

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM DIFERENTES
BIOMAS NO ESTADO DA BAHIA – BRASIL**

LAIR CRISTINA AVELINO DO NASCIMENTO

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
MAIO - 2022

LAIR CRISTINA AVELINO DO NASCIMENTO

**COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM DIFERENTES
BIOMAS NO ESTADO DA BAHIA – BRASIL**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais para a obtenção
do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

MAIO – 2022

N244c Nascimento, Lair Cristina Avelino do.

Comportamento de variáveis climáticas em diferentes biomas no estado da Bahia - Brasil. / Lair Cristina Avelino do Nascimento, 2022.

65f.

Orientador (a): Dr. Cristiano Tagliaferre.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referências. 57 - 65.

1. Tendências climáticas - Impactos. 2. Variabilidade climática. 3. Mudanças no uso da terra. I. Tagliaferre, Cristiano. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD: 551.6

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

Lair Cristina Avelino do Nascimento

Comportamento de variáveis climáticas em diferentes biomas no estado da Bahia – Brasil.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 27 de maio de 2022.

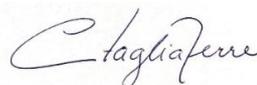
Comissão Examinadora:



Prof^a. Flora Magdaline Benitez, (D.Sc., Ciência Florestal) – CAPES/PNPD



Prof. Alessandro de Paula (D.Sc., Ecologia e Recursos Naturais) - UESB



Prof. Cristiano Tagliaferre (D.Sc., Engenharia Agrícola) - UESB
Orientador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãos, amados avós e amigos de longa data, por acreditarem em mim e ajudarem a realizar os meus planos.

Aos laços criados desde o primeiro dia de aula, agradeço por dividirem o cotidiano comigo, desde as alegrias, dificuldades e aprendizados que superamos juntos. Vocês foram essenciais Ana Flávia, Héveli Kalini, Juliana Pinheiro e Maicon Silva.

Aos colegas do laboratório de hidráulica, irrigação e drenagem, especialmente Theilon Henrique, Lorena Gonçalves, Rosilene Pinheiro, Bismarc Silva e Genilson Lima por compartilharem suas experiências e conselhos.

À Fabrícia Teixeira, em nome do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, que sempre esteve disposta em ajudar bem como orientar a obter êxito no decorrer do curso. Além de ser uma amiga conselheira que me acolheu e instruiu durante a minha estadia no estado.

Em especial, um agradecimento aos professores Alessandro de Paula e Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia pelo conhecimento compartilhado e por sempre incentivarem o meu melhor desempenho, também se solidarizando com as diversidades durante o decorrer do curso.

Ao orientador, Cristiano Tagliaferre, pela confiança no trabalho desenvolvido.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo financiamento da bolsa, registro meu agradecimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Clima e ambiente	17
2.1.1. Ciclo hidrológico	19
2.1.2. Temperatura	20
2.2. Mudanças climáticas e florestas	21
2.2.1. Cobertura vegetal e microclima	23
2.3. O estado da Bahia.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Área de estudo.....	27
3.2. Índices Climáticos	28
3.3. Uso e cobertura da terra	31
3.4. Análise estatística	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1. Estatística descritiva dos fatores climáticos por ambiente e estação para o período de 1989 a 2019	35
4.2. Análise da tendência nos índices climáticos precipitação e temperatura durante o período de 1989 a 2019	40
4.2.1. Tendência de precipitação	40
4.2.2. Tendência de temperatura	43
4.2.3. Análise da distribuição de tendências de precipitação e temperatura nos biomas do estado da Bahia.....	46
4.3. Análise da mudança no uso e cobertura da terra do município de Bom Jesus da Lapa - BA durante o período de 1989 a 2019	48
4.3.1. Correlação de tendências nos índices climáticos com a redução de cobertura florestal.....	52
5. CONCLUSÃO	56

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas e biomas que compõem o estado da Bahia - Brasil e localização de estações limítrofes utilizadas para subsidiar o preenchimento de falhas.....	28
Figura 2 - Fluxograma dos níveis de classe de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (Souza et al., 2020).....	32
Figura 3 - Mapeamento do uso e ocupação da terra do município de Bom Jesus da Lapa no período de 1989 e 2019.	50
Figura 4 - Correlação entre as variáveis climáticas e as classes de uso e cobertura da terra no município de Bom Jesus da Lapa durante 1989 a 2019, na parte superior; histograma das variáveis, na diagonal; gráfico de dispersão das correlações, na parte inferior.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das estações meteorológicas utilizadas para cada bioma	29
Tabela 2 - Localização de estações meteorológicas de regiões limítrofes utilizadas para o preenchimento de falhas da serie de dados em estudo	30
Tabela 3 - Estatísticas descritiva do índice precipitação durante o período 1989 a 2019 das estações analisadas no estado da Bahia por ambiente	35
Tabela 4 - Estatísticas descritiva do índice temperatura durante o período 1989 a 2019 das estações analisadas no estado da Bahia por ambiente	39
Tabela 5 - Valores de tendência de precipitação durante o período de 1989 a 2019 em localizações do estado da Bahia	41
Tabela 6 - Valores de tendência de precipitação durante o período de 1989 a 2019 em localizações do estado da Bahia	43
Tabela 7 - Distribuição de tendências de precipitação média total nos ambientes do estado Bahia	46
Tabela 8 - Distribuição de tendências na temperatura média anual nos ambientes do estado Bahia	47
Tabela 9 - Valores de tendência de uso e cobertura da terra durante o período de 1989 a 2019 no município Bom Jesus da Lapa – Bahia	48

RESUMO

NASCIMENTO, Lair Cristina Avelino. M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, maio de 2022. **Comportamento de variáveis climáticas em diferentes biomas no estado da Bahia – Brasil**. Orientador: Cristiano Tagliaferre.

Diante das constantes ocorrências de eventos climáticos, como secas e inundações, que geram grande impactos nos setores econômicos, as alterações no clima e os fatores que podem influenciar esses eventos são considerados uma das maiores preocupações da sociedade. Considerando que os índices climáticos precipitação e temperatura são variáveis caracterizantes do clima e que são elementos que desempenham um papel fundamental nos ciclos terrestres, juntamente com a cobertura florestal, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de tendências no comportamento das variáveis climáticas, precipitação e temperatura nos últimos anos, verificando a possível relação com as mudanças no uso e cobertura da terra no estado da Bahia. Foram utilizados dados de precipitação total e temperatura máxima, mínima e média em escala anual e sazonal (chuvoso e seco) de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia correspondente ao período de 1989 a 2019, disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Assim como também foram utilizados os dados estatísticos e mapeamento de uso e cobertura da terra da coleção 6.0 da plataforma MapBiomas do período de 1989 a 2019. As localidades foram agrupadas por bioma ao qual pertence, a fim de melhor entender o comportamento regional. Primeiramente, foi realizada a análise descritiva dos índices climáticos, precipitação e temperatura, buscando compreender a dinâmica das variáveis agrupadas. Posteriormente, foram realizados os testes de Mann Kendall para a precipitação e temperatura de cada localidade em busca de detectar a ocorrência de tendência durante o período de 1989 a 2019. Com base dos resultados obtidos de tendência nas variáveis climáticas, foi realizada a análise de uso e ocupação da terra para o município de Bom Jesus da Lapa, entre os anos de 1989 e 2019. O comportamento da precipitação por bioma não foi homogêneo apesar de não apresentar elevadas discrepâncias, já a temperatura apresenta maior similaridade de comportamento por biomas. As tendências de diminuição de precipitação e elevação de temperatura no período de 1989 a 2019 foram confirmadas para algumas localidades, como para o município de Bom Jesus da Lapa, porém não foi possível verificar se o bioma Caatinga foi mais

suscetível para essas ocorrências de tendência. As mudanças no uso e cobertura da terra no município de Bom Jesus da Lapa indicaram uma mudança significativa na redução de área coberta por floresta pela expansão da agropecuária. Ainda sobre o mesmo município foi observado que as reduções em áreas florestais estão correlacionadas com a elevação de temperatura, assim como a expansão da agropecuária. Os índices climáticos apresentam diferentes comportamento no estado da Bahia e as mudanças na cobertura e uso da terra podem gerar impactos no comportamento das variáveis climáticas.

Palavras-chaves: tendências climáticas, variabilidade climática, mudanças no uso da terra.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Lair Cristina Avelino. M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, maio de 2022. **Behavior of climatic variables in different biomes in the state of Bahia – Brazil**. Orientador: Cristiano Tagliaferre.

Faced with the constant occurrence of climatic events, such as droughts and floods, which generate major impacts on economic sectors, climate changes and the factors that can influence these events are considered one of society's greatest concerns. Considering that climatic indices, precipitation and temperature are variables that characterize the climate and that are elements that play a fundamental role in terrestrial cycles, together with forest cover, the present work aimed to evaluate the occurrence of trends in the behavior of the variables. climate. , precipitation and temperature in recent years, verifying the possible relationship with changes in land use and cover in the state of Bahia. Total precipitation and maximum, minimum and average temperature data were used on an annual and seasonal scale (rainy and dry) from the meteorological stations of the National Institute of Meteorology corresponding to the period from 1989 to 2019, made available by the Meteorological Database for Teaching and Research. In addition to statistical data and land use and land cover mapping from the MapBiomas platform 6.0 collection from 1989 to 2019 were also used. The localities were grouped by the biome to which they belong, in order to better understand the regional behavior. Firstly, a descriptive analysis of the climatic indices, precipitation and temperature was carried out, seeking to understand the dynamics of the grouped variables. Subsequently, the Mann Kendall tests were performed for the precipitation and temperature of each location in order to detect the occurrence of a trend during the period from 1989 to 2019. Based on the results obtained from the trend in the climatic variables, the analysis of use was carried out and land occupation for the municipality of Bom Jesus da Lapa, between 1989 and 2019. The behavior of precipitation by biome was not homogeneous despite not showing large discrepancies, since the temperature has greater similarity in behavior by biomes. The trends of decreasing precipitation and increasing temperature in the period from 1989 to 2019 were confirmed for some locations, such as the municipality of Bom Jesus da Lapa, but it was not possible to verify whether the Caatinga biome was more susceptible to these trend occurrences. Changes in land use and cover in the municipality of Bom Jesus da Lapa indicated a significant change in the reduction of the area covered by

forest by the expansion of agriculture. Still in the same municipality, it was observed that reductions in forest areas are correlated with the increase in temperature, as well as with the expansion of agriculture. Climatic indices have different behavior in the state of Bahia and changes in land cover and use can generate impacts on the behavior of climatic variables.

Keywords: trends climate, climate variability, change land use.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são consideradas uma das maiores preocupações da humanidade, principalmente devido à ocorrência acentuada de eventos extremos, como secas e inundações, assim como os impactos nos setores econômicos.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) vem apontando desde o terceiro relatório em 2001 que essas ocorrências climáticas extremas, assim como as mudanças no clima regional e global, estão ligadas à intensificação de emissões dos gases de efeito estufa (GEE).

Atualmente, após 15 anos de acordos e metas estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para mitigar o aquecimento global, é previsto que as temperaturas extremas terrestres aumentem até 2100 mais do que a média global (IPCC, 2019), devido à constatação de que os esforços globais não tenham alcançado as reduções necessárias nas taxas de emissão de GEE (IPCC, 2021).

Desde o segundo relatório de avaliação do IPCC (SAR, 1995) consta a direta relação das atividades humanas com a elevação das emissões de GEE, o que foi sendo reforçada ao longo dos últimos 15 anos nos relatórios seguintes (TAR, 2001; AR4, 2007; e AR5, 2013).

O desflorestamento é uma das atividades humanas que mais contribuem na intensificação de emissão de GEE e tem se consolidado pelo mundo em atendimento ao modelo de desenvolvimento e produção da sociedade. Entre os países que mais contribuíram com as emissões de gases por desmatamento em 2017 está o Brasil, somando uma perda de 4,5% da sua área total de florestas, conforme últimos dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2019).

