudados e considerando que, desde a década de 1970, a população urbana do Município superou a população rural, infere-se que, embora concentrada em menos de 2% do território cajazeirense, essa população em crescimento - em conjunto com a população dos municípios contíguos - demanda maior uso dos seus recursos naturais. Tal exploração pressiona a expansão das áreas rurais sobre as regiões de vegetação nativa, intensificando o desmatamento e impingindo mudanças, inclusive, de reorganização da condição climática local.

Nesse contexto, a expansão urbana e o desmatamento nas áreas rurais constituem fatores importantes que induzem alterações nos registros das temperaturas municipais, tomando-se por base a já propalada correlação direta e significativa entre as classes “Urbanização” e “Agropecuária” consigo mesmas e, de forma inversa, com a classe “Vegetação”, o que reafirma a hipótese testada.

Em suma, os resultados deste estudo fornecem subsídios importantes para planejadores que atuam em locais onde a principal formação vegetal é a Caatinga - não se restringindo a tais localidades -, permitindo uma compreensão mais aprofundada sobre como a expansão dos espaços construídos - urbanos ou rurais - em conjunto com a substituição da vegetação nativa, contribuem para oscilações nas temperaturas locais. Esses achados destacam a necessidade de práticas de planejamento e gestão que promovam o equilíbrio entre o desenvolvimento e a preservação ambiental.

6. Referencial bibliográfico

AB'SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. 1971, **Anais**. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 1971. Disponível em: https://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1533154_AOrganizacaoNaturalDasPaisagens.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

AB'SÁBER, A. N. Depressões periféricas e depressões semiáridas no nordeste do Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. l.], n. 22, p. 3-18, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1302>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo-SP: Ateliê Editorial, 4^a ed., 160p., 2007.

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**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2017191>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. Tradução de Alfredo Bosi e revisão da tradução por Ivone Castilho Benedetti. São Paulo-SP: Martins Fontes, 2007.

ABREU, D. I. de; OLIVEIRA, A. D. de S.; CARTAXO, S. L. Diagnóstico da arborização nas praças públicas de Cajazeiras-PB: interferência no mobiliário urbano. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 36, p. 116-124, set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n36p116-124>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1175>. Acesso em: 24 Abr. 2024.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA. **Geoportal da AESA - WEBGIS - AESA SIG**. 2023. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/sig-plano/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA. **Meteorologia - Chuvas**. 2024. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALBUQUERQUE, M. M. de; LOPES, W. G. R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 36, p. 38 - 68, maio 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.39719>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/39719>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALBUQUERQUE, U. P. de; ARAÚJO, E. de L.; EL-DEIR, A. C. A. *et al.* Caatinga Revisited: ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, p.1-18, v. 2012, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1100/2012/205182>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/205182/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia aplicada à geografia**. Campina Grande-PB: EDUEPB [Livro Eletrônico], 6000 KB. 317p. il. 2016. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/13346>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; PINTO, A. S. de *et al.* Adaptation of the Century Model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 254, p. 26-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880917305133>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 97 - 116, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.46190>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/46190>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AMORIM, M. C. de C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia**, v. 105, p. 111-133, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18055/Finis6888>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/6888>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AMORIM, M. C. de C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. Curitiba-PR: Appris [eBook Kindle], 1. ed., 2020a.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, Dossiê Políticas e mudanças climáticas, n. 46, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.31403>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/31403?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ANDRADE, C. S. P. Teresina e clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador** (UFPI), Vol. 5, n° 3 (Edição Especial 02), p. 398 - 420. 2016.

ANDRADE, J. V. R. de; SOUZA JUNIOR, T. G. de; SILVA, L. H. de S.; LUCENA, D. B.; FERNANDES, B. J. T. Assessing the Effect of Urban Expansion and Deforestation on Temperature Rise in Cajazeiras, Brazil: A Data-Driven Approach. *In*: **IEEE LATIN AMERICAN CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (LA-CCI)**, 2023, Recife-PE, Brasil. Anais. Recife-PE: IEEE, 2023. p. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/LA-CCI58595.2023.10409431>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10409431>. Acesso em 24 abr. 2024.

ARAÚJO, A. C. M. de; GOUVEIA, L. B. Uma revisão sobre os princípios da Teoria Geral dos Sistemas. **Revista Estação Científica**. Juiz de Fora, n° 16, julho - dezembro / 2016. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/estacaocientifica/article/view/2273>. Acesso em 24 abr. 2024.

ARAÚJO, F. A. V. de; SOARES, B. R. Relação cidade-campo: desafios e perspectivas. **Revista Campo-Território: revista de geografia agrária**, v.4, n. 7, p. 201-229, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCT4711894>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/11894>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ARAÚJO, L. M. de. **Produção imobiliária e novas dinâmicas de expansão urbana em Patos e Cajazeiras (PB)**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12778>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, [S. l.], n. 103, p. 13-24, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. da S.; NAGY, L. *et al.* A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. São Paulo-SP: **Ciência e Cultura**. v. 66, n. 3, Set. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252014000300014>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252014000300014. Acesso em: 24 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Bioma Caatinga**. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos, Revisão Suely Bastos, Coordenação Editorial Antonio Christofolletti. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil, 4. ed., 332p., 1996.

AZERÊDO, J. de F. A. de. **Verde que te quero confortável**: A contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/30475>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AZEVEDO, P. R. M. de. **Introdução à estatística**. Natal-RN: EDUFRN, 3 ed., 2016. E-Book. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21298>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. da. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 29 (4), dez. 2014. doi: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130611>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/TJPzfbvqdFbXpvHVkYRTxHk/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. (org.). **Introdução ao Sensoriamento Remoto de sistemas aquáticos**: princípios e aplicações. São José

dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, 1ª ed. 161p. 2019. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 255-261, out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2009.0816.0019>. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/289>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARROS, N. C. C. de. **Geografia: história, conceitos e métodos**. Recife-PE: Ed. UFPE, 2020. Disponível em: <https://editora.ufpe.br/books/catalog/book/56>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BELO FILHO, A. F. **A teoria da entropia aplicada no estudo da precipitação pluvial e da vazão fluvial no nordeste do Brasil**. Campina Grande, PB, 2010. 53 f.: il. col. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Doutorado em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2010. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3582>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis-RJ: Vozes, 5ª ed., 360 p., 2010.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, Vol. 13, São Paulo, IGEUSP, 1972. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BEYDOUN, F. Fogo e água. *In: Tribo de Jah: Sem Limite* © 2001. Rio de Janeiro-RJ: Indie Publishing / Indie Records / Universal Music. *Compact Disc* - CD, disco duplo, volume 2 (59 min. 18 seg.), Faixa 2, 2001.

BEZERRA, F. J. A.; BERNARDO, T. R. R.; XIMENES, L. J. F.; VALENTE JUNIOR, A. S. **Perfil socioeconômico da Paraíba**. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste do Brasil-BNB, 2015. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/221>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BEZERRA, J. A.; SILVA, C. N. M. Entre o Rural e o Urbano interiorizado. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 17, e17019, p. 1-13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17019>. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e17019>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília-DF: Planalto, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário**

Oficial da União, Brasília- DF, p. 1-8, seção 1. 28 de maio de 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS - Brasil. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR / INPE, ANAIS*, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, de 25 a 29 de abril de 2015. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/3JM4C23>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CAJAZEIRAS. **O Município**: Dados do Município. Site oficial da Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, [s.d.]. Disponível em: <https://cajazeiras.pb.gov.br/omunicipio.php>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas-SP: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0097849396000088>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CAMARGO SCHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS. **Atlas eólico**: Paraíba. Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior - ATECEL; dados do modelo mesoescala fornecidos por AWS Truepower. Curitiba, PR: Camargo Schubert / Campina Grande, PB: ATECEL/UFCG, 104 p., il. 2014.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**: a Ciência, a Sociedade e a Cultura Emergente. Tradução de Álvares Cabral. 20º ed., São Paulo-SP: Cultrix, 1997.

CAR - Cadastro Ambiental Rural. **SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/estados/downloads>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CARACRISTI, I. **A natureza complexa da poiésis climática**: contribuições teóricas ao estudo geográfico do clima. 2007. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2007. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.8.2007.tde-04062007-142751>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04062007-142751/pt-br.php>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CARACRISTI, I. O pensamento sistêmico contemporâneo e os estudos geográficos da natureza. *In: XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina - EGAL (Anais)*, San José, Costa Rica, 25 al 29 de Julio del 2011, Universidad de Costa Rica - Universidad Nacional, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2331>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CARACRISTI, I. Processo de desertificação no Nordeste brasileiro. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2012. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/88>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. 7 ed. São Paulo-SP: Contexto, 2003.

CARLOS, R.; CARLOS, E. Amazônia. *In*: **Roberto Carlos**. Rio de Janeiro-RJ: CBS/Sony Music, Faixa 1, 1989. Disponível em: <https://www.robertocarlos.com/projeto/1989-amazonia/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F. A questão da escala no ensino de climatologia no ensino Fundamental e Médio em Curitiba e Região Metropolitana. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 39-50, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499416399>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/16399>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CASTRO, I. E. de. O problema da escala. *In*: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil, 7 ed., p. 117-140, 2005.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Belo Horizonte, outubro de 1994. 154-157. 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R.; SOUSA, F. de A. S. de. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/VpWSFWpnzshzkVvQQdCLDhy/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo-SP: Makron Books, 1993. Disponível em: <https://profeltonorris.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/livro-teoria-geral-da-administrac3a7c3a3o.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo-SP: Hucitec/Edusp, 1979.

COCATO, G. P. A Degradação Ambiental nas Cidades: Elementos para uma Aproximação entre Produção Urbana e Ecologia Política. **Revista GeoUECE**, [S. l.], v. 10, n. 19, p. e202107, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/7243>. Acesso em: 24 abr. 2024.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura De Superfície Celsius Do Sensor TIRS/LANDSAT-8: Metodologia E Aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica/RGA**, v.7, p. 31-45, 2013. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/rga/article/view/2996>. Acesso em: 24 abr. 2024.