Ao mesmo tempo que o Brasil é apontado como um dos países que terá regiões afetadas com as mudanças climáticas, por exemplo a região do Nordeste Brasileiro (NEB). Segundo os relatórios do IPCC, o NEB é a região brasileira que mais será atingida por tais mudanças, ocorrendo variações no comportamento de variáveis climáticas, como precipitação e temperatura. Estudos têm constatado, ao longo dos anos, as tendências de redução ou aumento nas condições meteorológicas no Brasil, principalmente na região do Nordeste brasileiro (MARENCO & VAVELVERDE, 2007; MARENCO, et al., 2010, SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2016; SILVEIRA et al., 2016; CARVALHO et al., 2020; SILVA et al. 2020).

Carvalho et al. (2020) constataram tendências de redução na precipitação e de aumento na temperatura a depender da região do NEB. Silva et al. (2020) analisaram os impactos no regime de precipitação e temperatura em regiões hidrográficas brasileiras, por meio de uma base de dados de projeções futuras, detectando um aumento na temperatura e precipitação nas regiões hidrográficas do NEB no futuro.

Os índices climáticos, precipitação e temperatura são considerados caracterizadores do clima devido à sua importância nos processos de regulação e manutenção dos ciclos da terra. Portanto, a interferência no comportamento dessas variáveis pode gerar impactos nas atividades ambientais, sociais e econômicas (IPCC, 2007, 2013), já que estas atividades necessitam de condições climatológicas estáveis.

Outro aspecto relevante na região NEB trata-se do desordenado processo de ocupação e manejo inadequado da terra que vem promovendo constantes mudanças no uso e cobertura da terra. Essas mudanças no uso e cobertura podem afetar os fluxos contínuos entre a superfície atmosférica e a terrestre, contribuindo com as alterações no padrão de comportamento climático, uma vez que o clima é caracterizado por índices climáticos resultantes dessa interação das superfícies.

Na superfície terrestre, a vegetação é considerada um componente de suma importância para os fluxos entre superfícies, devido às suas interações estabelecerem diversas funções ecossistêmicas com os demais componentes (solo, clima, hidrologia e outros), mantendo o ambiente em equilíbrio. Diversos autores consideram a vegetação como um elo que estabelece o processo contínuo na relação solo-atmosfera, sendo triviais, no ciclo do carbono terrestre, as trocas de energia e o balanço hídrico (REICHARDT & TIMM, 2004; GIAMBELLUCA, et al., 2009; TUNDISI E TUNDISI, 2010; MENDES et al, 2018).

A cobertura vegetal apresenta uma correlação forte com os fatores climáticos, entre estes fatores, a precipitação e a temperatura ganham destaque. Nascimento et al. (2020) verificaram uma forte correlação entre a vegetação e a precipitação durante o período de 1985 a 2016 no município de Carnaubeira da Penha-PE, região do semiárido pernambucano.

No centro sul do NEB está localizado o estado da Bahia, que, além do contexto socioambiental desordenado, apresenta uma complexidade na sua composição vegetacional, assim como na variabilidade climática, pois a maior parte do seu

território compõe-se da região semiárida de Caatinga, uma região com características ambientais mais vulneráveis às mudanças do clima e do uso da terra.

O conhecimento sobre qual o comportamento que os índices climáticos vêm apresentando durante os últimos anos, considerando as características fitofisionômicas da região, como também entender a dinâmica do uso e cobertura da terra torna-se fundamental no prognóstico de possíveis impactos no clima local. Assim, esse estudo considerou as seguintes questões a serem elucidadas: 1) Nos últimos anos, a precipitação e a temperatura aumentaram ou diminuíram? 2) As regiões com fisionomia correspondente à Caatinga apresentam tendências de mudanças climáticas? 3) Há uma tendência significativa na conversão de áreas florestais para não florestais nas regiões? 4) As tendências de mudanças nos índices climáticos estão correlacionadas com as mudanças no uso e cobertura da terra? Diante dos questionamentos, assumiu-se as seguintes hipóteses: 1) Os fatores climáticos, precipitação e a temperatura, nos últimos anos, apresentam tendências de aumento ou diminuição no estado da Bahia. 2) A região da Caatinga está sendo mais propensa às mudanças no comportamento dos índices climáticos. 3) Nesta região, as variações dos fatores climáticos estão correlacionadas com as mudanças no uso e cobertura do solo, sendo associadas diretamente à redução da cobertura florestal.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a ocorrência de tendências no comportamento dos índices climáticos, precipitação e temperatura nos últimos anos e correlacioná-los com as mudanças no uso e cobertura florestal no estado da Bahia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Clima e ambiente

O avanço da globalização e industrialização, acarretado pela revolução industrial, promove diversos benefícios à humanidade, entretanto, tais benefícios tiveram custos, visto que, com a supressão de áreas de florestas nativas, consumo intenso de recursos e geração de resíduos sólidos e gases prejudiciais ao ambiente e a saúde humana, o clima do planeta tem sofrido mudanças drásticas. Para Silva (2012), não há um consenso referente à conceituação de clima, sendo adotada na maioria das vezes a concepção de um conjunto de fenômenos meteorológicos que descrevem a atmosfera em um tempo e espaço determinados, sendo assim associada a uma escala temporal e uma escala espacial, para que a variação dos elementos climáticos possa ser mensurada.

Segundo Nascimento Junior (2018), o clima começou a ser estudado no século XVII, tendo como marco histórico a publicação do livro *Fumifugium*, escrito por John Evelyn, em Londres, no ano de 1661, após um evento que causou a morte de 4 mil pessoas. Dois séculos depois, a alta concentração de poluentes no ar de Londres voltou a ser alvo de estudo após a Segunda Revolução Industrial.

Debates sobre o clima ganharam destaque no decorrer dos anos devido à industrialização intensa, a expansão das grandes cidades, bem como a urbanização desordenada e a elevação demográfica (NASCIMENTO JUNIOR, 2018). Deve-se compreender que os elementos e fatores que compõem o clima são mutáveis, altamente dinâmicos, tornando o tema altamente complexo (SILVA, 2012).

Antigamente o comportamento do clima era atribuído aos deuses e divindades, mas, com o avanço tecnológico, a humanidade passou a compreender que os fenômenos climáticos se relacionam diretamente ao meio ambiente, mais especificamente à natureza (PUENTE, 2019). Assim como o clima, ainda não há consenso sobre o conceito de meio ambiente, sendo que instituições nacionais tendem a adotar uma concepção que engloba elementos físicos, químicos e biológicos, bem como o conjunto de leis que abrigam rege a vida em todas as suas formas, ligado ao conceito de natureza, ou seja, ambiente em sua forma original no qual a espécie humana não está associada, mas que deve integrar-se (KRZYSCZAK, 2016).

Ribeiro e Cavassan (2013) enfatizaram que, embora a relação entre o que se trata de natureza e meio ambiente as diferenças de conceito são significativas, ressaltando que a interferência humana no meio ambiente pode levar à extinção de determinada espécie, mas não exterminar a natureza.

Em 2002, o Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente relatou que o meio ambiente estava sofrendo impactos muito maiores nos últimos cem anos devido ao modelo de desenvolvimento humano, assim como evidenciou a ligação entre as interferências humana no meio ambiente estar impactando o próprio meio devido às mudanças no clima.

Para explicar como o meio ambiente pode influenciar o clima, deve-se compreender que o sistema climático abrange vários fatores, sendo suas variações em escalas temporais, como décadas por exemplo, e inclui a atmosfera, hidrosfera e terra, sendo assim, o clima pode ser influenciado pelos oceanos, por meio de sua temperatura por exemplo, pela composição de gases atmosféricos e elementos terrestres, como o uso do solo e as calotas polares (PUENTE, 2019).

No relatório IPCC (2013) relataram as evidentes elevações na temperatura da atmosfera e oceano, confirmando o aquecimento do sistema climático desde a década de 1950 com base de análises de dados e medições de satélites e outras plataformas, como também apontou a grande influência das ações antropogênicas nas alterações dos ciclos terrestre.

Puente (2019) usa o exemplo do aquecimento global, o aumento das concentrações de gases relacionados ao efeito estufa na atmosfera, como dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), que, intensificado por ações antrópicas, acarreta em um maior aquecimento do planeta, que, conseqüentemente, causa mudanças nas temperaturas médias, nos níveis do oceano e nos índices de precipitação.

Entre as conseqüências geradas pelo aquecimento global, as mudanças nas temperaturas e balanço de radiação afetam diretamente o ciclo hidrológico da terra, sendo este considerado o ciclo principal para entrada de água da superfície terrestre. Segundo IPCC (2013), o ciclo da água tem sido afetado desde 1960, em que se tem observado mudanças nos padrões de precipitação.

2.1.1. Ciclo hidrológico

A água é um dos principais elementos para a vida terrestre, ocupando cerca de 70% da superfície do planeta, e sua origem é proveniente de erupções vulcânicas de eras passadas, que liberaram enormes quantidades de vapor de água na atmosfera (BARREIROS, 2018). Segundo o autor, por ser um elemento dinâmico e com diferentes formas, os processos de transição da água entre os diferentes compartimentos do planeta (oceanos, atmosfera e continentes) são descritos no ciclo hidrológico. Uma das etapas mais importantes do ciclo hidrológico é a precipitação, etapa na qual a água retorna a superfície terrestre a partir a atmosfera (ANACHE, 2017).

A precipitação é uma variável climatológica essencial para compreender os ciclos hidrológicos, tanto local como regionais, afetando diretamente a população, economia e meio ambiente (RABELO, 2019). O padrão pluviométrico é fortemente influenciado pelo clima ocorrente em uma área, conforme relatado por Barni et al. (2020), que observou oscilações na precipitação pluviométrica no estado de Roraima, de acordo com os diferentes tipos de clima ocorridos no estado.

Além de ser um dos componentes do clima, o ciclo hidrológico também é afetado pelos demais fatores climáticos, oscilações na temperatura do ar, vento, umidade relativa do ar e insolação que podem causar desequilíbrio no ciclo e na dinâmica hídrica de uma área (RABELO, 2019).

O ciclo hidrológico, em especial a precipitação e a evapotranspiração, é sensível a alterações ambientais, sendo sua manutenção dependente de atividades dos componentes terrestre como o da cobertura vegetal, que proporciona maior recarga de aquíferos, regulação da precipitação e das taxas de evapotranspiração (MIRANDA et al., 2010).

A evaporação das águas dos oceanos é o principal ponto de partida para o ciclo hidrológico (CICCO, 2013), porém ainda assim as florestas são tidas como componente importante no ciclo hidrológico, tanto pela sua contribuição no processo de evapotranspiração como para manutenção dos recursos naturais no contexto ecológico, econômico e social que influenciam a produção, manejo e conservação da água em determinada região.

Barni et al. (2019) observaram que, em Roraima, a precipitação média anual é menor em áreas do estado cuja vegetação é composta por savanas; já na área com

vegetação compostas por florestas, onde há maior acúmulo de biomassa, há um maior índice de precipitação pluviométrica. Isso confirma o papel da precipitação na determinação das tipologias de solos e vegetação que ocorrem em uma determinada região.

Segundo Rabelo (2019), a supressão da cobertura vegetal, além de reduzir o potencial de evapotranspiração, pode reduzir a permeabilidade do solo, aumentando o escoamento superficial, elevando a incidência de erosões e agravando eventos de inundações, sendo tal situação ainda mais grave em áreas urbanas.

2.1.2. Temperatura

Podendo ser conceituada como o acúmulo de energia que resulta na expansão ou retração dos átomos em uma determinada superfície ou ambiente (MARTINEZ e FERREIRA, 2019), a temperatura é influenciada principalmente pela radiação solar e outros fatores como índices de evapotranspiração, as baixas velocidades dos ventos, as precipitações incipientes e a baixa umidade do ar (OLIVEIRA et al., 2019).