COELHO, M. S.; PEREIRA, J. D. A.; LUCENA, M. M. A. de *et al.* Sensoriamento remoto aplicado em área de Caatinga como subsídios para conservação da biodiversidade. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p.159-166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0014>. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/5601>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. São Paulo-SP: Atual Editora. 7ª ed. 2011.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, Brasil, v. 16, p. 70-75, 2005. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0007>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47286>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. *In*: ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo-SP: Edusp. 4ª ed. 1ª reimp. p. 67-207, 2003.

CORRÊA, R. L. Espaço, um conceito-chave da geografia. *In*: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil, 7 ed., p. 15-47, 2005.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4 ed. São Paulo-SP: Editora Ática, 2003.

CRUZ, G. C. F. da; SANTOS, J. da S. V. dos; MORESCO, F. A.; KUBASKI, K. M. A temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea-SP e Cabralia Paulista-SP. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1833-1850, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-125>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56156>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DCEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Qual a diferença entre drone, VANT e RPAS?**, 2023. Disponível em: <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/qual-a-diferenca-entre-drone-vant-e-rpas/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DINIZ, L. J. de S. **Os principais impactos do Riacho da Terra Molhada: um estudo de caso no sítio Patamutê - Cajazeiras-PB**. 2015. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7368>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DOMINGUES, Cristiane Vaz; SIMÕES, Luciana Lessa. O SIG na gestão pública: análise crítica de um caso bem-sucedido - desafios e perspectivas. **Exacta**, São Paulo-SP, v. 5, n. 2, p. 353-360, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/1185>. Acesso em: 24 abr. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Riquezas da mata branca. **Site da Embrapa** (Notícias). Brasília-DF, 09 de dez. de 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18708656/riquezas-da-mata-branca>. Acesso em: 24 abr. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *In: Reunião Técnica de Levantamento de Solos*, 10, 1979, Rio de Janeiro-RJ: Súmula / EMBRAPA-SNLCS, Micelânea, 1. 1979. 83 p.

ENDLICH, Â. M. Perspectivas sobre o Urbano e o Rural. *In.: SPOSITO, M. E. B.; WHITACKER, A. M. (orgs) Cidade e Campo - Relações e Contradições e entre o urbano e rural*. São Paulo-SP: Expressão Popular, 2006, p. 11-31.

EVANGELISTA, A. dos R. S. **O processo de ocupação do Bioma Caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalândia**, Bahia. Salvador, BA, 2010. 199 f.: il. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Bahia - UFBA, Instituto de Geociências - IGEO, Programa de pós-graduação em Geografia - POSGEO, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/19766>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FELDMAN, A. F.; GIANOTTI, D. J. S.; DONG, J. *et al.* Tropical surface temperature response to vegetation cover changes and the role of drylands. **Global Change Biology**, v. 29, n. 1, p. 110-125, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16455>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10092849/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FERREIRA, A. B. de H. **Minidicionário Aurélio da língua portuguesa**: Século XXI. 5 ed. Revisada e Ampliada, Rio de Janeiro-RJ: Editora Nova Fronteira, 2001.

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. dos S.; SILVA, H. A. da; SANTOS, A. M. dos; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação de Caatinga no Município de Petrolina - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 904-922, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i4.232892>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232892>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FERREIRA, J. S. Teoria e Método em Climatologia. **Revista Geonorte**, [S. l.], Ed. Esp. 2, v. 3, n. 8, p. 766-773, 2012. Disponível em: www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2419. Acesso em: 24 abr. 2024.

FERREIRA, L. M. R.; ESTEVES, L. S.; SOUZA, E. P.; SANTOS, C. A. C.; RÊGO, V. G. S. Mudanças espaço temporal da disponibilidade de serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica do nordeste brasileiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 52, p. 155-174, dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v52i0.57716>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/57716>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana**: um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo-SP, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.16.2019.tde-02102019-173844>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02102019-173844/pt-br.php>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FIALHO, E. S. Ilha de Calor: Reflexões acerca de um conceito (Heat island: reflections on a concept). **ACTA Geográfica**, Boa Vista-RR, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76. DOI: <https://doi.org/10.5654/actageo2012.0002.0004>. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**. Recife-PE: UFPE, Vol. 18, n. 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3852>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FINDELL, K. L.; BERG, A.; GENTINE, P. *et al.* The impact of anthropogenic land use and land cover change on regional climate extremes. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 989, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01038-w>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01038-w>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 3 ed. ampl. e atual., 128 p. 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. de; SILVA, V. F.; RIBEIRO, G. do N.; SANTOS, D. Avaliação da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do Município de Patos-PB utilizando MapBiomass[®]. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 42, p. e66971, 2023. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2023.66971>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/66971>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas**. Areia-PB: UFPB, 120 p.: il. 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/33274>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Campina Grande-PB: EDUFCG, 1ª ed., 75 p. il., 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/30189?show=full>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FREIRE, N. C. F. (Org.). **Atlas das Caatingas**: o único bioma exclusivamente brasileiro. Recife-PE: Fundação Joaquim Nabuco/Editora Massangana, 200p.: il. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/publicacoes-e-notas-tecnicas/faca-o-download-do-atlas-das-caatingas>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FRITZSONS, E.; GARRASTAZÚ, M. C.; WREGGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. O efeito do uso e ocupação da terra sobre o clima: comparação entre duas estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 566-583, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16638>. Disponível em:

<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16638>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FROTA, P. V.; NAPPO, M. E. Processo erosivo e a retirada da vegetação na Bacia Hidrográfica do açude Orós-CE. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 1472-1481, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2046>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GAMEIRO, S.; TEIXEIRA, C. P. B.; SILVA NETO, T. A. da *et al.* Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terræ**, v. 13, n. 1-2, p. 15-22, 2016. Disponível em: https://www.ige.unicamp.br/terrae/V13/T_V13_2.html. Acesso em: 24 abr. 2024.

GAZETA DO ALTO PIRANHAS: O JORNAL QUE ESCREVE, DOCUMENTA E DIVULGA CAJAZEIRAS. **Cajazeiras supera Patos e Sousa no número de novas construções em 2022**. [mídia impressa] Edição de 03 a 04 de março de 2023.

GESSINGER, H. A Fábula. [s.d.]. Vers. The Logical Song, HODGSON, R., *In: Supertramp: Breakfast in America*. Los Angeles-LA: A&M Records, Faixa 2, 1979. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/humberto-gessinger/1636478/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo-SP: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo-SP: Atlas, 6. ed., 2008.

GLOBAL FOREST WATCH. **Perda de cobertura arbórea anual global**. Disponível em: <https://gfw.global/3Ut9dQS>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GOIS, G. de. **Catástrofes naturais no estado do Rio de Janeiro baseado em dados climáticos e produtos orbitais: uma abordagem estatística**. 2017. 312 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/1966>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GOMES, A. R. dos S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M. da; GOMES, M. R. dos S.; GOMES, C. R. dos S. Estudo da Relação entre a Variabilidade dos índices de Vegetação e Temperatura da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, 359-368, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778634305>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/7fRcKW5XLpFKz34n65BBHPs/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GOMES, D. da S.; SANTOS, S. K. dos; SILVA, J. H. C. S.; SANTOS, T. de M.; SILVA, E. de V.; BARBOSA, A. de S. CO₂flux e temperatura da superfície edáfica em áreas de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 1898-1908, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbqf.v14.4.p1898-1908>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbqfe/article/view/248853>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GUILHERME, A. P.; BIUDES, M. S.; MOTA, D. dos S.; MUSIS, C. R. de. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 32, p. 539-550, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47462>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/XrSYLdsT98ghGVPFgyYR8Lt/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HAMMER, Ø. *et al.* **Past** - Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis, v. 2.17c, 2001. Disponível em:

<https://past.en.lo4d.com/windows>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HAN, Z.; WU, Q.; LAI, R. *et al.* Spatio-temporal variations of vegetation cover and its influence on surface air temperature change over the Yellow River Basin, China.

Journal of Water and Climate Change, v. 13, n. 9, p. 3239-3252, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.2166/wcc.2022.037>. Disponível em:

<https://iwaponline.com/jwcc/article/13/9/3239/90458/Spatio-temporal-variations-of-vegetation-cover-and>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HARARI, Y. N. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. Tradução Janaína Marcoantonio. Porto Alegre-RS: L&PM Editores [eBook Kindle], 2017.

HESPANHOL, R. A. de M. Campo e cidade, rural e urbano no Brasil contemporâneo. **Mercator**, v. 12, n. 2, p. 103-112, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.4215/RM2013.1202.0007>. Disponível em:

<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1177>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**. vol. 1, ed. 5. p. 83-90, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.18607/ES201653398>. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HUSSAIN, S.; RAZA, A.; ABDO H.G. *et al.* Relation of land surface temperature with different vegetation indices using multi-temporal remote sensing data in Sahiwal region, Pakistan. **Geoscience Letters**, v. 10, n. 1, p. 33, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1186/s40562-023-00287-6>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1186/s40562-023-00287-6>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**.

Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro-RJ: IBGE / Coordenação de Cartografia, 2019. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101675>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Informações Ambientais**: BDIA, 2023. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil Cidades**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/cajazeiras.html>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil**: uma primeira aproximação - 2017. IBGE, IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro-RJ, 2017a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100664>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias 2017**. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro-RJ, 2017b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100600>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da População**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27733&t=downloads>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **REGIC - Regiões de Influência das Cidades**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Clima**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Divisão de geração de imagens (DIDGI)**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **TopoData**: Banco de dados geomorfométricos do Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 24 Abr. 2024.