A oscilação da temperatura do planeta é intensa desde as eras geológicas anteriores, havendo longos períodos de elevação da temperatura, causadas principalmente por erupções vulcânicas que bloquearam parcialmente a entrada de radiação solar no interior do planeta; contudo lançavam CO₂ na atmosfera, porém ocorrendo também períodos de intenso resfriamento, conhecidos como glaciações (RUBIRA e PEREZ FILHO, 2021).

Rubira e Perez Filho (2021) detalham que os eventos climáticos nos quais ocorreram variações planetárias de temperatura podem ser classificados de acordo com a sua duração, sendo que os eventos de longa duração ocorreram ao longo dos últimos 800 mil anos, tendo ciclos a cada 120 mil anos, com resfriamentos globais de até 6 °C, já os de média duração ocorreram no pleistoceno, havendo picos extremos em períodos glaciais e interglaciais, e os de curta duração ocorreram no pleistoceno superior e Holoceno, tendo durações máximas de 2000 anos.

O debate sobre a temperatura global ganhou ênfase nas últimas décadas ao ser relacionado com fenômenos naturais, como o efeito estufa, fenômeno essencial para manter a vida no planeta, no qual gases atmosféricos retêm a radiação solar absorvida pelo planeta. Estima-se que, sem ele, a temperatura planetária seria 33°C mais baixa (SILVA, 2019).

Os gases com capacidade de reter calor são majoritariamente oriundos da combustão de materiais fósseis e possuem moléculas com 3 ou mais átomos, por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆) (SILVA, 2019).

Embora ocorram naturalmente, ações antrópicas decorrentes do crescimento populacional desordenado e de práticas não sustentáveis atreladas a diversos setores, principalmente os que utilizam combustíveis fósseis, estão intensificando o efeito estufa, elevando drasticamente a temperatura planetária em um curto período de tempo, se comparada com eventos de aquecimento planetário de eras passadas (SKRIPNUK e SAMYLOVSKAYA, 2018).

Entre os anos de 1980 e 2000, foi registrado um aumento de 0,35°C na temperatura planetária, tal aquecimento foi acompanhado de uma elevação na concentração de CO₂ na atmosfera, sendo esse aumento de 227 ppm em 1750 para 408 ppm em 2018 (SILVA, 2019). Recentemente a WMO (2021) registrou novos máximos na taxa de concentração de CO₂ de 413,2 ppm, apresentando uma taxa média de crescimento anual superior aos últimos anos.

Outros processos naturais que causam oscilações na temperatura planetária são o El niño e o La niña que ocorrem entre oceano-atmosfera. No primeiro evento ocorre um aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical, enquanto, no segundo, ocorre o resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical (SILVA, 2019).

As oscilações climáticas causadas pelo El niño afetam toda a região tropical, incluindo o nordeste brasileiro, atingindo com frequência tal região na inibição de formação de nuvens, limitando os índices de precipitação e agravando as secas, devido ao enfraquecimento e mudança de ventos alísios. Já o La niña atua de forma oposta, sendo assim há a intensificação dos ventos alísios, favorecendo a formação de nuvens na região, e, conseqüentemente, elevando os índices de pluviosidade (FONSECA, 2021).

2.2. Mudanças climáticas e florestas

Alterações climáticas têm sido observadas no planeta desde que a temperatura global começou a subir em 1950, tais mudanças são causadas por diversas ações

antrópicas, desde a supressão de vegetação, que elevam os níveis de CO₂ na atmosfera, até a emissão de GEE por automóveis (SILVA e COLOMBO, 2019).

Um dos fenômenos causados pelas mudanças climáticas é a desertificação. Neste processo as áreas passam por intensa erosão e grave déficit hídrico, tornando-se similares a desertos. Esse processo já atinge mais de 250 milhões de pessoas e custa 42 bilhões de dólares por ano, sendo que, entre 5 e 6 milhões de hectares férteis, se tornam improdutivos por ano devido à desertificação (TAVARES et al., 2019).

Para Tavares et al. (2019), a desertificação é agravada devido às secas extremas em determinadas regiões, devendo-se ressaltar que secas são eventos naturais, porém as mudanças climáticas têm tornado esse evento mais drástico em determinados locais, resultando na perda da biodiversidade, aumento da susceptibilidade à erosão e aumento das partículas no ar.

Entre 1850 e 2000, observou-se variações naturais e sazonais na temperatura global, sendo que, a partir de 1950, houve uma tendência de elevação da temperatura, no mesmo período, também houve alterações de forma desuniforme na precipitação planetária, sendo que, na América Latina e do Norte, Ásia Central e Oceania, a precipitação média anual aumentou, enquanto houve um drástico decréscimo na África, Leste Asiático, Sul da Austrália e Noroeste da América do Norte (SILVA e COLOMBO, 2019).

Segundo os autores, também têm se observado um aquecimento das águas oceânicas, sendo que o oceano superior (primeiros 75 m de profundidade) tem aquecido 0,11°C por década, desde 1971, o que pode explicar o fato de as geleiras da Groenlândia e Antártida apresentarem decréscimo em sua extensão.

De acordo com Silva Junior e Chaves (2021), o Brasil é o décimo país mais afetado por eventos extremos que acarretaram vítimas fatais, quando considerada a população absoluta, sendo que, entre 1995 e 2015, foram registrados, em média, entre 70 a 163 eventos que resultaram em mortes ou danos imateriais, sendo exemplos de tais eventos, inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos de encostas.

As secas ocorrem naturalmente na região Nordeste do Brasil, sendo que o governo federal construiu reservatórios para mitigar adversidades locais, entretanto, os eventos extremos causados pelas mudanças climáticas têm agravado as secas

nos estados da região, assim como têm elevado a temperatura, o que afeta o nível dos reservatórios de água, acarretando problemas para a população (FERREIRA e KEMENES, 2019).

Para Silva Junior e Chaves (2021), a ocupação desordenada do território brasileiro e a expansão de metrópoles sem planejamento prévio potencializa os efeitos de fenômenos extremos, tornando os desastres naturais mais críticos, e, por isso, um dos maiores desafios dos gestores atuais é planejar estratégias para que as cidades possam suportar as mudanças climáticas e amenizar eventuais fenômenos extremos.

Diante dos impactos ambientais e socioeconômicos oriundos das mudanças climáticas, aumentou-se a atenção para alcançar os compromissos estabelecido pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) de limitar as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, resultando na necessidade de compreender o status e potencial dos mecanismos de ferramenta para mitigar as mudanças climáticas (ZHANG et al., 2022). As florestas são vistas como elemento essencial no ecossistema terrestre devido às funções que exercem nos ciclos que compõe o ecossistema, perante isso a floresta tem sido alvo de estudos que buscam compreender o potencial que ela detém como sumidouro de carbono.

2.2.1. Cobertura vegetal e microclima

Nos últimos 40 anos, diversos autores têm ampliado os conceitos de serviços ecossistêmicos, sendo estes produtos e processos oriundos de elementos bióticos e abióticos que compõem um ecossistema, podendo ser tangíveis, como alimentos e madeira, ou intangíveis, como locais de recreação e regulação do clima (SILVA et al., 2018).

Um dos componentes do ecossistema que auxiliam na manutenção do microclima é a vegetação por meio de processos como a evapotranspiração, onde ocorre a liberação de vapor d'água para a atmosfera, a fotossíntese, onde o CO₂ é absorvido e convertido em O₂, bem como o sombreamento, onde as folhas refletem parte da radiação solar incidente sobre a área (SHINZATO e DUARTE, 2018).

A vegetação também representa um importante reservatório de carbono, elemento químico fundamental para os compostos orgânicos, sendo que a supressão ou queima da cobertura vegetal resulta na liberação do carbono sequestrado na forma de dióxido de carbono (CO₂) (ROSA, 2018).

Em ecossistemas arbóreos ocorre o processo chamado interceptação, onde o dossel da vegetação regula o fluxo de água oriundo da precipitação que chega ao solo, alterando a trajetória das gotas de chuva, que pode ser dividida em chuva direta, interfoliar e escoamento do fuste, afetando o balanço hídrico local (AYALA et al., 2018).

De acordo com Pinheiro e Souza (2017), cerca de 97% da água presente em folhas vegetais são evaporadas por meio da transpiração, por meio das fendas estomáticas e cutículas. Esse mecanismo ameniza o clima local, elevando a umidade e reduzindo a temperatura, sendo que pequenas áreas verdes em perímetros urbanos têm efeito amenizador em um raio de até 100 metros de distância.

Shinzato e Duarte (2018) relataram que, em climas temperados, em ambientes noturnos, a diferença de temperatura do ar, entre locais arborizados e com pouca ou nenhuma arborização, pode chegar a 6 °C; em climas tropicais, a oscilação varia entre 1,5 e 4°C, porém o efeito da vegetação no microclima depende de aspectos fitossociológicos, condições locais e forma do fragmento associados a condições abióticas.

Apesar da relevante importância socioambiental, áreas com vegetação nativa têm sido suprimidas em detrimento da urbanização desordenada causada pelo elevado crescimento populacional, sendo o Brasil considerado um dos 10 países que mais emitem CO₂ no planeta e um dos cinco países que mais contribuem para o aquecimento global (DUARTE, 2015).

A substituição da vegetação nativa por outros ambientes contribui para alterações na temperatura local, pois cada material possui uma capacidade de reflexão da energia solar, sendo que alguns materiais, devido às suas propriedades químicas, possuem maior capacidade de reter calor sensível, elevando a temperatura (SHINZATO e DUARTE, 2018).

Para Oliveira Filho et al. (2015), o uso do solo, principalmente em ambientes urbanos, causa grande influência sobre o microclima. Os autores observaram que áreas mais urbanizadas apresentam maior temperatura e menor umidade relativa do ar em comparação com locais arborizados. Ainda, a diferença de temperatura entre áreas urbanas e semiurbanas pode chegar a 10°C em determinados horários.

Além da temperatura e umidade, Pinheiro e Souza (2017) enfatizaram que as árvores também promovem a purificação do ar, retendo cerca de 10% das partículas

suspensas no ar e fixando gases tóxicos, além de atenuar ruídos ambientais, servindo como uma barreira acústica.

Contudo, apesar da sua relevância, grandes áreas naturais têm sido desmatadas e convertidas em outras formas de uso do solo, como exploração madeireira, pecuária, agricultura e urbanização, acarretando na liberação, não apenas de CO₂ na atmosfera, mas também de metano e óxido de nitrogênio (SOARES et al., 2019). Sendo assim, embora haja a necessidade de destinar grandes áreas para outras atividades como urbanização e agricultura, entre outras, deve-se conciliar tais demandas com projetos de arborização.

2.3. O estado da Bahia

Situado na região Nordeste do Brasil, o estado Bahia tem uma população de 14.985.284 habitantes e densidade populacional de 24.82 hab./km² (IBGE, 2022). O estado agrega em seu território, diferentes biomas e tipologias vegetais, como a região do Abrolhos, a Mata Atlântica costeira, fragmentos de Caatinga e áreas de Cerrado no Oeste, bem como, serras e chapadas, sendo por isso um dos estados brasileiros que retratam o grande potencial de biodiversidade biológica do País (DUTRA et al., 2012).

Nas áreas com Caatinga predominante, a vegetação é dominada por uma savana estépica arborizada e de parque, caracterizando-se a primeira por apresentar indivíduos arbustivo-arbóreo, esparsos, assim como gramíneo-lenhoso, e a segunda por ser composta de arbustos e árvores de pequeno porte com distribuição bastante espaçada (IBGE, 2012); nas florestas de Mata Atlântica, onde há um clima quente e úmido, predomina a floresta ombrófila densa, havendo manchas de florestas semidecíduas, florestas abertas e pastagens abertas com vegetação de pequeno porte (CHAVES et al., 2018).