INSA - INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Sistema de gestão da informação e do conhecimento do semiárido brasileiro - SIGSAB**. Disponível em: <http://sigsab.insa.gov.br/>. Acesso em: 03 ago. 2020.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **Município e Saneamento** [Beta]. 2023. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/>. Acesso em: 09 mai. 2023.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **AR6 WG3 Summary for Policymakers**. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

IPMA - INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **Normais Climatológicas**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html?page=normais.xml>. Acesso em: 24 abr. 2024.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (Brasil). **Boletim regional, urbano e ambiental**. n. 5, jun. 2011. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5567?locale=pt_BR. Acesso em: 24 abr. 2024.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4th Edition, Charles Griffin, London, 1975.

KIILL, L. H. P.; PORTO, D. D. Bioma Caatinga: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. (Org.). **Biomass e agricultura: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro-RJ: Academia Brasileira de Ciência, p. 65-80, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108577/bioma-caatinga-oportunidades-e-desafios-de-pesquisa-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 24 abr. 2024.

KORENIĆ, A.; PEROVIĆ, S.; ĆIRKOVIĆ, M. M.; MIQUEL, P. A. Symmetry breaking and functional incompleteness in biological systems. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, Vol. 150, Pages 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2019.02.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079610718302530>. Acesso em: 24 abr. 2024.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira e revisão de Alice Kyoto Miyashiro. 5. ed. São Paulo-SP: Editora Perspectiva S.A, 1998.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, 1(1): 139-146. 2005. Disponível em: http://www.cecs.unimontes.br/biblioteca_virtual/detalhardoc.php?id=1723&pg=15&tipo=artigos&menu=sbat. Acesso em: 24 abr. 2024.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife-PE: Ed. Universitária da UFPE, 822 p.:il. 2003. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/arquivos-](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf/view)

[biomas/5 livro ecologia e conservao da caatinga 203.pdf/view](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf/view). Acesso em: 24 abr. 2024.

LEITE, M. E.; FRANÇA, I. S. Geografia e geoprocessamento: uma relação interdisciplinar. **OKARA: Geografia em debate**, v. 3, n. 2, p. 223-347, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara/article/view/2177>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LEMBRECHTS, J. J. *et al.* Global maps of soil temperature. **Global Change Biology**. Volume 28, Issue 9, May 2022, p. 3110-3144. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16060>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16060>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LIMA, E. L. de. O mito do “fator antrópico” no discurso ambiental geográfico. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 14, n. 3, p. 109-122, set./dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1403.0007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/KHYshqDqsxHNy3g7PRG9tbh/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C.; WANDERLEY, J. A. C.; MANIÇOSA, R. M.; LIMA, R. M. S. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Caicó, Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 34 -38, jan-mar, 2012. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v8i1.209>. Disponível em: <https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/209>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LIMA, R. A. F. de A.; MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. de. Diagnóstico de tendência de mudanças na temperatura do ar no nordeste setentrional. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 23, n. 2, p. 117-124, abr.-jun., 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1441>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LIRA, S. A. **Análise de correlação**: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. Curitiba, PR, 2004. 209 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2004. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Teses-e-Dissertacoes>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LOVELOCK, J. **GAIA**: A prática científica da medicina planetar. Tradução de Jorge Domingues Nogueira. Col. Perspectivas Ecológicas. Lisboa: Ed. Instituto Piaget, 1996.

LOVELOCK, J. The evolving Gaia theory. **Paper presented at the United Nations University**, Tokyo, Japan, 25 set., 1992. Disponível em: <https://archive.unu.edu/unupress/lecture1.html>. Acesso em: 24 abr. 2024.

- LYKHOVYD, P. V. Study of climate impact on vegetation cover in Kherson Oblast (Ukraine) using normalized difference and enhanced vegetation indices. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/137362>. Disponível em: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d135d309-8dcb-41c3-b39c-688effe870b1>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MAFFIOLETTI, F. D.; RAMALHO, A. H. C.; PAES, J. B.; FIEDLER, N. C. Influência da cobertura vegetal na temperatura da superfície em cidade pouco urbanizada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 17, n. 3, p. 161-168, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v17i3.1311>. Disponível em: <https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/1311/>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MALARET, E; BARTOLUCCI, L. A; LOZANO, D. F.; ANUTA, P. E.; MCGILLEM, C D. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, p. 1407-1416, 1985. Disponível em: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1985journal/sep/1985_sep_1407-1416.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MANN, H. B. Non-Parametric Test against Trend. **Econometrica**, 13, 245-259, 1945. DOI: <https://doi.org/10.2307/1907187>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1907187>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MAPBIOMAS. **Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas.org**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento**: RAD 2021. São Paulo-SP, Brasil MapBiomas. 2022. 126p. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2021/RAD2021_Completo_FIN_AL_Rev1.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MAPBIOMAS. **Um terço da perda de vegetação nativa do Brasil desde o descobrimento aconteceu nos últimos 37 anos**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/um-terco-da-perda-de-vegetacao-nativa-do-brasil-desde-o-descobrimento-aconteceu-nos-ultimos-37-anos>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo- SP: Atlas, 5 ed., 312p. 2003.
- MARGULIS, S. **Mudanças do clima**: tudo que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro-RJ: Konrad Adenauer Stiftung, 2020. Disponível em: <https://www.mudancasdoclima.com.br/>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- MARINHA DO BRASIL. **Organização Meteorológica Mundial (OMM)**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/31>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MARTINS, G. A.; DOMINGUES, O. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo-SP: Atlas, 5 ed., 2014.

MARTINS, M. I. B.; SOUZA, J. V. R. de; AIRES, T. L. B. A. et al. ILHAS DE CALOR URBANAS SUPERFICIAIS EM CAJAZEIRAS-PB. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 92-110, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG238960200>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60200>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?** Tradução de Kenitiro Suguio. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009.

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Urban environment. Porto Alegre-RS: +4 Editora, 2ª Ed. 197 p. 2004.

MAY, G. C.; REIS, J. T. Análise das Alterações do uso e Cobertura do Solo no Município de Centenário-RS com o Auxílio do Sensoriamento Remoto, no Período de 1995-2014. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 1228-1237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X19852>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/19852>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MELLO, G. S. L. de; MENDES, A. C. R.; BRAMBILA, M. C. V.; CARDOSO, A. de O. Análise da tendência de aumento da temperatura do ar nas cidades de Santa Isabel e São Paulo, estado de São Paulo, a partir de diferentes bases de dados, e levantamento de impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 760-785, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16483>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16483>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MENDES, C. C.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; FERNANDES, A. P.; LYRA, D. M.; OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, C. G.; SILVA, N. B. **A Paraíba no contexto nacional, regional e interno**. Rio de Janeiro-RJ: IPEA, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1186>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. (org.). **Clima urbano**. São Paulo-SP: Contexto, 2ª ed., 2ª reimp., p. 93-120, 2021.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 208 p. 2009.

MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P. R., ALMEIDA, T. (Orgs.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento remoto**. E-book. Brasília-DF: UNB/CNPq, 2012. 1-33p. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3072510&forceview=1>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte-MG: Editora da UFMG, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Cajazeiras**. [Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea / Paraíba]. Brasília-DF: CPRM, 2005. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15890>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis-SC: Ed. UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo-SP: Contexto, 2ª ed. 2001.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. **Tese** (Livre Docência em Geografia) FFLCH/ USP, São Paulo, 1975.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B. da; ZANELLA, M. E. Técnica dos quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do Apodi-Mossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, p. 232-249, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0010>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47212>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E.; PINHEIRO, D. R. de C. A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.36790>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/36790>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MORAIS, J. G. **Avaliação do grau de suscetibilidade a alagamentos no Bairro Tecedores em Cajazeiras-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras-PB, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1850>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MOREIRA JUNIOR, O. As cidades pequenas na geografia brasileira: a construção de uma agenda de pesquisa. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 17, n. 3, p. 19-33, 2013. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2013.75435>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/75435>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MOREIRA, R. **O que é geografia**. São Paulo-SP: Brasiliense, 14 ed., 6 reimp., Coleção primeiros passos, vol. 48, 2002.

MORIN, E. **Cultura de massas no século XX**: o espírito do tempo. Rio de Janeiro-RJ: Forense-Universitária, 1977.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. Porto Alegre-RS: Sulina, 120 p., 2005.

MORIN, E. **O método**: 1. A natureza da natureza. Tradução Maria Gabriela de Bragança. Portugal: Publicações Europa-América, LDA. 2ª ed., 363 p., 1977.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n 403, p.853-859, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35002501>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MYERS, N. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. **Environmentalist**. 8, 187-208 (1988). DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02240252>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02240252>. Acesso em: 24 abr. 2024.

NASCIMENTO, A. C. L. do; GALVANI, E.; GOBO, J. P. A.; WOLLMANN, C. A. Comparison between Air Temperature and Land Surface Temperature for the City of São Paulo, Brazil. **Atmosphere**. 13(3), 491, March 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13030491>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/3/491>. Acesso em: 24 abr. 2024.

NOVAIS, G. T. Mesoclimas do Município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 28, abr. 2021. ISSN 2237-8642. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.73300>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/73300>. Acesso em: 24 abr. 2024.

NOVO, E. M. L. M.; FERREIRA, L. G.; BARBOSA, C.; CARVALHO, C.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y.; HUETE, A.; POTTER, C.; ROBERTS, D. A.; HESS, L. L.; MELACK, J. J.; YOSHIOKA, H.; KLOOSTER, S.; KUMAR, V.; MYNENI, R.; RATANA, P.; DIDAN, K.; MIURA, T. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. **Acta Amazonica**. Vol. 35(2), p. 259 - 272, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/nHT843HzHKybNQQNJjcFLs/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OBSERVASSA - Observatório de Bairros de Salvador. **Diferença entre zona rural e urbana**. 2021. Disponível em: <https://observatoriobairrossalvador.ufba.br/observassa-explica-diferenca-entre-zona-rural-e-urbana>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Company, Limited. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 372p., 1978.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment** (1967), v. 7, 8ª Ed., 769-779, 1973. DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0004698173901406>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. D. de S.; ABREU, D. I. de; SILVA, G. da C.; MENESES, S. L. C. Composição arbórea do IFPB - Campus Cajazeiras. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 44, p. 176-184, abr. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n44p176-184>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/2079>. Acesso em: 24 Abr. 2024.