No extremo-Sul e semiárido da Bahia, o período chuvoso ocorre entre os meses de novembro e janeiro, havendo influência da precipitação Amazônica e temperatura oceânica, em que, nesse período, a precipitação média varia entre 400 e 800 mm. Já no litoral baiano, tal período compreende os meses de abril a junho, ocorrendo influência de massas de ar (TANAJURA et al., 2010).

Ao elaborarem uma projeção estadual de mudanças climáticas, Tanajura et al. (2010) estimam que, no estado da Bahia, haveria uma elevação média da temperatura

entre 2 e 3°C entre março e maio, considerando um cenário de emissão menor que 14 Gt de carbono anuais até 2100; entretanto, se a emissão anual for de cerca de 30 Gt de carbono até 2100, o aumento será entre 3 e 5 °C.

Costa et al. (2020) relataram que as mudanças projetadas para cenários futuros climáticos no NEB indicam a forte influência da variabilidade na ocorrência de eventos extremos, como a seca. O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), em 2016, mostrou que o NEB é a região mais vulnerável às mudanças climáticas, pois a ocorrência e a duração de secas serão intensificadas com as alterações climáticas nos cenários futuros.

Diante do exposto há a necessidade de compreender qual é o comportamento climático na região e assim definir quais fatores podem influenciar tais comportamentos, a fim de propor métodos de conciliar o desenvolvimento e a sustentabilidade no estado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estado da Bahia compõe a região do Nordeste Brasileiro – NEB (Figura 1) e está localizado ao sul da região, entre as latitudes 08°29'14" e 18°24'34" Sul e longitude 37°18'11" e 46°59'58" Oeste, com fronteira ao norte com os estados de Alagoas, Piauí, Pernambuco e Sergipe; ao oeste com os estados de Goiás e Tocantins; já ao sul com os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, e, ao leste, está em contato com a zona costeira do Oceano Atlântico. Sua área territorial corresponde a 564.760,429 km², representando 37% da área territorial do NEB, assim como um dos estados da região com estimativa alta no índice populacional, equivalente a 14.985.284 habitantes (IBGE, 2021).

A vegetação no estado é considerada heterogênea devido ao fato de ser composta por distintos biomas, como a Caatinga, o Cerrado e a Mata Atlântica (Figura 1), além de ecossistemas de restingas, lagoas e manguezais.

As tipologias climáticas pela classificação de Koppen (1936) no estado corresponde a nove classes (Af = Clima tropical úmido ou superúmido; Am = Clima tropical úmido ou subúmido; As = ; Aw = Clima tropical quente e úmido; Bsh = Clima Semiárido quente; Cfa = Clima subtropical de verão quente; Cfb = Clima temperado; Cwa = Clima subtropical de inverno seco; Cwb = Clima subtropical de altitudes), variando de clima tropical, clima seco a clima tropical de altitudes, marcando o estado por apresentar alta variabilidade climática. Constata-se também a variabilidade na categorização climática proposta por Thornthwaite e Mather (1995), apresentando cinco tipos climáticos distintos, sendo este, árido, semiárido, subúmido seco, subúmido a úmido e úmido.

Os níveis de precipitação podem variar de 1380 mm a menos de 480 mm, dependendo de cada região do estado (DOURADO et al, 2013), e a temperatura média varia de 18 a 36°C (ALVARES et al., 2013).

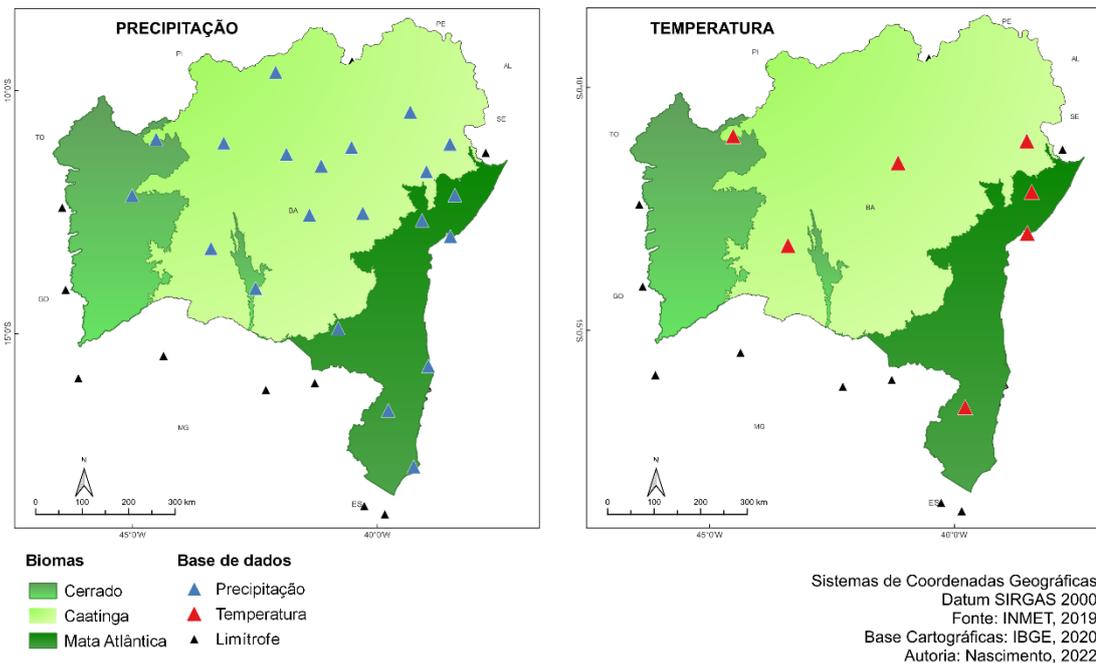


Figura 1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas e biomas que compõem o estado da Bahia - Brasil e localização de estações limítrofes utilizadas para subsidiar o preenchimento de falhas.

A sazonalidade do índice climático de precipitação na região pode ser influenciada pelos sistemas meteorológicos (BARBOSA, 2000; ALVARES et al., 2013). Entre os sistemas existentes, seis deles contribuem com o comportamento das precipitações e temperatura no NEB, sendo estes, Vórtices Ciclônicos (VCAN), Zona Convergência Intertropical (ZCIT), Zona Convergência Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas frontais (FPA), as ondas de Leste, as brisas terrestres e marítimas (DOURADO et al., 2013, SILVA et al., 2017).

3.2. Índices Climáticos

Foi obtida uma série de dados climáticos correspondentes à precipitação total mensal e temperatura máxima e mínima mensal para o período de 1989 a 2019, de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas no estado da Bahia e regiões limítrofes (Figura 1), disponibilizadas pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Essas estações fornecem dados diários ou mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento, além de outros.

De posse dos dados sistematizados em planilha eletrônica no *software* Excel, verificou-se a consistência da série de dados obtidos, no qual foram anuladas a estação com menos de 85% de dados para o período de 1989 a 2019, portanto, das 29 estações meteorológicas coletadas, apenas 21 atenderam à consistência de dados coletados para a variável precipitação, e somente 7 para temperatura máxima e mínima (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição das estações meteorológicas utilizadas para cada bioma

PRECIPITAÇÃO						
Bioma	ID	Código	Estação	Lat	Long	Alt
Mata Atlântica	01	83249	Alagoinhas	-12,15	-38,42	129,78
	02	83398	Canavieiras	-15,67	-38,96	4,71
	03	83498	Caravelas	-17,74	-39,26	6,05
	04	83222	Cruz das Almas	-12,67	-39,09	219,69
	05	83446	Guaratinga	-16,58	-39,78	197,88
	06	83229	Salvador	-13,00	-38,51	47,35
	07	83344	Vitória da Conquista	-14,89	-40,80	879,47
Caatinga	08	83179	Barra	-11,08	-43,14	407,5
	09	83288	Bom Jesus da Lapa	-13,25	-43,40	447,75
	10	83192	Cipó	-11,10	-38,52	143,53
	11	83182	Irecê	-11,31	-41,86	747,22
	12	83244	Itaberaba	-12,52	-40,30	250,11
	13	83186	Jacobina	-11,17	-40,53	486,37
	14	83242	Lençóis	-12,56	-41,39	438,09
	15	83090	Monte Santo	-10,44	-39,33	465,84
	16	83184	Morro do Chapéu	-11,55	-41,15	1001,66
	17	82979	Remanso	-9,62	-42,08	397,39
	18	83190	Serrinha	-11,67	-39,00	362,39
Cerrado	19	83236	Barreiras	-12,16	-45,01	447,51
	20	83339	Caetité	-14,07	-42,49	876,29
	21	83076	Santa Rita de Cássia	-11,00	-44,52	450,01
TEMPERATURA						
Bioma	ID	Código	Estação	Lat	Long	Alt
Mata Atlântica	01	83249	Alagoinhas	-12,15	-38,42	129,78
	02	83446	Guaratinga	-16,58	-39,78	197,88
	03	83229	Salvador	-13,00	-38,51	47,35
Caatinga	04	83288	Bom Jesus da Lapa	-13,25	-43,40	447,75
	05	83192	Cipó	-11,10	-38,52	143,53
	06	83184	Morro do Chapéu	-11,55	-41,15	1001,66

Cerrado	07	83076	Santa Rita de Cássia	-11,00	-44,52	450,01
---------	----	-------	----------------------	--------	--------	--------

ID = identificador numérico da estação meteorológica; Lat = latitude; Long = Longitude; Alt = Altitude.

Posteriormente, foi realizado o procedimento de preenchimento de falhas para estas séries de dados selecionados. Os dados faltantes de precipitação e temperatura foram estimados pelo método de ponderação regional, conforme foi aplicado no estudo de Bier et al. (2017) e Oliveira et al. (2010), utilizando como critério para a seleção de estações a correlação de Pearson entre as séries mensais das variáveis climáticas e a menor distância entre a estação observada e a vizinha. Devido ao número de estações meteorológicas, reduzido pela consistência de dados, optou-se pela inclusão de estações em regiões limítrofes ao estado (Tabela 2) para se obter um melhor resultado no preenchimento de falhas.

Para a análise de temperatura foram considerados apenas sete estações meteorológicas, devido à inconsistência dos dados na série de 1989 a 2019 para esta variável.

Tabela 2 - Localização de estações meteorológicas de regiões limítrofes utilizadas para o preenchimento de falhas da serie de dados em estudo

ID	Código	Estação	Lat	Long	Alt
01	83384	Arinos	-15,91	-46,11	523
02	83557	Boa esperança	-18,54	-40,27	100
03	83195	Itabaianinha	-11,27	-37,79	205,59
04	83386	Januária	-15,45	-44,37	480
05	83393	Pedra azul	-16,01	-41,28	647,97
06	82983	Petrolina	-9,39	-40,52	372,54
07	83332	Posse	-14,09	-46,37	830,35
08	83441	Salinas	-16,15	-42,28	476,07
09	83550	São Mateus	-18,71	-39,85	25
10	83235	Taguatinga	-12,40	-46,44	604,88

ID = identificador numérico da estação meteorológica; Lat = latitude; Long = Longitude; Alt = Altitude.

Após as séries de dados das estações meteorológicas preenchidas, estas foram agrupadas por ambientes em razão do bioma em que estão inseridas (Figura 1; Tabela 1).

A variável climática precipitação foi organizada em totais anuais e foram considerados os períodos sazonais, seco e chuvoso, para cada ponto de observação.

A temperatura média mensal foi obtida por meio do cálculo da média entre a temperatura máxima e mínima de cada mês, e depois foram organizadas a

temperatura média, máxima e mínima em valores anuais de cada estação meteorológica.

A temperatura média anual e a precipitação foram utilizadas para analisar a dinâmica do comportamento de tendências nos biomas, por serem comumente mais utilizadas para caracterizar regiões, assim como por constituírem o mesmo período.

3.3. Uso e cobertura da terra

Para analisar a ocorrência de mudanças no uso e cobertura da terra e a sua correlação no comportamento das variáveis climáticas, precipitação e temperatura, foram utilizados os dados de uso e cobertura da terra da coleção 6.0 da plataforma MapBiomas.

O Mapbiomas é um projeto que surgiu de uma iniciativa multi-institucional, cujo objetivo é monitorar as mudanças de uso e cobertura do solo no Brasil entre os anos 1985 a 2020 a partir do uso de imagens de satélite com reflectância de superfície. Neste é possível obter dados mais precisos de vinte e cinco classes de uso da terra, mapeadas com resolução espacial de 30 m, gerando uma série de dados anuais da dinâmica do uso e cobertura da terra disponibilizada em planilha eletrônica.

A série anual coletada correspondeu aos anos de 1989 a 2019 e contém informações de cobertura e transições dos municípios brasileiros em área (hectares) por níveis de classe de cobertura ou uso do solo (Figura 2). As informações neste trabalho correspondem ao nível de classe 2, com objetivo identificar a área de cobertura de florestas e verificar se houve redução de áreas florestais na região de interesse.

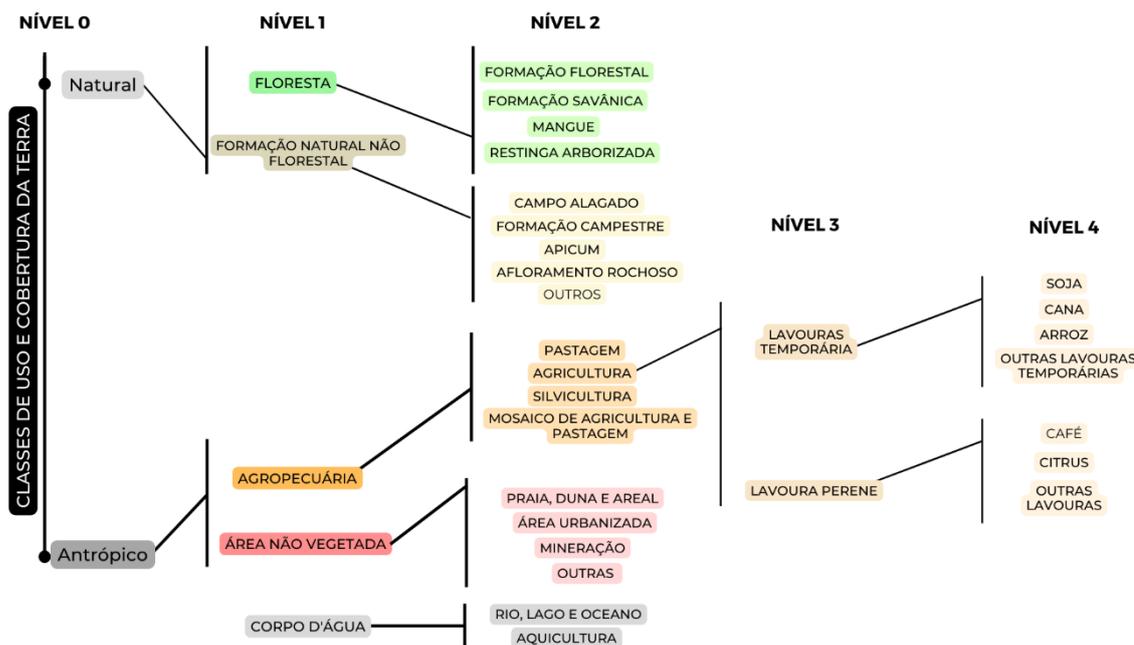


Figura 2 - Fluxograma dos níveis de classe de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (Souza et al., 2020).

Para melhor visualização espacial da dinâmica de uso e cobertura da terra durante os anos de 1989 e 2019 foi gerado um mapa de uso e ocupação da terra para os respectivos anos e para cada região analisada. O mapeamento foi realizado por meio de download do mapa de uso e cobertura do solo de todo o Brasil em formato GeoTiff para os anos de 1989 e 2019, utilizando-se a paleta de cores RGB de cada classe no formato xlsx. por meio da plataforma MapBiomas (<https://mapbiomas.org/download>). Para o tratamento destas imagens foi usado o software QGis 3.24 em que se realizou a renderização e classificação da banda de cada uma das imagens por intermédio da paletização com valores únicos, sendo utilizada a paleta de cores de cada classe baixada.

Posteriormente, foi feito o recorte dos dados de uso e ocupação do solo por meio da utilização do shapefile obtido da malha municipal do Brasil disponível no site do IBGE. As áreas foram selecionadas mediante a hipótese preestabelecida, a qual consiste em que a Caatinga é a região mais propensa às mudanças no comportamento climático e houve a análise se as mudanças no uso e cobertura da terra estão associadas a esse fato.

Assim, foi possível obter o mapeamento espacial das áreas correspondentes a classes de floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área não vegetada e água, a fim de contribuir com os dados obtidos da série estatística.

3.4. Análise estatística

Realizou-se a análise descritiva dos valores dos dados anuais das variáveis climáticas de cada estação, considerando a média e o coeficiente de variação a fim de conhecer o comportamento dos dados.

A ocorrência de tendência nos índices climáticos foi verificada pelo teste de Mann Kendall (MK), conforme recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) (MITCHELL et al., 1966), sendo por isso muito utilizado em análise de tendências climáticas (ALMEIDA et al., 2014; JUNGES et al., 2019). O teste MK é recomendado pela OMM justamente por se tratar de um teste que não exige uma distribuição estatística dos dados e não sofre influência de valores outliers (SILVA et al., 2015).

Para esse teste de série temporal assume-se como base que os dados possuem estabilidade, portanto considera-se para a hipótese nula (H_0) que os dados são distribuídos de forma idêntica (sem tendência), e a hipótese alternativa (H_a) em que os dados seguem uma tendência, seja decrescente (negativa), seja crescente (positiva). Rejeita-se a hipótese H_0 quando a série de dados apresenta o índice Z_{MK} maior que o tabelado para um determinado nível de confiança. O presente estudo adotou o nível de confiança 95%, ou seja, $\alpha = 5\%$, e por se tratar de um teste bicaudal o valor tabelado de Z_{MK} passa ser $Z_{\alpha/2} = 1,96$, como comumente é adotado nos trabalhos de análise de fatores climáticos (SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2016; SALVIANO et al., 2016; SILVEIRA et al., 2016; AIRES et al., 2017; PENEIRO et al., 2018; PENEIRO & MESCHIATTI, 2018; QUADROS et al., 2018; CARVALHO et al., 2020; LE et al., 2020; SILVA et al., 2020; BEZERRA et al., 2021).

Além da verificação de ocorrência ou não de tendência na série de dados pelo teste de MK, foi determinada a magnitude da tendência de acréscimo ou decréscimo, por meio dos valores positivos e negativos Z_{MK} , em que o acréscimo é indicado pelos valores positivos, e o decréscimo por valores negativos.

O teste de MK também foi aplicado para análise estatística nas áreas de uso e cobertura da terra por se tratar de uma série temporal, e devido à sua aplicabilidade

sobre os dados gerados de sensoriamento remoto apresentar menos sensibilidade aos valores de outliers quando comparado com o método paramétrico (BRANCO ET AL., 2019; LE ET AL., 2020).

O bioma Cerrado não apresentou uma quantidade de estações meteorológicas desejáveis para comparar com os demais biomas. Assim, adotou-se a análise por convenção de sinais dos resultados gerados do teste de MK por cada bioma para verificar a dinâmica das variáveis climáticas em cada bioma, conforme adotaram Peneiro et al. (2018).

A correlação entre os índices climáticos e classes de uso e cobertura da terra foi realizada quando teste de MK indicou tendência significativa, utilizando o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) por meio do pacote 'metan' do *software* R (OLIVATO & LÚCIO, 2020), em relação às médias de precipitação e temperatura com as áreas de cada classe de uso e cobertura da terra do período estudado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estatística descritiva dos fatores climáticos por ambiente e estação para o período de 1989 a 2019

Considerando os três distintos ambientes que se encontram as estações meteorológicas, foram obtidas as médias e os coeficientes de variação da precipitação durante o período anual, chuvoso e seco (Tabela 3), em que foi possível perceber os diferentes comportamentos na dinâmica climatológica de precipitação nos últimos anos entre os ambientes. Notando-se que a Mata Atlântica é a região com maiores níveis de precipitação em ambas as escalas, juntamente com o Cerrado, que apresenta níveis elevados, e os menores níveis foram observados na Caatinga.

Tabela 3 - Estatísticas descritiva do índice precipitação durante o período 1989 a 2019 das estações analisadas no estado da Bahia por ambiente

ID	Estação	Precipitação Total					
		Ano		Chuvoso		Seco	
		\bar{x}	CV	\bar{x}	CV	\bar{x}	CV
MA							
01	Alagoinhas	1027,0	19	668,7	22	358,3	38
02	Canavieiras	1718,9	22	953,1	24	765,8	34
03	Caravelas	1407,5	20	700,8	24	706,6	33
04	Cruz das Almas	1119,4	14	703,4	18	416,0	31
05	Guaratinga	1127,8	22	748,0	34	373,9	30
06	Salvador	1814,2	19	1259,7	24	554,5	34
07	Vitória da Conquista	736,5	28	564,7	37	171,7	44
CA							
08	Barra	642,3	27	564,5	30	77,8	114
09	Bom Jesus da Lapa	749,9	27	657,6	29	92,3	88
10	Cipó	542,6	20	317,4	31	225,2	39
11	Irecê	553,8	36	489,7	38	64,1	121
12	Itaberaba	582,1	35	408,4	42	173,7	42
13	Jacobina	758,5	34	530,9	46	227,7	36
14	Lençóis	1019,6	32	710,8	41	308,9	42
15	Monte Santo	548,1	27	291,1	37	257	41
16	Morro do Chapéu	604,1	31	429,9	41	174,2	37
17	Remanso	566,8	37	518,7	39	48,1	156
18	Serrinha	725,5	24	411,9	28	313,7	39
CE							
19	Barreiras	954,3	23	844,5	25	109,8	81
20	Caetité	753,6	25	480,5	36	119,7	62
21	Santa Rita de Cássia	962,8	23	840,0	26	122,8	97

ID = identificador numérico da estação meteorológica; \bar{x} = média (mm/ano⁻¹); C.V = Coeficiente de variação (%); MA = Mata Atlântica; CA = Caatinga; CE = Cerrado.

Os totais anuais de precipitação registrado em ambiente de MA foram de 737 a 1815 mm, integrando a região com os maiores níveis de precipitação do estado, sendo este um resultado esperado, visto que a região apresenta características fisiográficas que favorecem a ocorrência de precipitação. Do mesmo modo, a precipitação total no período chuvoso também atingiu altos níveis, apresentando uma variação de 565 a 1260 mm.ano⁻¹ na região, enquanto que no período seco observou-se zonas de variação, ao norte, variando de 350 a 550 mm.ano⁻¹, enquanto que ao sul da região a variação foi de 707 a 766 mm.ano⁻¹ e no Sudoeste o nível mais baixo foi verificado (171,7 mm.ano⁻¹). Resultados similares foram obtidos por Bezerra et al. (2021) em estudos sobre análise de zonas de precipitação em que se observou um maior nível de precipitação na zona litorânea do estado de Pernambuco, cuja sua formação também é dada pelo bioma Mata Atlântica. Portanto, a variação observada nos níveis de precipitação no ambiente de Mata Atlântica nos últimos anos é concordante com as características climáticas geográficas da região.