OLIVEIRA, A. V. de M. O Alto Sertão e suas potencialidades: Características do desenvolvimento econômico e urbano de Cajazeiras-PB. *In*: CEBALLOS, V. G. de; FIGUEIREDO, A. A. de (org.). **Cidade(s) fragmentada(s):** Vida material e conexões sociais em Cajazeiras, PB (1876-1890). Iguatu-CE: Quipá Editora, 78 p.:il. p. 27-37, 2021. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/600644>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PARAÍBA. Lei complementar nº 107, de 08 de junho de 2012. Institui a Região Metropolitana de Cajazeiras e da outras providências. **DOE-PB**, nº 14.957, de 09 de Junho de 2012, p. 2. Disponível em: <https://auniao.pb.gov.br/servicos/doe/2012/junho/diario-oficial-09-06-2012.pdf/view>. Acesso em: 24 Abr. 2024.

PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba**: PAE-PB/IICA. João Pessoa-PB: SCIENTEC. 2011. 144p.

PAVÃO, V. M.; NASSARDEN, D. C. S.; PAVÃO, L. L.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da conversão da cobertura natural em pastagem e área urbana sobre variáveis biofísicas no sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 343-351, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863230002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/K386zvC79vGrcLggqBvGqPf/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A. *et al.* Aplicação do sensoriamento remoto na determinação da temperatura da superfície em diferentes tipos de cobertura no município de Humaitá - AM. *In*: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril, v. 17, p. 3013-3020, 2015. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/3JM4AKJ>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PEREIRA, A. B. A vegetação como elemento do meio físico. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 3, n. 1, jul. 2010. p. 107-127. DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v3i1.405>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4030814>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2346729>. Acesso em: 24 mar. 2024.

PINHEIRO, K. Bases teóricas gerais sobre urbanização no Brasil. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador-BA, Ano IX, n. 15, Janeiro de 2007. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/1006>. Acesso em: 24 abr. 2024.

POCHMANN, M. **Brasil sem industrialização**: a herança renunciada. Ponta Grossa-PR: Editora da UEPG, 190 p.: il., 2016. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788577982165>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/yjzmz>. Acesso em: 24 abr. 2024.

POLAK, Y. N. de S.; DINIZ, J. A. Ciência e conhecimento: uma iniciação à pesquisa. *In*: POLAK, Y. N. de S.; DINIZ, J. A.; SANTANA, J. R. *et al.* **Dialogando sobre metodologia científica**. Fortaleza-CE: Edições UFC. 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

PORANGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. de C. T. Geotecnologias Aplicadas à Análise de Ilhas de Calor de Superfície em Cidades do Interior do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 6, p. 2041-2050, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbqf.v12.6.p2041-2050>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbqfe/article/view/240229>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Agência meteorológica da ONU alerta sobre crise hídrica se não houver reformas urgentes**. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/onu-alerta-crise-hidrica-reformas-urgentes/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. *In*: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife-PE: Ed. Universitária da UFPE, 822 p.:il. p. 3-74, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf/view. Acesso em: 24 abr. 2024.

PRINA, B. Z.; TRENTIN, R. Análise da temperatura da superfície por meio de imagens landsat-8: estudo de caso para o município de Jaguari/RS/Brasil. **Formação (on-line)**, v. 3, n. 23, p. 264 - 285, 2016. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao.v3i23.4471>. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/4471>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PUFAL, M. I. **Uso de Sensoriamento Remoto na Obtenção de Parâmetros de Qualidade da Água em Lagos**. Brasília, DF, 2001. 128 p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília-UnB, 2001. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/dissertacoes/uso-de-sensoriamento-remoto-na-obtencao-de-parametros-de-qualidade-da-agua-em-lagos/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

QGIS, **General Public License (GNU)**, Free Software Foundation, Inc., v. 3.10.14, A Coruña, 2021. Disponível em: <https://download.qgis.org/downloads/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

QUINTANA, A. C.; HACON, V. O desenvolvimento do capitalismo e a crise ambiental. **O Social em Questão**, Ano XIV, n. 25/26, p. 427-444, 2011. Disponível em: <https://osocialemquestao.ser.puc-rio.br/cqi/cqilua.exe/sys/start.htm?from%5Finfo%5Findex=16&inoid=41&sid=14>. Acesso em: 24 abr. 2024.

R Development Core Team, **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

RAMOS, C. M. C.; SILVA, A. F. da; SARTORI, A. A. da C.; ZIMBACK, C. R. L.; BASSOI, L. H. Modelagem da variação horária da temperatura do ar em Petrolina, PE, e Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 15 (9), Set 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000900012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/6CkJPt3vFy7gn5xKp8rPPfM/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

REZENDE, F. A. V. S.; ALMEIDA, R. M. V.; NOBRE, F. F. Diagramas de Voronoi para a definição de áreas de abrangência de hospitais públicos no Município do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 16 (2): 467-475, abr-jun, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2000000200017>. Disponível em: <https://cadernos.ensp.fiocruz.br/ojs/index.php/csp/article/view/1297>. Acesso em: 24 abr. 2024.

RODRIGUES, J. E. C. **Análise das características socioambientais na cidade de Belém/PA**: um estudo da vegetação e clima urbano. Presidente Prudente, SP, [s.n], 2017, 305 f.: il. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciência e Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, 2017. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10182>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ROLIM, E. S. **Patrimônio Arquitetônico de Cajazeiras-PB**: memória, políticas públicas e educação patrimonial. João Pessoa, PB, 2010. 145 f.: il. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes - CCHLA, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6038>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 3ª ed., 2ª reimp., 128p., 2020.

ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. **International Journal of Climatology**, n. 27, p. 1859-1873, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1591>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1591>. Acesso em: 24 abr. 2024.

RUFINO, I. A. A.; SILVA, S. T. da. Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: uma abordagem metodológica. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, Curitiba-PR, v. 23, n. 1, p.166 - 181, jan - mar, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100011>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702017000100166&lang=pt. Acesso em: 24 abr. 2024.

SALVADOR, M. do S. S.; LUCENA, D. B.; SOUZA, B. I. de; SAMPAIO, T. V. M.; BORGES NETO, I. de O. Tendências de Precipitação e Temperatura na Região Semiárida do Brasil: Estudo de Caso no Cariri Paraibano. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 59, p. 102-126, 2024. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v59i0.93989>. Disponível em:
<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/93989>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SAMPAIO, N. A. de S.; ASSUMPÇÃO, A. R. P. de; FONSECA, B. B. da. **Estatística Descritiva**. Belo Horizonte-MG: Editora Poisson, 2018. E-Book. Disponível em:
https://poisson.com.br/2018/produto/estatistica_descritiva/. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANT'ANNA NETO, J. L. A análise geográfica do clima: produção de conhecimento e considerações sobre o ensino. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 11, n. 2, p. 321-328, 2002. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2002v11n2p321>. Disponível em:
<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6734>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011. Disponível em:
<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25794>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANTOS, B. C. dos; SANCHES, R. G.; MOREIRA, R. M. *et al.* Análise espaço-temporal da precipitação na região central do estado de São Paulo utilizando dados CHIRPS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 2582-2600, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2582-2600>. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/253191>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANTOS, F. A. C. **Alterações no balanço radiativo e impactos climáticos decorrentes do uso da terra no Estado de São Paulo**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2011. Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4728>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANTOS, M. **Território e Sociedade**: entrevista com Milton Santos. São Paulo-SP: Fundação Perseu Abramo. 2ª ed., 2ª reimp., 128p., 2004.

SANTOS, T. V. dos; FREITAS, L. dos A. de; GONÇALVES, R. D.; CHANG, H. K. Mann-Kendall test applied to hydrological data - Performance of TFPW and CV2 filters on trend analysis. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 42, p. e87, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X41928>. Disponível em:
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/41928>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SARAIVA, J. R.; CARACRISTI, I. Análise do clima urbano de Cajazeiras-PB. **Revista Territorium Terram**, [S. l.], v. 5, n. 7, 2022. Disponível em:
http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terrarium/article/view/5203. Acesso em: 24 abr. 2024.

SARAIVA, J. R. **O estudo do clima urbano de pequenas cidades do semiárido brasileiro**: o caso de Cajazeiras-PB. Sobral, CE, 2023. 171 f., il., col. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado em Geografia - MAG da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. Disponível em:

https://ww2.uva.ce.gov.br/apps/view/listagem_dissertacoes.php?buscar=1204.

Acesso em: 24 abr. 2024.

SARMENTO, M. R.; ANDRADE NETO, C. A. de. Revisão de literatura: o desmatamento e as queimadas no Bioma Caatinga. **Revista Foco**, v. 17, n. 7, p. e5399-e5399, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n7-041>. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/5399>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, **Journal of the American Statistical Association**, 63 (324): 1379-1389, 1968. DOI:

<https://doi.org/10.2307/2285891>. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/2285891>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SETZER, V. W. **Dado, Informação, Conhecimento e Competência**. Departamento de Ciência da Computação, Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em:

<https://www.ime.usp.br/~vwsetzer/dado-info.html>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**. v. 52, n. 3/4, pp. 591-611, Dec., 1965. DOI:

<https://doi.org/10.2307/2333709>. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/2333709>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA NETO, B. **Perda da vegetação natural na Chapada do Araripe (1975/2007) no Estado do Ceará**. Rio Claro, SP, 2013. 185 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2013.

Disponível em:

https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=84716. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, A. A. da. **Uso e conservação de um remanescente de caatinga arbórea no município de Cajazeiras-PB**: elementos para gestão ambiental. Recife, Pernambuco, 2002. 199 p. Dissertação, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, 2002. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6781>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, A. C. da C.; PRATA, A. P. do N.; MELLO, A. A. de. Florística, fitossociologia e caracterização sucessional em um remanescente de Caatinga em Sergipe. **Gaia Scientia**, [S.l.], v. 10, n. 4, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/23637>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, D. T.; BISPO, B. R. da S.; ALMEIDA, A. Q. de *et al.* Precipitação estimada por Sensoriamento Remoto no Estado de Sergipe. **Nativa**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 198-204, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i2.7821>. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7821>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, E. D. V.; SOUSA, F. de A. S. de; CAVALCANTI, E. P. *et al.* Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Canada, v. 68, n. 68, p.

781-792, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2005.12.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364682606000034>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, J. R. **Didática aplicada à Geografia**. Brasília-DF: Centro de Seleção e de Promoção de Eventos (CESPE/UnB) / Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC/CE), Programa de Capacitação Profissional do Concurso Público Para Provimento no Cargo de Professor Pleno I, Módulo 5, 2010. 42 p.

SILVA, L. M. T. da. Características da urbanização na Paraíba. **Revista Cadernos do Logepa**, Série Texto Didático, Ano 3, Número 5 - Jul/Dez de 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/logepa/article/view/11009/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, P. E. da; SILVA, C. M. S. e; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. de M. B. Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 2, p. 137-148, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_137_148. Disponível em: <https://revistas.ufjr.br/index.php/aigeo/article/view/30058>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, R. B.; LEAL, L. S.; ALVES, L. S. *et al.* Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. 37 (1), Jan-Mar 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11173711685>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Wfzn8wJVbPssRc9WpYKdxPF/?lang=pt#>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, S. H. P. Geografia Física e Geografia Humana: uma dicotomia a ser superada?. **Outros Tempos: Pesquisa em Foco - História**, [S. l.], v. 4, n. 4, 2007. DOI: <https://doi.org/10.18817/ot.v4i4.411>. Disponível em: https://www.outrostempos.uema.br/index.php/outros_tempos_uma/article/view/411. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOARES, L. P. A precipitação e o critério de escolha de anos-padrão. **Revista de Geociências do Nordeste**. Caicó-RN, v.6, n.2, (Jul-Dez) p.202-212, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID20833>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/20833>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOCHAVA, V. B. Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique. **Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient**. n. 3, p. 94-177, 1962.

SOCHAVA, V. B. **Os Estudos de Geossistemas**. Coleção Métodos em Questão, nº 16, São Paulo, IGEOUSP, 1977.

SONG, Z.; LI, R.; QIU, R. *et al.* Global land surface temperature influenced by vegetation cover and PM_{2.5} from 2001 to 2016. **Remote Sensing**, v. 10, n. 12, p. 2034, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10122034>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/12/2034>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUSA, B. A. A.; NOGUEIRA NETO, C. de S.; BARROZO, G. F.; PEREIRA, B. F.; SILVA, J. ; ABREU, A. A. de. Análise do crescimento urbano da cidade de

Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65020-65033, sep. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-075>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16120/13191>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUSA, S. B. de; FERREIRA, L. G. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002-2011). **Confins. Revista franco-brasileira de geografia**, n. 15, p. 1-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.7631>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/7631>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735, p. 1-27, 25 August 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LIMA, M. T. V.; PALÁCIO, O. D.; OLIVEIRA, C. W. A importância do geoprocessamento na opinião de pessoas apresentadas a um software SIG livre, através de minicursos. **Revista Práxis: saberes da extensão**, [S.I.], v. 10, n. 20, p. 107-122, ago. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/2318-23692022v10n20p107-122>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/praxis/article/view/6169/2078>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; FIRMINO, P. R. A. Releitura sobre a água e a trajetória da política de convivência com as secas no semiárido brasileiro. **Sertão História - Revista Eletrônica do Núcleo de Estudos em História Social e Ambiente**, [S. I.], v. 1, n. 2, p. 55-77, 2022. Disponível em: <http://revistas.urca.br/index.php/SertH/article/view/125>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; ROQUE, R. de L. Análise da Associação dos Registros de Temperaturas em Estações do INMET, para Realização de Estimativas Locais Utilizando Técnicas Geoespacializadas. *In*: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 2436-2447, 2024. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; SILVA, L. H. de S.; ANDRADE, J. V. R. de; FERNANDES, B. J. T. Associação Entre Uso e Ocupação Do Solo e as Temperaturas do Ar: Uma Análise do Período 1990-2020 da Região Geográfica Intermediária de Sousa - Cajazeiras, Estado Da Paraíba. *In*: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 911-932, 2024. Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; PAULA FILHO, F. J. de; MENEZES, J. M. C.; SILVA NETO, B. Inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano utilizando o sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 3138-3155, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3138-3355>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbqfe/article/view/247536>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; SANTOS, Y. T. da C.; ROQUE, R. de L. Açude Grande de Cajazeiras (PB): um insustentável exemplo de descuido com a água no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Educação Ambiental** (RevBEA), [S. l.], v. 15, n. 3, p. 315-337, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.9701>. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/9701>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MOURA NETO, L. G. de; ROQUE, R. de L.; LUCENA, D. B. Abordagem interdisciplinar no proeja: uma proposta para mitigação da evasão escolar. **Cadernos Cajuína**, v. 9, n. 1, p. 1-24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.52641/cadcajv9i1.153>. Disponível em: <https://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/153>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de. **Açude Grande de Cajazeiras-PB: uma análise das suas águas e dos seus usos**. Crato-CE, 2020. 164 f.: il. color. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Cariri, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, 2020. Disponível em: <http://deposita.ibict.br/handle/deposita/175>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de; Caatinga e desertificação. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1089>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, B. S. P. e. A Geografia e a Análise da Natureza. **Revista GeoAmazônia**, v. 3, n. 05, p. 18-34, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v3i05.12428>. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12428>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, C. V. F. de; RANGEL, R. H. O.; CATALDI, M. Avaliação Numérica da Influência da Urbanização no Regime de Convecção e nos Padrões de Precipitação da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 495-508, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786324001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/ktDXwJFPq3cS7CdJ7VHJ4tn/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, J. V. R. de; MARTINS, M. I. B.; AIRES, T. L. B. A. *et al.* Análise da temperatura de superfície e cobertura vegetal na Cidade de Cajazeiras - PB. In: LISTO, F. de L. R.; LISTO, D. G. da S.; SILVA, R. G. da (ed.). **Planejando Cidades, Mitigando Riscos**. Recife-PE: Editora MapGeo. p. 58-68, 2021. Disponível em: <https://www.mapgeoufpe.com.br/downloads>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, J. V. R. de; MARTINS, M. I. B.; AIRES, T. L. B. A.; SOUZA JÚNIOR, T. G. de; RODRIGUES, J. F. dos S. Análise da temperatura de superfície e cobertura vegetal na cidade de Cajazeiras-PB. *In*: LISTO, F. de L. R.; LISTO, D. G. da S.; SILVA, R. G. da (ed.). **Planejando Cidades Mitigando Riscos**. [Formato e-Book] Recife-PE: MapGeo - Mapeamentos e Soluções Geográficas, Empresa Jr., 492p., p. 58-68, 2021. Disponível em: <https://www.mapgeoufpe.com.br/downloads>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, pp. 72-101, Jan., 1904. DOI: <https://doi.org/10.2307/1412159>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1412159>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização**. 15 ed. São Paulo-SP: Contexto, 2005.

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informação**. Ed.: Cengage Learning. 2011.

STAMM, C.; STADUTO, J. A. R.; LIMA, J. F. de.; WADI, Y. M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Interações**, Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 251-265, jul./dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1518-70122013000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/9bhn6dCRJkt8gpV9t6c49JK/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2024.

STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2012, 144 p.

STEINKE, V. A. STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 6, p. 37-56, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25604>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13547>. Acesso em: 24 abr. 2024.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>. Acesso em: 24 abr. 2024.

STURGES, H. A. The Choice of a Class Interval. **Journal of the American Statistical Association**, v. 21, n. 153, pp. 65-66, Mar., 1926. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2965501>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia: uma releitura**. Porto Alegre-RS: Compasso Lugar-Cultura, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/224517>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TAMDJIAN, J. O.; MENDES, I. L. **Geografia: estudos para a compreensão do espaço**. São Paulo-SP: FTD, 1 ed., vol. 2, 2010.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades do oeste Paulista**: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 238p., 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/eaebaa9c-fa4a-4940-b8eb-de1fc461c849>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 1, p. 239-256, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.113406>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/113406>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Intensidade, magnitude e evolução diária da ilha de calor atmosférica em cidades de pequeno porte: análise simultânea a partir das Zonas Climáticas Locais (LCZs). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 30, n. 18, p. 377-401, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.14882>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14882>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. T. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25405>. Acesso em: 24 abr. 2024.

THE DOCUMENT FOUNDATION. **OpenOffice.org**. 2019. Disponível em: <http://pt-br.www.libreoffice.org/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro-RJ: IBGE/SUPREN, 1977. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=29679&view=detalhes>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**, Addison-Wesley, 1977.

ULTRAMARI, C. Conceito de Cidade: dificuldades e razões para formulá-lo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [S. l.], v. 15, n. 6, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5201>. Acesso em: 24 abr. 2024.

UN - UNITED NATIONS. **World Cities Report 2022**: Envisaging the Future of Cities. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Nairobi, Kenya. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

UNESP - Universidade Estadual Paulista. **Diferença entre temperatura e calor - 1**. Disponível em: <https://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/fte01.htm>. Acesso em: 24 abr. 2024.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Explorer**. 2020. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VALLADARES NETO, J.; SANTOS, C. B. dos; TORRES, E. M.; ESTRELA, C. *Boxplot*: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativossticos. **Revista Odontológica do Brasil Central - ROBRAC**. 26(76): 1-6. 2017. DOI: <https://doi.org/10.36065/robrac.v26i76.1132>. Disponível em: <https://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1132>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VASCONCELOS, L. C. S.; ZAMPARONI, C. A. G. P. Análise do microclima em Cuiabá-MT: Um estudo de caso nos Bairros Duque de Caxias e dos Bandeirantes. **Geoambiente On-Line**: Jataí-GO, n.16, jan-jun/2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i16.26018>. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/26018>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VIEIRA, V. A. G. M.; RAMOS, A. W. P.; TIEPPO, R. C. Análise temporal da dinâmica da paisagem do Município de Denise-Mato Grosso, Brasil. **Revista Cerrados**, [s. l.], v. 19, n. 01, p. 160-180, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46551/rc24482692202107>. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/2370>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VILELA, M. A. M. A. **Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando Sensoriamento Remoto**. Uberlândia, MG, 2010. 120 p. il. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14144>. Acesso em: 24 abr. 2024.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092427160900046X>. Acesso em: 24 abr. 2024.