O município de Vitória da Conquista apresentou sazonalidade distinta dos demais municípios que compõem esse ambiente, em que os níveis de precipitação foram menores que as faixas observadas, apresentando coeficiente de variação mais elevado entre os municípios analisados no ambiente. Embora discrepante das demais localidades no ambiente inserido, o comportamento sazonal e a média anual de 733,9 mm também foram encontradas por Conceição et al. (2016) corroborando os resultados encontrados neste estudo. O bioma Mata Atlântica é composto por diferentes fitofisionomias associadas às condições abióticas locais que influenciam o microclima da região, e, entre as distintas zonas, o município de Vitória da Conquista está inserido na região de contato entre zonas de Mata Atlântica com Caatinga associado às zonas de clima úmido e subúmido com características semiáridas, explicando os diferentes níveis de precipitação observados quando comparadas às demais localidades na Mata Atlântica

No bioma CA também é possível notar a concentração em intervalos diferentes nos níveis da precipitação total anual, em que os municípios ao leste e oeste desta região apresentaram níveis entre os intervalos, respectivamente, de 543 a 605 mm e 640 a 1020 mm. Porém, o período chuvoso apresentou uma amplitude maior entre os valores totais de precipitação, com níveis totais de precipitação de 290 a 711

mm.ano⁻¹, sem apresentar um padrão geográfico perceptível, da mesma forma foi observado no período seco, em que os níveis foram de 48 a 314 mm.ano⁻¹.

Santos et al. (2010) constataram em algumas regiões de Caatinga uma média anual inferior a 500 mm de precipitação pluvial, corroborando os valores encontrados neste estudo. Assim como Nascimento et al. (2020) também observaram valores inferiores a 500 mm.ano⁻¹ em uma série de dados de precipitação para os anos 1985 a 2016 em uma região de Caatinga.

O município de Lençóis apresenta níveis de precipitação total anual no período chuvoso mais elevado quando comparado aos outros municípios da região, assim como apresentou um alto nível de precipitação durante o período seco (308,9 mm.ano⁻¹) em relação ao menor nível observado na região (48,1 mm.ano⁻¹). O município Lençóis compõe a região da serra do Sincorá, que se trata de um complexo que atravessa a Chapada Diamantina com altas altitudes e atuam na dinâmica dos sistemas meteorológicos e regimes de precipitação da região, promovendo maiores incidências de ventos e precipitações, diferentemente das demais localidades deste ambiente. Resultados similares foram obtidos por Silva et al (2000), que verificaram elevado nível de precipitação total anual no município de Lençóis.

Já no bioma CE a precipitação total anual apresentou uma faixa de 750 a 964 mm, este comportamento é esperado para região devido ao regime pluviométrico ser caracterizado como heterogêneo tornando os períodos sazonais bem definidos (AIBA, 2019; RAMOS, 2020). Nos períodos chuvosos e secos não foram observadas variações entre os níveis precipitados como visto nos demais ambientes, porém os níveis de precipitação no período chuvoso foram aproximadamente de 800 mm ao oeste e de 400 mm ao leste, enquanto no período seco foi de 120 mm.ano⁻¹ no ambiente em geral, evidenciando a heterogeneidade apenas na sazonalidade nesta região.

Em uma análise sobre a urgência do monitoramento hidroclimático no oeste da Bahia feita por Pousa et al. (2019) foi observado que os níveis de precipitação variam de 600 a 1400 mm no município de Barreiras e que o comportamento pluviométrico em outras localidades da bacia hidrográfica é aproximado com esses níveis, verificando que em determinadas regiões a precipitação ocorre como em um ambiente de Caatinga e em outras regiões o comportamento é típico de ambiente de Cerrado.

AIBA (2019) relatou que o município de Barreiras e Santa Rita de Cássia que integram a sub-bacia Rio Grande, cuja a contribuição para área de drenagem do Rio São Francisco é de suma importância, apresentou níveis de precipitação entre 800 a 2000 mm.ano⁻¹. Assim, nota-se que algumas localidades da região apresentam baixos níveis precipitados enquanto outras apresentam o oposto. Esse comportamento é característico de zonas de transição associado às condições abióticas locais, como neste caso, os pontos observados estão inseridos em zona de contato entre Cerrado e Caatinga.

De modo geral, os níveis de precipitação média anual permitem verificar valores extremos dentro do estado, em que ao oeste e leste ocorrem precipitações mais elevadas e estes níveis vão reduzindo quando percorre-se em direção à região central, coincidindo com as áreas classificadas como semiárido do NEB. Dourado et al. (2013) identificaram quatro zonas de precipitação homogêneas diferentes no estado, mas que apresentavam o mesmo comportamento de níveis em relação à direção externa ao interno no estado da Bahia. Da mesma forma, Carvalho et al. (2020) observaram que, quanto mais distante da costa, maior é a variabilidade da precipitação e menores são os valores da precipitação.

Além disso, observou-se pelos resultados encontrados que a região de Caatinga e Cerrado têm períodos chuvosos e secos bem definidos, de modo que a estação chuvosa é responsável por mais de 70% dos níveis totais precipitados na maioria das localidades destas regiões. Já nas localidades de Mata Atlântica a precipitação total é mais homogênea entre o período chuvoso e seco, exceto no município de Vitória da Conquista. Desse modo, os níveis totais de precipitação no decorrer do ano mostraram que há uma regularidade na precipitação dessas regiões, por meio dos valores baixos de coeficiente de variação, exceto em alguns municípios na região de Caatinga e Cerrado durante o período seco.

Os municípios que apresentaram elevados coeficientes de variação no período seco evidenciam a característica particular da região semiárida do NEB que consiste na elevada irregularidade de precipitação, abrangendo as zonas de transição entre biomas, como em Bom Jesus da Lapa, Vitória da Conquista e Santa Rita de Cássia.

Gomes et al. (2015), em análise do comportamento da variável precipitação na região paraibana dominada por Caatinga, constataram que a variabilidade de

precipitação foi mais elevada no período mais seco da série, apresentando coeficiente de variação aproximado de 96% a 135%.

Além disso, tem-se que considerar que a variabilidade de precipitação no estado da Bahia está sujeita à influência de fenômenos atmosféricos, como à brisa marítima, vórtices ciclônicos de ar, ventos alísios, assim como as flutuações de aquecimento diferencial da superfície, zonas de convergência de umidade e convecção (MARENGO et al., 2011).

Na Tabela 4 encontra-se a análise do comportamento descritivo do índice temperatura média, máxima, mínima anual para cada ambiente em que cada estação meteorológica se encontra.

Tabela 4 - Estatísticas descritiva do índice temperatura durante o período 1989 a 2019 das estações analisadas no estado da Bahia por ambiente

ID	Estação	Temperatura					
		Média		Máxima		Mínima	
		\bar{x}	CV	\bar{x}	CV	\bar{x}	CV
MA							
01	Alagoinhas	25,1	3,5	30,0	5,6	20,1	2,0
02	Guaratinga	24,8	1,5	29,4	3,0	20,1	1,6
03	Salvador	25,9	1,6	29,1	1,4	22,7	3,1
CA							
04	Bom Jesus da Lapa	26,8	2,9	33,1	2,5	20,5	3,9
05	Cipó	26,4	1,4	32,3	1,5	20,5	3,3
06	Morro do Chapéu	21,6	1,8	26,2	2,1	17,0	1,8
CE							
07	Santa Rita de Cássia	25,8	2,8	33,2	2,3	18,4	4,9

ID = identificador numérico da estação meteorológica; \bar{x} = média (C°); CV = Coeficiente de variação (%); MA = Mata Atlântica; CA = Caatinga; CE = Cerrado;

A menor temperatura média (21,6 °C) foi observada em Morro do Chapéu, sendo esse um município que compõe o ambiente de Caatinga, enquanto a maior temperatura média (26,8 °C) foi no mesmo ambiente, porém no município mais ao sudoeste do estado, em Bom Jesus da Lapa. O município de Morro do Chapéu está situado em uma altitude elevada, o que corrobora a ocorrência de baixas temperaturas devido ao ar rarefeito, que tem menor capacidade de reter calor em função da menor pressão atmosférica nessa altitude, assim como a radiação que tem capacidade de aquecer o ar é menor devido à superfície nestas regiões serem mais estreitas.

As localidades de Alagoinhas, Guaratinga, Salvador, Cipó e Santa Rita de Cássia estão em latitudes menores que o município de Bom Jesus da Lapa, mas ainda não apresentaram maior taxa de temperatura. Isso acontece em virtude de a altitude

não ser o único fator que afeta a temperatura, podendo essa variável ser influenciada pela latitude, continentalidade, correntes marinhas, vegetação, urbanização.

O município de Morro do Chapéu apresentou valores mais baixos também para temperatura máxima e mínima) (26,7 e 17 °C, respectivamente) aos valores observados na região que está inserido. Reforçando a associação de temperaturas baixas em altitudes elevadas, visto que o município está localizado em uma região de elevada altitude e que compõe a região da Serra do Sincorá, como o município de Lençóis, citado anteriormente.

Já no município de Bom Jesus da Lapa, os resultados obtidos para temperatura média anual, máxima e mínima foram diferentes de outros trabalhos realizados como exemplo Passos (2020), que verificou para temperatura média, máxima e mínima taxas de 24,5; 37,5; e 16,1 (°C) entre os anos de 1992 e 1994, valores inferiores aos obtidos neste estudo, indicando uma possível elevação na variável.

Em Salvador a média apresentada foi de 25,9 °C para o período de 1989 a 2019, resultado próximo ao encontrado por Carvalho et al (2020), em que a média de temperatura foi de 25,5 e o CV de 1,7% no período de 1961 a 2017, indicando uma possível estabilidade no comportamento desta variável.

Os registros de temperatura máxima variaram entre 29 e 33 °C, apresentando um padrão esperado devido à região estar inserida no NEB, que possui como característica marcante as elevadas taxas de temperatura. Para a temperatura mínima, os valores não se distanciaram de 20 °C, apresentando similaridade desta variável, porém com valores de CV um pouco mais elevado, indicando uma variação mais forte nessa variável.

A temperatura não apresenta um comportamento de muita variabilidade, mas Silva e Azevedo (2000) observaram que esta variável apresenta comportamento diferente para a região da Chapada Diamantina e localidades com altas altitudes.

4.2. Análise da tendência nos índices climáticos precipitação e temperatura durante o período de 1989 a 2019

4.2.1. Tendência de precipitação

A tendência de precipitação total para o período anual, seco e chuvoso com os seus respectivos índices de Z_{MK} e p obtidos pelo teste de Mann-Kendall para cada

ambiente são apresentadas na Tabela 5, onde foi possível notar que foram poucas as localidades que apresentaram tendências significativas em determinados períodos do ano.

Tabela 5 - Valores de tendência de precipitação durante o período de 1989 a 2019 em localizações do estado da Bahia

ID	Estação	Precipitação Total					
		Ano		Chuvoso		Seco	
		Z	p	z	p	z	P
MA							
01	Alagoinhas	0,0339	0,97	1,0198	0,31	-1,1897	0,23
02	Canavieiras	1,0369	0,29	1,6489	0,10	0,0169	0,96
03	Caravelas	-0,9518	0,34	-0,6459	0,52	-0,3399	0,73
04	Cruz das Almas	-0,5099	0,61	0,6459	0,52	-1,7336	0,08
05	Guaratinga	-0,6630	0,51	-0,8498	0,39	0	1
06	Salvador	-0,4079	0,68	-0,3059	0,75	-0,78	0,43
07	Vitória da Conquista	-1,4277	0,15	-0,7818	0,43	-1,4277	0,15
CA							
08	Barra	-1,3597	0,17	-0,2719	0,79	-1,8869	0,06
09	Bom Jesus da Lapa	-2,3795	0,02*	-1,3257	0,18	-2,7194	0,01*
10	Cipó	0,1871	0,85	1,7856	0,07	-1,2414	0,21
11	Irecê	-1,6656	0,10	-0,9858	0,32	-1,1729	0,24
12	Itaberaba	-1,0198	0,31	-0,1690	0,86	-1,9376	0,05
13	Jacobina	-0,1350	0,89	-0,1350	0,89	-2,1759	0,02*
14	Lençóis	-0,16996	0,86	-0,1690	0,86	-0,1860	0,85
15	Monte Santo	-0,8669	0,38	-0,2379	0,81	-1,0878	0,28
16	Morro do Chapéu	-0,8498	0,39	0,0330	0,97	-1,6656	0,10
17	Remanso	-1,6317	0,10	-0,7478	0,45	-2,0229	0,04*
18	Serrinha	-1,8536	0,06	-0,4251	0,67	-1,7516	0,07
CE							
19	Barreiras	-0,9178	0,36	0	1	-1,6996	0,09
20	Caetité	-2,6174	0,01*	-0,9858	0,3242	-2,4308	0,01*
21	Santa Rita de Cássia	-1,5637	0,12	-0,1690	0,865	-2,2435	0,02*

Para resultados significativos pelo teste de MK para 95% de significância; z = estatística do quantil z do teste MK; p = valor de p calculado pelo teste MK; MA = Mata Atlântica; CA = Caatinga; CE = Cerrado.

Nos municípios que compõem o ambiente Mata Atlântica não foi identificada tendência significativa ($p < 0,05$) de aumento e diminuição da precipitação nos diferentes períodos do ano, durante os anos de 1989 a 2019, sendo a única região que não apresentou tendência no comportamento da variável.

Bezerra et al. (2021), analisando as zonas que compõem o estado de Pernambuco, não identificaram tendências na precipitação anual em zonas que corresponde ao domínio de Mata Atlântica no estado, porém a análise sazonal indicou a ocorrência de tendências negativas e positivas na região. Assim, o monitoramento

intra-anual da variável é tão importante quanto o interanual, pois a variável pode expressar a mudança em determinado período do ano de modo distinto.

Já nas regiões de Caatinga e Cerrado foi observada a ocorrência de tendência significativa ($p < 0,05$) na precipitação anual e no período seco em alguns dos municípios analisados. A precipitação anual apresentou tendência apenas no município de Bom Jesus da Lapa, que compõe o ambiente de Caatinga, enquanto no Cerrado a tendência foi observada no município de Caetité. No período seco foram identificados uma maior quantidade de ocorrência de tendências, correspondendo aos municípios de Bom Jesus da Lapa, Jacobina, Remanso na Caatinga e os municípios de Caetité e Santa Rita de Cássia no Cerrado. Todas as tendências observadas nos diferentes períodos e ambientes são decrescentes pelos valores Zmk observado, portanto há uma tendência de redução da precipitação anual e a do período seco.

Peneiro et al. (2018), analisando se ocorria tendência em precipitação nas localidades do bioma Cerrado, encontraram tendências significativas de diminuição para os meses considerados secos, como aos encontrados neste estudo.

As cidades pertencentes aos biomas Mata Atlântica e Caatinga no estudo de Peneiro et al. (2018) não apresentaram tendência significativa em sua maioria, também corroborando os resultados aqui encontrados, assim como Bezerra et al. (2021), que não encontraram tendências significativas para precipitação anual nas zonas de Caatinga no estado de Pernambuco.

Para a precipitação no período do chuvoso não foram identificadas tendências significativas ($p < 0,05$) para os municípios e ambientes analisados, divergindo dos resultados encontrado por Peneiro et al. (2018), que observaram tendências durante os meses que compõem o período chuvoso nos biomas estudados. É importante ressaltar que o tempo da série analisada neste estudo diferiram da série estudada por Peneiro et al. (2018), assim como o método de preenchimento de falhas.

Percebe-se que as tendências identificadas correspondem ao comportamento da precipitação nas regiões oeste ou norte do estado da Bahia, cuja área é classificada como semiárida, assim como o período que apresentou tendência foi durante a época seca com indicativo de redução. Logo, levanta-se um alerta climático sob essas áreas dado que já apresentam longos períodos de estiagem com pluviosidade irregular que podem impactar a região nos diversos setores.

Outros autores também identificaram tendências de redução na precipitação nas regiões do oeste e norte do estado, por exemplo, Silva et al. (2012) detectaram tendências nos municípios de Barra e Bom Jesus da Lapa durante 1970 a 2006, e Lima et al. (2011) identificaram tendências de redução em 11 localidades no oeste baiano em uma análise de 18 municípios apenas desta região, destacando o município de Bom Jesus da Lapa com o maior decréscimo na precipitação.

Embora poucas localidades tenham apresentado tendências significativas no comportamento das variáveis precipitação durante o tempo analisado, o presente trabalho corrobora as previsões climáticas para região do NEB, como as citadas pelos autores Sales et al. (2015) e De Assis (2016). Assim como é importante ressaltar que as alterações no comportamento de variáveis climáticas ainda que ocorram em determinadas áreas no NEB são capazes de gerar impactos negativos severos, devido à vulnerabilidade que a região já apresenta por suas características, podendo atingir desde o setor socioeconômico ao ambiental, conforme já apresentado pelo relatório PBMC (2016).

4.2.2. Tendência de temperatura

Os resultados de tendência de temperatura média, máxima e mínima com os seus respectivos índices de Z_{MK} e p obtidos para cada ambiente são apresentados na Tabela 6, possibilitando observar que apenas em alguns períodos foram detectadas tendências significativas para seis localidades.

Tabela 6 - Valores de tendência de precipitação durante o período de 1989 a 2019 em localizações do estado da Bahia

ID	Estação	Temperatura					
		Média		Máxima		Mínima	
		z	p	z	p	z	p
MA							
01	Alagoinhas	1,6317	0,10	2,3795	0,02*	-0,2379	0,81
02	Guaratinga	0,5779	0,56	-0,0670	0,95	1,6317	0,10
03	Salvador	-0,4079	0,68	2,3115	0,02*	-2,1076	0,03*
CA							
04	Bom Jesus da Lapa	3,7732	0,0002*	3,4333	0,0005*	3,8072	0,0001*
05	Cipó	-1,6317	0,10	2,3115	0,02*	-2,8554	0,004*
06	Morro do Chapéu	3,7052	0,0002*	3,2973	0,0009*	3,1953	0,001*
CE							
07	Santa Rita de Cássia	1,3597	0,1739	2,9574	0,003*	0,8498	0,39

Para resultados significativos pelo teste de MK para 95% de significância; z = estatística do quantil z do teste MK; p = valor de p calculado pelo teste MK; MA = Mata Atlântica; CA = Caatinga; CE = Cerrado.

Os resultados obtidos para os municípios de Alagoinhas e Salvador inseridos em ambiente de Mata Atlântica evidenciam tendências positivas significativas para a variável temperatura máxima, e apenas Salvador apresentou tendência negativa significativa pelo mesmo teste para a variável temperatura mínima.

Em uma análise de diversas variáveis climáticas entre o período de 1961 a 2011, Salviano et al. (2016) observaram a presença de tendências significativas mensais em todo o Brasil, destacando os resultados encontrados para temperatura média. No mesmo estudo, o NEB apresentou tendências positivas na faixa litorânea, região de Mata Atlântica, corroborando os resultados obtidos para esta região no presente estudo.

Nos municípios de Bom Jesus da Lapa, Cipó e Morro do Chapéu que compõem o ambiente de Caatinga foram identificadas tendências significativas para todas as variáveis de temperatura, exceto para a temperatura máxima do município de Cipó. As tendências encontradas foram positivas para a temperatura média e máxima, já para temperatura mínima foi observada tendência negativa em uma localidade, o município de Cipó. Os municípios analisados com tendências para essa região compõem a área semiárida do NEB, que, assim como é caracterizado por comportamento pluviométrico irregular, também apresenta elevadas taxas de temperatura, que, associadas a tendências de aumento, podem gerar maiores impactos na região.

Tendências positivas foram observadas em índices de extremos climáticos associados à temperatura, como amplitude térmica diária, temperatura máxima e mínima mais alto e baixa diária, no NEB, principalmente na região semiárida baiana por Costa et al. (2020). Em concordância com o comportamento encontrado nesta região, Paulino et al. (2019) detectaram tendências positivas na temperatura máxima e mínima para aproximadamente 70% dos locais analisados no Ceará, sendo este estado caracterizado por regiões semiáridas, tornando mais evidente a tendência de elevação para a temperatura nesta região.

O ambiente de Cerrado foi representado apenas pelo município de Santa Rita de Cássia, este apresentou tendência para a temperatura máxima, com Zmk apontando um acréscimo na temperatura. Tendências de elevação na temperatura para o oeste da Bahia foram detectadas por Costa et al. (2020), e também por Dos Reis et al. (2020), que verificaram tendências significativas positiva na região oeste

da Bahia durante 1980 a 2013, confirmando o comportamento observado no presente trabalho.

Observa-se que as tendências detectadas nos diferentes ambientes foram a maioria de acréscimo, tornando evidente que a variável temperatura nos diferentes ambientes inclinou para um significativo aumento no período analisado.

A associação de tendências positivas de temperatura máxima e temperatura mínima pode gerar mudanças na sensação térmica por proporcionar a elevação na amplitude térmica local, influenciando a ocorrência de dias e noites quentes. Esse fato foi observado por Melo et al. (2018), ao analisarem tendências de extremos climáticos próximo ao lago artificial de Sobradinho, constatando um aumento na temperatura máxima diurna e dias quentes em estações localizadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

No estudo realizado por Peneiro et al. (2018), em torno de 53% das cidades analisadas na região de cerrado do Brasil apresentaram tendência na temperatura média, sendo a maioria positiva, conforme os resultados encontrados neste estudo. Em cidades brasileiras da região de Caatinga e Mata Atlântica foram observadas tendência na temperatura média, porém em um percentual menor quando comparado à quantidade de cidades na região de Cerrado.

As detecções de tendências de aumento na temperatura reforçam as previsões realizadas pelas pesquisas científicas, tais como a de Silva et al. (2020), que indicaram a ocorrência de tendências positivas para cenários futuros de temperatura média para bacias que compõem o estado da Bahia, assim como os apontamentos dos relatórios do IPCC (2013), que indicam aumento para as temperaturas máximas e mínimas na região do NEB.

As possíveis elevações na temperatura observadas pelas tendências de aumento para diferentes variáveis de temperatura devem ser analisadas com demais fatores climáticos, a fim de determinar se este comportamento é uma consequência de mudanças climáticas.

As tendências de redução na temperatura mínima e aumento na temperatura máxima indica indiretamente uma tendência de aumento em um terceiro fator climático na região, a amplitude térmica. A ocorrência de temperaturas elevadas durante o dia e o resfriamento noturno podem estar associados a fatores naturais locais como

ocorre em regiões desérticas ou a fatores gerados pela intervenção humana como a as ilhas de calor urbano.

As regiões desérticas apresentam altas e baixas temperaturas naturalmente pela sua caracterização edafoclimática, enquanto as ilhas de calor são fenômenos causados pela substituição da cobertura vegetal por áreas de infraestruturas, ocorrendo principalmente em megacidades. Em ambas as situações, a temperatura mínima é influenciada pela maior perda de calor, portanto as condições locais, associadas a fatores como o vento, a nebulosidade e outros sistemas atmosféricos, podem afetar esta variável.

4.2.3. Análise da distribuição de tendências de precipitação e temperatura nos biomas do estado da Bahia

Na Tabela 7 e 8 encontram-se os resultados para as variáveis precipitação e temperatura média anual por bioma para a análise de distribuição de tendências, adotando a representação por sinais para tendência positiva (+), tendência negativa (-) e em casos de sem tendência identificada com o sinal (?).

Tabela 7 - Distribuição de tendências de precipitação média total nos ambientes do estado Bahia

Ambiente	Localidades com tendência		
	(+)	(-)	(?)
CA	0	1	10
CE	0	1	2
MA	0	0	7
Total	0	2	19

CA = Caatinga; CE = Cerrado; MA = Mata Atlântica.

Observou-se que a maioria das localidades (19) não apresentou tendência para a precipitação média anual, e dois municípios apresentaram tendências negativas, sendo um registro no bioma Caatinga e outro em Cerrado (Tabela 7). Nas poucas localidades que apresentaram tendências, foi possível constatar que o comportamento foi apenas de redução na média anual precipitada.