WONG, N. H.; CHEN, Y. **Tropical Urban Heat Islands. Climate, buildings and greenery**. Abingdon: Taylor and Francis, 2009.

WULF, A. **A invenção da natureza**: a vida e as descobertas de Alexander von Humboldt. Tradução Renato Marques. São Paulo-SP: Planeta [eBook Kindle], 1. ed., 2016.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. de O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, n. 11, p. 75-89, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5418/RA2013.0911.0007>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6493>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ZILBOVICIUS, M.; PIQUEIRA, J. R. C.; SZNELVAR, L. Complexity engineering: New ideas for engineering design and engineering education. **Engineering Sciences: An. Acad. Bras. Ciênc.**, v. 92, n. 3, p. e20191489, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181489>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/4smJv4qQMhFWMxJ47D6VYDH/?lang=en>. Acesso em: 24 abr. 2024.

APÊNDICES

Apêndice A: Detalhamento do resultado dos testes de Mann-Kendall aplicados nas temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) dos Quadrantes (Q01 a Q40) e da estação meteorológica 82689-São Gonçalo

QUADRANTE	TESTE M-K MÁXIMAS	P-VALUE MÁXIMAS	TESTE M-K MÉDIAS	P-VALUE MÉDIAS	TESTE M-K MÍNIMAS	P-VALUE MÍNIMAS	CLASSE DE ALTITUDE	INTERVALO DE ALTITUDE
Q01	0,015559201	> 0,05	0,013889317	> 0,05	0,020342464	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q02	0,017178966	> 0,05	0,015978652	> 0,05	0,023528745	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q03	0,016552896	> 0,05	0,015336074	> 0,05	0,022139732	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q04	0,016321062	> 0,05	0,014820335	> 0,05	0,020524116	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q05	0,015141880	> 0,05	0,014647396	> 0,05	0,020956151	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q06	0,015142327	> 0,05	0,013809565	> 0,05	0,019637523	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q07	0,015632134	> 0,05	0,014581192	> 0,05	0,020618941	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q08	0,017163727	> 0,05	0,016385654	> 0,05	0,024922944	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q09	0,017316687	> 0,05	0,016130421	> 0,05	0,022975769	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q10	0,015094585	> 0,05	0,014924236	> 0,05	0,020262728	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q11	0,016436502	> 0,05	0,016201171	> 0,05	0,021349453	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q12	0,014020756	> 0,05	0,013770300	> 0,05	0,018797572	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q13	0,014127046	> 0,05	0,013933937	> 0,05	0,019067644	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q14	0,015889488	> 0,05	0,015241042	> 0,05	0,022767255	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q15	0,016100111	> 0,05	0,014316484	> 0,05	0,021116569	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q16	0,015016545	> 0,05	0,014349176	> 0,05	0,018626643	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q17	0,014521600	> 0,05	0,014096778	> 0,05	0,019510111	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q18	0,013408729	> 0,05	0,013749787	> 0,05	0,017974199	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q19	0,012636355	> 0,05	0,012903007	> 0,05	0,017111308	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q20	0,016897061	> 0,05	0,016204494	> 0,05	0,022476570	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q21	0,016466207	> 0,05	0,015745945	> 0,05	0,020594065	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q22	0,015416057	> 0,05	0,015346410	> 0,05	0,020094653	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q23	0,013364221	> 0,05	0,013517619	> 0,05	0,017811347	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q24	0,014711629	> 0,05	0,014831968	> 0,05	0,018936260	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q25	0,013614823	> 0,05	0,013576047	> 0,05	0,017426385	> 0,05	C01	[260 m a 307 m]
Q26	0,016422254	> 0,05	0,016038089	> 0,05	0,020985658	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q27	0,016725011	> 0,05	0,017021906	> 0,05	0,022566603	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q28	0,014099281	> 0,05	0,014402491	> 0,05	0,018246450	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q29	0,013106722	> 0,05	0,013455720	> 0,05	0,017554414	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q30	0,013965831	> 0,05	0,014870961	> 0,05	0,018510590	> 0,05	C04	[401 m a 448 m]
Q31	0,012897408	> 0,05	0,014146679	> 0,05	0,017359974	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q32	0,010984542	> 0,05	0,011246192	> 0,05	0,015511347	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q33	0,010692085	> 0,05	0,012332487	> 0,05	0,015960093	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q34	0,016070891	> 0,05	0,016917674	> 0,05	0,021054986	> 0,05	C05	[448 m a 495 m]
Q35	0,015222844	> 0,05	0,017086852	> 0,05	0,020201874	> 0,05	C05	[448 m a 495 m]
Q36	0,013160710	> 0,05	0,014191416	> 0,05	0,018855082	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q37	0,014609471	> 0,05	0,015241154	> 0,05	0,019412801	> 0,05	C03	[354 m a 401 m]
Q38	0,012109913	> 0,05	0,013250475	> 0,05	0,017121014	> 0,05	C02	[307 m a 354 m]
Q39	0,014419654	> 0,05	0,015666579	> 0,05	0,019078477	> 0,05	C04	[401 m a 448 m]
Q40	0,013834659	> 0,05	0,014590205	> 0,05	0,016802139	> 0,05	C06	[495 m a 542 m]
São Gonçalo	0,103110400	< 0,05	0,093206280	< 0,05	0,141496700	< 0,05	-	234,32405532 m

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice B: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N	N	N
1991	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N	N	N
1992	N	N	N	N	N	N	N	F	F	F	N	N	N
1993	N	N	N	N	N	N	N	F	F	N	Q	N	N
1994	F	F	F	F	N	N	F	N	F	N	N	N	F
1995	N	F	N	F	F	F	F	N	N	N	F	N	F
1996	N	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	N	F
1997	F	F	N	N	F	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q	Q	Q	N	Q
1999	N	N	F	Q	N	Q	Q	N	N	F	F	F	N
2000	F	N	F	F	N	N	N	F	F	F	N	N	F
2001	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N
2002	F	F	F	F	F	F	Q	Q	N	N	N	Q	F
2003	N	F	N	N	N	Q	Q	Q	N	N	N	N	N
2004	F	F	F	N	N	F	F	N	N	N	N	Q	N
2005	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2006	Q	Q	F	F	F	F	N	N	N	N	N	Q	N
2007	Q	Q	N	N	N	N	N	F	F	F	N	N	N
2008	N	F	F	F	F	F	F	F	N	N	N	F	F
2009	N	N	N	N	F	F	F	F	N	F	F	F	F
2010	F	N	Q	Q	N	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	N	N	F	N	F	N	N	F	F	F	F
2012	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	F	F	Q
2014	Q	N	N	N	Q	Q	N	Q	Q	F	F	N	N
2015	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2016	F	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	N	N	Q	Q	N	F	Q	N	Q	Q	Q	Q
2018	Q	N	N	F	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	F	Q
2019	N	Q	Q	N	Q	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q
2020	N	N	N	N	N	F	N	Q	Q	Q	F	N	N
MIN	30,74	31,24	30,95	30,74	30,18	29,89	30,20	31,98	33,67	34,30	33,90	33,30	32,71
Q25	33,20	32,25	31,79	31,31	30,99	30,80	31,56	33,05	34,52	35,42	35,37	35,16	33,08
Q50	34,36	33,26	32,52	32,21	31,72	31,53	31,96	33,43	34,78	35,58	35,86	35,48	33,47
Q75	34,76	33,61	33,02	32,65	32,03	32,46	32,65	33,98	35,35	35,96	36,04	35,79	33,92
MAX	36,19	35,65	35,48	34,92	35,15	34,41	34,55	35,29	36,26	37,03	37,52	37,33	34,95
AMP	5,45	4,40	4,54	4,18	4,97	4,52	4,35	3,32	2,59	2,73	3,61	4,03	2,24
MÉD	34,06	33,09	32,58	32,14	31,85	31,68	32,06	33,58	34,99	35,75	35,74	35,45	33,58

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice C: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas médias da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1991	Q	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1992	Q	N	N	N	N	N	N	F	F	N	N	N	N
1993	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N	Q	N	N
1994	N	F	F	F	N	N	N	N	F	N	N	N	N
1995	Q	F	N	F	F	F	F	N	N	N	N	N	F
1996	F	N	F	F	F	F	F	N	Q	N	N	N	N
1997	F	F	N	F	F	F	Q	N	N	Q	N	Q	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q	Q	Q	N	Q
1999	N	N	F	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2000	F	F	F	F	N	N	F	N	F	N	N	N	F
2001	N	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N	N
2002	F	F	F	F	F	F	Q	N	N	N	N	Q	F
2003	N	N	N	N	N	Q	N	N	N	N	N	Q	N
2004	F	F	N	N	N	F	F	N	N	F	F	F	F
2005	N	Q	Q	N	N	N	N	Q	F	N	N	N	N
2006	N	N	F	F	F	F	F	F	N	F	N	N	F
2007	N	Q	N	N	N	N	N	N	F	F	F	F	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F	F
2009	F	F	N	N	F	F	F	F	N	F	F	F	F
2010	F	N	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	N	F	N	F	F	F	F	F	F	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	F	N	N	N	N
2013	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	N	F	F	F	Q
2014	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	Q	N	N	Q	Q	Q	Q
2016	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	Q	Q	Q	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2018	Q	N	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q
2019	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2020	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q
MIN	25,14	25,23	25,45	25,27	24,62	23,87	24,24	25,27	27,04	26,92	26,90	26,09	25,95
Q25	27,08	26,12	25,81	25,69	25,40	25,03	25,19	26,02	27,21	27,84	27,89	27,86	26,51
Q50	27,62	27,04	26,58	26,35	25,89	25,34	25,56	26,39	27,43	28,06	28,22	28,21	26,92
Q75	27,91	27,39	26,88	26,85	26,24	25,68	26,14	27,01	27,71	28,55	28,67	28,68	27,10
MAX	29,69	28,06	28,35	27,80	28,49	27,75	27,44	27,81	28,63	29,75	30,23	30,33	28,18
AMP	4,55	2,83	2,90	2,53	3,87	3,87	3,20	2,54	1,59	2,83	3,33	4,24	2,22
MÉD	27,45	26,82	26,51	26,29	25,93	25,45	25,62	26,53	27,59	28,22	28,39	28,34	26,93

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice D: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas da estação meteorológica 82689-São Gonçalo (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1991	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1992	N	N	N	N	N	N	N	F	F	F	N	N	N
1993	N	N	F	F	N	N	N	N	N	N	Q	N	N
1994	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1995	N	N	F	N	N	F	N	F	F	N	N	N	N
1996	N	N	N	N	F	N	N	N	N	N	N	N	N
1997	F	F	F	F	F	F	N	Q	F	N	N	N	N
1998	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q	N	Q	N	Q
1999	Q	N	N	N	N	F	N	N	Q	N	N	N	N
2000	N	N	N	N	N	N	N	N	N	F	N	N	N
2001	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	N
2002	N	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	N	Q	N
2003	N	N	Q	Q	N	N	F	N	N	N	N	N	N
2004	N	F	F	F	F	F	F	F	N	F	F	F	F
2005	F	F	N	F	F	N	F	N	F	N	F	N	F
2006	F	N	F	F	F	F	F	F	N	F	F	F	F
2007	F	N	N	F	F	N	F	N	F	F	F	F	F
2008	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F	F	F	F
2009	F	F	F	N	Q	F	F	F	N	F	F	F	F
2010	F	F	N	N	N	N	N	F	F	F	F	F	F
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F	F	F
2012	N	F	N	N	Q	Q	N	Q	F	N	N	N	N
2013	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q	N	Q	N	N	Q
2014	N	Q	N	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	N	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q
2016	Q	Q	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2018	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2019	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2020	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	Q	Q	Q	Q	Q
MIN	19,24	19,30	19,02	19,08	18,53	17,72	16,78	16,14	18,18	20,17	20,25	19,45	19,30
Q25	22,07	21,77	21,86	21,75	20,70	19,49	19,01	19,40	20,46	21,39	21,77	22,11	21,00
Q50	22,28	22,10	22,15	21,92	21,25	20,00	19,50	19,85	20,72	21,69	22,23	22,44	21,32
Q75	23,00	22,61	22,51	22,50	21,81	21,01	20,35	20,32	21,41	22,32	22,95	23,43	21,88
MAX	24,58	23,78	23,79	23,67	22,87	21,54	21,53	21,61	22,64	23,81	24,33	24,63	22,92
AMP	5,35	4,48	4,77	4,58	4,34	3,82	4,75	5,48	4,46	3,63	4,09	5,18	3,62
MÉD	22,44	22,14	22,20	22,05	21,24	19,97	19,58	19,80	20,87	21,86	22,37	22,61	21,43

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice E: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas do quadrante Q09 (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	N	Q	N	F	N	N	Q
1991	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	N	N	N
1993	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	N	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	N	N	F	F	N	N	Q	F	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	N	N	N	F	N	F
1997	N	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	Q	N	Q	N	N	Q	Q	N	F	F	F	N
2000	F	F	N	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	N	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	N	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	N	N	N	N	Q	N	N
2006	Q	N	N	F	N	F	N	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	Q	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	N	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	Q	Q	N	Q	Q	Q
2016	F	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	N	N	F	N	F	N	N	Q	N
2018	Q	N	N	F	F	N	N	Q	Q	Q	Q	F	N
2019	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2020	F	N	F	N	F	F	N	Q	N	Q	N	N	N
MIN	29,80	30,20	29,30	28,10	28,10	28,00	28,10	30,10	31,20	32,50	32,00	31,70	30,45
Q25	32,05	31,05	30,10	29,40	28,95	28,85	29,40	30,70	32,15	33,10	33,40	33,15	31,16
Q50	32,50	31,20	30,30	29,90	29,10	29,30	29,90	30,90	32,40	33,40	33,70	33,70	31,31
Q75	33,10	31,75	30,75	30,45	29,75	29,80	30,20	31,20	32,80	33,85	34,10	34,05	31,61
MAX	33,90	34,30	33,40	32,90	31,20	30,90	31,30	32,00	33,40	34,40	35,00	35,10	32,64
AMP	4,10	4,10	4,10	4,80	3,10	2,90	3,20	1,90	2,20	1,90	3,00	3,40	2,19
MÉD	32,44	31,47	30,55	29,97	29,30	29,32	29,79	30,99	32,41	33,45	33,68	33,59	31,41

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice F: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas médias do quadrante Q35 (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	F	N	N	Q
1991	N	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	F	N	Q	N	N	N	F	N	N	N	N
1993	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	N	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	N	N	F	F	N	N	Q	N	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	Q	N	N	F	N	F
1997	N	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	Q	N	Q	N	N	Q	N	N	F	F	F	N
2000	F	F	F	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	N	N	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	N	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	F	N	N	N	Q	N	N
2006	Q	N	F	F	N	F	N	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	N	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	F	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	Q	Q	N	Q	Q	Q
2016	F	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	N	N	F	N	F	N	N	Q	N
2018	Q	N	N	F	F	N	N	Q	N	Q	Q	F	N
2019	N	N	N	N	N	Q	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2020	F	N	F	N	N	F	N	Q	N	Q	F	N	N
MIN	24,60	24,25	23,85	23,50	22,50	21,90	21,80	22,90	23,90	25,15	24,90	25,60	24,03
Q25	25,60	25,10	24,80	24,20	23,40	22,70	22,65	23,50	24,75	25,75	26,30	26,40	24,78
Q50	26,10	25,35	24,95	24,70	23,60	23,20	23,20	23,70	25,10	26,05	26,60	26,90	24,89
Q75	26,60	25,95	25,30	25,15	24,25	23,68	23,60	24,00	25,48	26,40	27,05	27,30	25,20
MAX	27,50	27,70	27,30	26,70	25,60	24,60	24,60	24,80	26,00	27,05	28,00	28,40	26,19
AMP	2,90	3,45	3,45	3,20	3,10	2,70	2,80	1,90	2,10	1,90	3,10	2,80	2,16
MÉD	26,09	25,55	25,13	24,69	23,77	23,19	23,18	23,78	25,04	26,08	26,62	26,87	25,00

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice G: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas do quadrante Q08 (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	N	Q	Q	F	N	N	N
1991	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	F	N	N	N	N	N	F	N	N	N	N
1993	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	F	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	F	F	F	F	N	N	Q	N	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	N	Q	N	F	N	F
1997	N	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	Q	N	Q	N	N	Q	Q	N	F	F	F	N
2000	F	F	F	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	F	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	F	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	F	N	N	N	Q	N	N
2006	Q	N	F	F	F	F	N	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	Q	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	N	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	Q	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	N	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	Q	Q	N	Q	Q	Q
2016	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	Q	Q	N	Q	F	N	N	Q	Q
2018	Q	Q	N	N	N	N	N	Q	N	Q	Q	N	N
2019	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2020	N	N	F	N	N	F	N	Q	N	Q	N	N	N
MIN	20,60	20,50	20,50	20,30	19,30	18,20	17,90	18,40	19,20	20,40	20,40	21,20	20,00
Q25	21,60	21,35	21,35	20,95	20,15	19,00	18,80	19,05	20,15	21,00	21,80	22,10	20,76
Q50	22,00	21,60	21,60	21,50	20,30	19,50	19,30	19,30	20,40	21,30	22,10	22,50	20,89
Q75	22,60	22,30	21,95	21,90	21,10	20,00	19,60	19,60	20,70	21,65	22,55	22,95	21,21
MAX	23,40	23,60	23,30	23,50	22,40	21,10	20,70	20,40	21,30	22,30	23,40	24,00	22,21
AMP	2,80	3,10	2,80	3,20	3,10	2,90	2,80	2,00	2,10	1,90	3,00	2,80	2,21
MÉD	22,06	21,80	21,73	21,46	20,54	19,48	19,21	19,35	20,38	21,33	22,08	22,51	20,99

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice H: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas máximas do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	N	Q	N	F	F	N	Q
1991	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	F	N	Q	N	N	N	F	F	N	N	N
1993	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	F	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	N	N	F	F	N	N	Q	F	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	N	N	N	F	N	F
1997	N	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	Q	N	Q	N	N	Q	N	N	F	F	F	N
2000	F	F	N	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	N	F	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	F	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	F	N	N	N	Q	F	N
2006	Q	N	F	F	N	F	N	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	F	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q	Q	Q
2016	F	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	N	N	F	N	F	N	N	Q	N
2018	Q	N	F	F	F	N	N	Q	Q	Q	Q	F	N
2019	N	N	N	N	N	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q
2020	F	N	F	N	F	F	N	Q	N	Q	N	N	N
MIN	29,48	29,99	29,17	27,98	27,84	27,74	27,79	29,74	30,88	32,18	31,71	31,54	30,19
Q25	31,81	30,82	29,99	29,32	28,70	28,55	29,06	30,37	31,79	32,79	33,08	32,89	30,93
Q50	32,26	30,99	30,20	29,73	28,92	29,04	29,57	30,58	32,08	33,08	33,36	33,44	31,05
Q75	32,82	31,58	30,59	30,29	29,59	29,53	29,88	30,87	32,47	33,46	33,80	33,79	31,37
MAX	33,65	34,07	33,30	32,85	30,99	30,62	30,96	31,71	32,98	34,06	34,72	34,85	32,37
AMP	4,17	4,08	4,14	4,87	3,15	2,88	3,17	1,97	2,11	1,88	3,01	3,31	2,18
MÉD	32,21	31,27	30,42	29,85	29,08	29,06	29,47	30,65	32,05	33,12	33,38	33,36	31,16

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice I: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas médias do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	N	Q	N	F	F	N	Q
1991	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	F	N	Q	N	N	N	F	F	N	N	N
1993	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	F	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	N	N	F	F	N	N	Q	F	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	N	N	N	F	N	F
1997	N	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	Q	N	Q	N	N	Q	N	N	F	F	F	N
2000	F	F	F	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	F	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	F	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	F	N	N	N	Q	F	N
2006	Q	N	F	F	N	F	N	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	Q	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	F	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q	Q	Q
2016	F	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	N	N	F	N	F	N	N	Q	N
2018	Q	N	N	F	F	N	N	Q	N	Q	Q	F	N
2019	N	N	N	N	N	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q
2020	F	N	F	N	F	F	N	Q	N	Q	N	N	N
MIN	25,51	25,15	24,76	24,37	23,40	22,79	22,86	23,88	24,92	26,08	25,88	26,46	24,95
Q25	26,55	25,99	25,63	25,04	24,25	23,61	23,73	24,51	25,75	26,69	27,25	27,29	25,69
Q50	27,00	26,21	25,82	25,45	24,48	24,09	24,23	24,74	26,04	26,98	27,53	27,85	25,82
Q75	27,56	26,79	26,18	26,01	25,17	24,62	24,55	25,01	26,39	27,36	27,97	28,20	26,13
MAX	28,40	28,54	28,18	27,60	26,55	25,67	25,62	25,79	26,94	27,96	28,88	29,26	27,13
AMP	2,89	3,38	3,43	3,23	3,15	2,88	2,76	1,91	2,03	1,88	3,01	2,80	2,18
MÉD	26,99	26,43	26,00	25,56	24,67	24,12	24,16	24,79	26,00	27,02	27,54	27,78	25,92

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

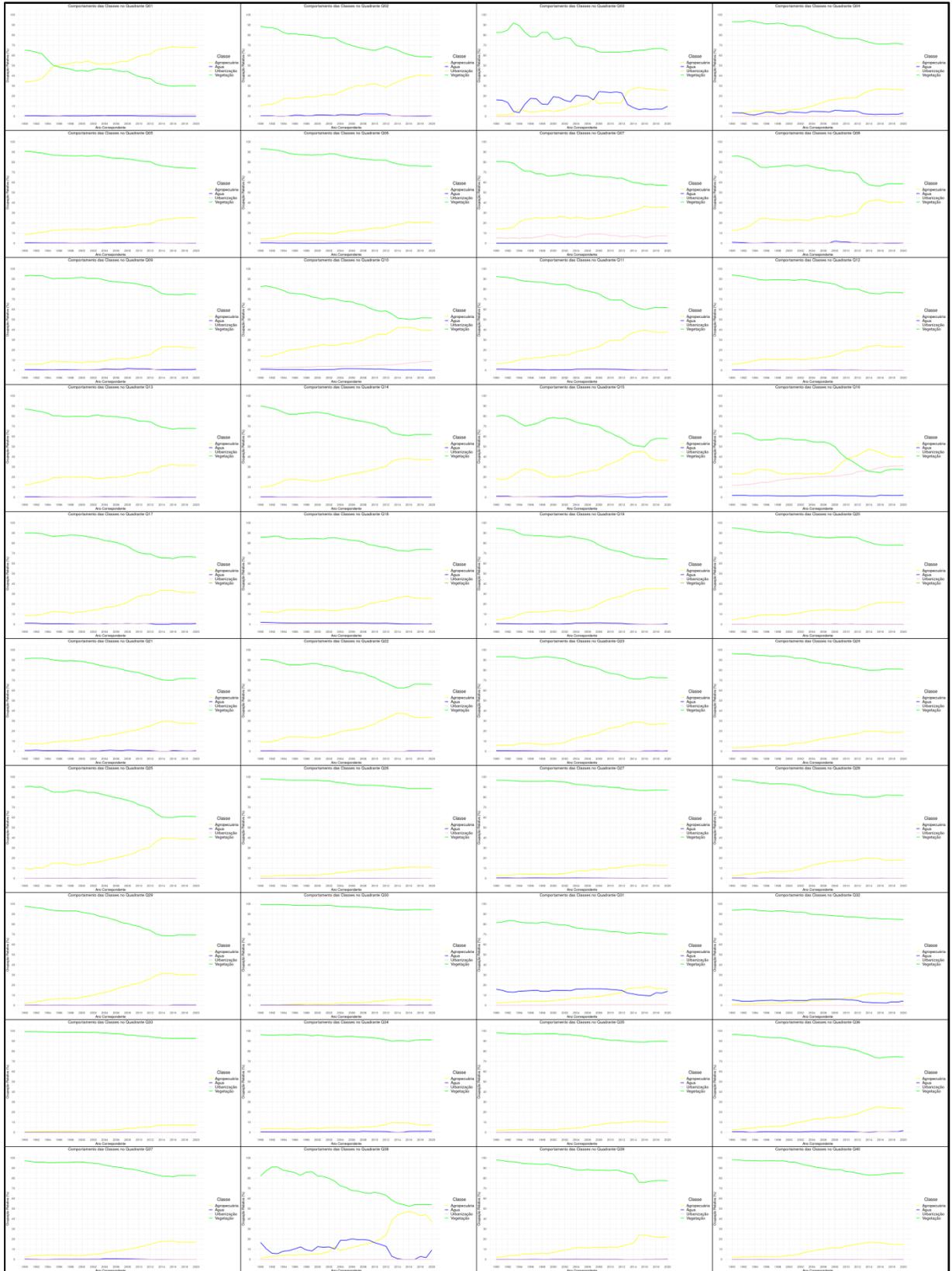
Apêndice J: Heat map do método dos quantis aplicado às temperaturas mínimas do valor médio de todos os 40 quadrantes (1990 a 2020)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1990	Q	N	Q	N	N	Q	N	Q	N	F	F	N	Q
1991	F	N	N	Q	N	N	N	F	N	F	F	N	N
1992	Q	F	F	N	N	N	N	N	F	F	N	F	N
1993	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	Q	Q
1994	N	F	F	F	N	F	F	N	N	N	N	N	F
1995	N	F	N	N	N	F	F	N	N	Q	F	N	F
1996	N	N	F	F	F	N	N	N	N	N	F	N	F
1997	F	N	N	F	F	N	N	N	Q	Q	N	N	N
1998	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1999	N	N	N	Q	N	N	Q	N	N	F	F	F	N
2000	F	F	F	N	N	N	N	F	F	N	N	F	F
2001	N	N	N	N	Q	N	N	N	Q	F	N	N	N
2002	F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	N
2003	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q
2004	F	F	Q	N	N	F	F	F	F	N	N	Q	F
2005	N	Q	Q	Q	F	N	F	N	N	N	Q	F	N
2006	Q	N	F	F	F	F	F	N	N	N	N	N	N
2007	Q	F	N	N	N	N	Q	F	F	N	N	N	N
2008	N	N	F	F	F	F	F	F	N	Q	Q	N	F
2009	N	F	N	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F
2010	F	Q	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	N	F	N
2011	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	F
2012	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	N
2013	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q	N	F	F	N
2014	N	N	N	N	N	Q	Q	N	N	F	F	F	N
2015	N	N	N	N	Q	Q	N	N	Q	N	Q	Q	Q
2016	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2017	Q	Q	N	N	Q	Q	N	Q	F	N	N	Q	Q
2018	Q	Q	N	F	N	N	N	Q	N	Q	Q	N	N
2019	N	N	N	N	N	Q	N	N	Q	Q	Q	Q	Q
2020	F	N	F	N	F	F	N	Q	N	Q	N	N	N
MIN	20,26	20,32	20,35	20,09	18,96	17,84	17,53	18,02	18,87	19,99	20,04	20,86	19,70
Q25	21,34	21,15	21,22	20,76	19,87	18,66	18,45	18,65	19,71	20,60	21,41	21,72	20,45
Q50	21,78	21,37	21,41	21,18	20,04	19,15	18,90	18,88	20,00	20,90	21,70	22,26	20,57
Q75	22,30	22,10	21,80	21,74	20,85	19,73	19,21	19,18	20,34	21,26	22,14	22,61	20,92
MAX	23,14	23,32	23,20	23,29	22,11	20,72	20,29	19,93	20,90	21,86	23,05	23,67	21,88
AMP	2,89	3,00	2,85	3,20	3,15	2,88	2,76	1,91	2,03	1,88	3,01	2,80	2,18
MÉD	21,78	21,59	21,58	21,27	20,26	19,18	18,84	18,93	19,96	20,93	21,70	22,19	20,68

LEGENDA: F = Frio N = Normal Q = Quente

Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice K: Percentual de ocupação das classes de uso e cobertura do solo, nos quadrantes de Q01 a Q40, entre 1990 e 2020



Fonte: Autoria própria (2024).

Apêndice L: Demais dados tabulados da pesquisa

Para baixar os dados tabulados da pesquisa, acesse o [link](https://drive.google.com/drive/folders/1F13HXtegKZZ3gpYNW98lahTKfqPS8aCQ?usp=drive_link), digite em seu navegador o endereço eletrônico [https://drive.google.com/drive/folders/1F13HXtegKZZ3gpYNW98lahTKfqPS8aCQ?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1F13HXtegKZZ3gpYNW98lahTKfqPS8aCQ?usp=drive_link), ou faça a leitura do **QR Code**.