Morales-Acuña et al. (2021), em estudo realizado na Colômbia, um país que apresenta características heterogêneas que formam diferentes ecorregiões, observaram um comportamento de tendência na precipitação similar ao encontrado

neste estudo, em que a maioria das localizações analisadas não apresentaram tendências significativas. Em âmbito local, na região de estudo, temos os resultados de Dantas et al. (2015), que observaram a ausência de tendência significativa na cidade Campina Grande – PB para a precipitação total anual. Isso evidencia que ainda que haja tendências em algumas localidades, as previsões climáticas apontadas pelos estudos gerados de modelos climáticos globais não retratam os resultados de análise local para variáveis climáticas isoladas.

Para a temperatura média foi possível observar que há uma quantidade de localidades apresentando tendência positiva (2), enquanto nenhuma apresentou tendência negativa, contudo as localidades que não apresentaram tendência significativa (5) foram superiores (Tabela 8). As tendências identificadas ocorreram apenas em localidade do bioma Caatinga, indicando aumento para a temperatura média anual nesta região.

Tabela 8 - Distribuição de tendências na temperatura média anual nos ambientes do estado Bahia

Ambiente	Localidades com tendência		
	(+)	(-)	(?)
CA	2	0	1
CE	0	0	1
MA	0	0	3
Total	2	0	5

CA = Caatinga; CE = Cerrado; MA = Mata Atlântica.

No bioma Mata Atlântica não houve tendência significativa para nenhuma das variáveis avaliadas.

Peneiro e Meschiatti (2018) mostraram que o comportamento de tendência encontrado para a temperatura era superior ao de precipitação no Brasil, e a região NEB apresentou o maior número ocorrências de tendência positiva para a variável temperatura, semelhante aos resultados observados na distribuição de tendências no estado da Bahia.

Tendências em ambas as variáveis foram identificadas em outros países, com regiões semiáridas, como a Nigéria, a Espanha, a China, a Índia (UMAR et al., 2019; JENIFER, et al., 2021; PALACIOS-CABRERA et al., 2022; CHEN et al., 2022), comprovando a vulnerabilidade climática para esta região.

As tendências de aumento para a variável temperatura na região oeste e semiárida da Bahia também foram observadas em outros trabalhos (COSTA et al., 2020; DOS REIS et al., 2020), além das previsões relatadas pelo IPCC (2007, 2013) e PBMC (2016), também foram associadas a fatores de aumento da zona urbana, desmatamento e desenvolvimento agropecuário e industrial.

Não foi possível determinar se o bioma Caatinga está mais propenso às alterações nas variáveis climáticas precipitação e temperatura que o bioma Cerrado, devido ao número reduzido de pontos observados no bioma Cerrado.

Todavia, o bioma Caatinga é considerado mais vulnerável às condições climáticas e ambientais (PMBC, 2016), além de ter localidades com as variáveis precipitação e temperatura apresentando tendência significativa, como o município Bom Jesus da Lapa. Por esse motivo, o município de Bom Jesus da Lapa foi selecionado para ser estudado em uma análise detalhada da dinâmica ambiental em busca de compreender as possíveis relações com o comportamento climático.

4.3. Análise da mudança no uso e cobertura da terra do município de Bom Jesus da Lapa - BA durante o período de 1989 a 2019

Considerando os resultados obtidos sobre o comportamento dos índices climáticos, precipitação e temperatura em localidades do estado da Bahia, o município de Bom Jesus da Lapa foi escolhido por não apresentar um comportamento estável durante os últimos anos e está inserido na região do bioma Caatinga, bioma que apresenta vulnerabilidade climática e ambiental.

Em busca de compreender melhor a característica ambiental do município foi realizada a análise de mudanças no uso e cobertura da terra em que se verificou a ocorrência de tendência durante 1989 a 2019 na área ocupada por cada classe de cobertura da terra (Tabela 9). Posteriormente, foi possível explorar as possíveis relações entre o uso e cobertura da terra com o comportamento dos índices climáticos.

Tabela 9 - Valores de tendência de uso e cobertura da terra durante o período de 1989 a 2019 no município Bom Jesus da Lapa – Bahia

Uso e cobertura da terra	Teste MK	
	z	p
Formação Natural não florestal	0,2719	0,7857
Floresta	-4,725	<0,0001*

Agropecuária	4,861	<0,0001*
Área não vegetada	-0,8158	0,4146
Água	-6,2547	<0,0001*

* Para resultados significativos pelo teste de MK para 95% de significância; z = estatística do quantil z do teste MK; p = valor de p calculado pelo teste MK.

A área ocupada por formação natural não florestal e área não vegetada no município de Bom Jesus da Lapa durante os anos de 1989 a 2019 apresentou estabilidade, com valores de Z_{mk} e p não significativos. A área de formação natural não florestal é composta em sua maior parte por formação campestre e em menor parte por afloramento rochoso, enquanto a formação da classe de área não vegetada corresponde majoritariamente à área urbanizada e em menor representação as áreas que não foram especificamente classificadas.

Neves e Conceição (2010) relataram que a formação campestre possui características peculiares em razão dos variados habitats que se formam nessas áreas, como solos arenosos e alta exposição de rochas. Esses atributos podem tornar essas áreas não tão atrativas para implantação agrícola ou urbana. Associado a esse aspecto, o município se encontra aproximadamente há 800 km de distância da capital Salvador e está inserido na região semiárida do NEB, o que pode ter influenciado para um lento processo de desenvolvimento urbano, conseqüentemente não apresentado uma expansão nas áreas urbanas. Ainda associado a essas perspectivas, o município não possuía estradas de bom acesso até o início do século XX, assim como apresenta características fitoclimáticas menos interessantes que das regiões litorâneas do estado (ROCHA, 2016).

Outro fator importante a ser considerado é que o município de Bom Jesus da Lapa foi classificado como área prioritária para conservação da flora Caatinga devido à região agregar áreas com taxa muito elevada de riqueza e endemismos de espécies (AIBA, 2019), portanto, as atividades para esta região recebem recomendações que sejam voltadas ao uso sustentável do meio ambiente.

As classes de florestas, agropecuária e rios apresentaram tendência, onde a instabilidade na série de dados indica que a área ocupada por agropecuária aumentou, e as áreas de florestas e rios reduziram significativamente, apresentando valores de acréscimo e decréscimo pelo estimador de Z_{mk} , respectivamente.

A classe agropecuária é composta por área de mosaico de agricultura e pastagem, área isolada de pastagem e área isolada de agricultura, já a classe de floresta é composta pelas categorias formação florestal e formação savânica.

O município tem a maior parte de sua área coberta por mosaicos de agricultura e pastagem na classe agropecuária e por formação savânica na classe de florestas. A classe rios se trata apenas de rios que formam esse território.

Observa-se que o comportamento da classe agropecuária e floresta são opostos, de modo que conforme uma classe de cobertura aumenta a outra diminui, como o esperado, visto que a dinâmica de uso e cobertura da terra consiste na conversão de uma classe por outra. Assim, as mudanças no uso e ocupação da terra visualizadas no mapeamento Mapbiomas (Figura 3) se trata de conversões estaticamente significativas de áreas florestais para agropecuária durante o período analisado.

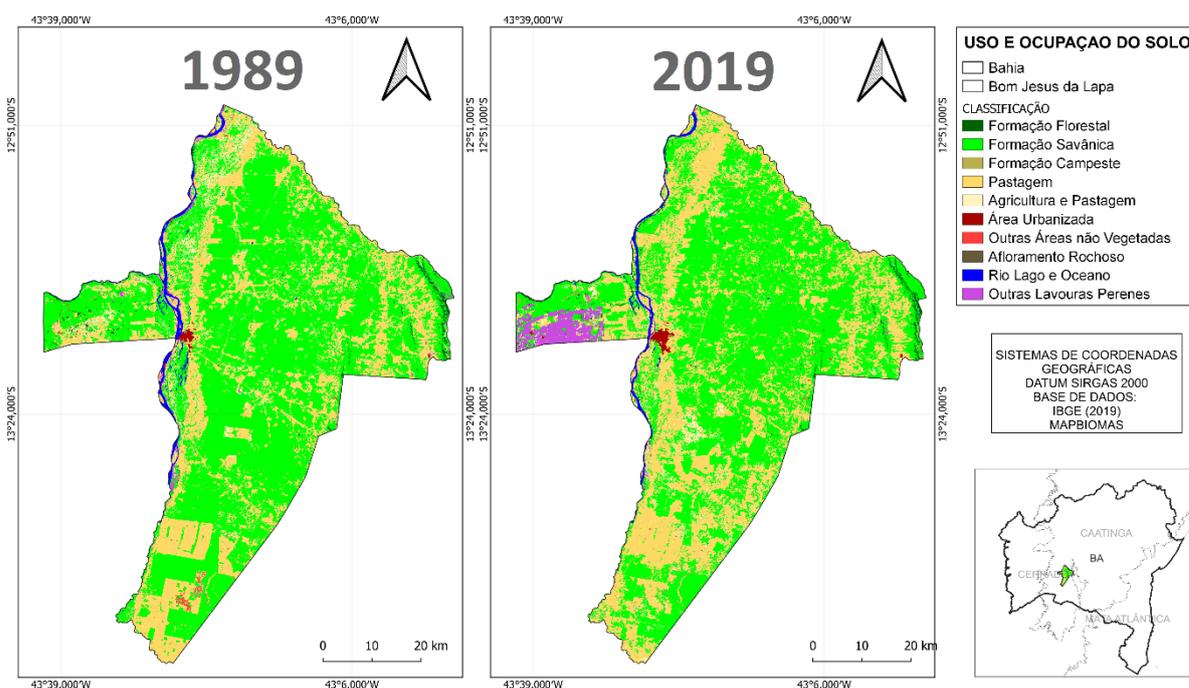


Figura 3 - Mapeamento do uso e ocupação da terra do município de Bom Jesus da Lapa no período de 1989 e 2019.

Mesmo apresentando aspectos ambientais não favoráveis à implantação agrícola, nota-se a consolidação dessa atividade ao oeste do município, podendo estar associado à proximidade do Rio São Francisco, que favorece os sistemas de irrigação para desenvolvimento da atividade.

Rocha (2016) relatou que, devido ao subdesenvolvimento promovido pelas condições adversas das regiões semiáridas, foram tomadas medidas públicas para sanar essa problemática promovendo a irrigação no Vale do Rio São Francisco, corroborando os resultados observados no mapa.

Outra categoria que compõe a classe agropecuária é a pastagem, sendo esta a mais expressiva no que se refere à área de cobertura no município, podendo ser associada às características ambientais do município que favorecem o produtor local optar por essa atividade em vez da agricultura.

Aiba (2019) classificou o município como região de vulnerabilidade mediana, igualmente ao grau de alteração para atividades do setor agropecuária, tendo em vista as condições de degradação que a atividade proporciona, como o desaparecimento de espécies endêmicas, a promoção do desmatamento, a disseminação de técnicas agrícolas impróprias como o pastoreio demasiado.

Cunha et al. (2013) avaliaram a substituição da vegetação natural da Caatinga por agropecuária, constando que a conversão florestal promoveria a modificação das características morfológicas e biofísicas e, conseqüentemente, alterariam os componentes dos balanços de energia, pois a taxa de albedo sofreu um aumento por causa das mudanças nas propriedades ópticas foliares, como também houve alteração nas propriedades estomáticas.

A conversão de áreas florestais por áreas agropecuárias tem se tornado uma atividade comum no NEB, podendo propiciar uma maior vulnerabilidade tanto ambiental como climática por motivos de alterarem os componentes ou processos dos ciclos terrestres.

Fernandes et al. (2015), em análise do uso e ocupação da terra na região semiárida do estado de Sergipe durante o período de 1992 a 2013, observaram a conversão de vegetação nativa, no qual a área de Caatinga foi mais impactada, assim como as áreas convertidas foram majoritariamente para áreas de pastagens. Esses resultados reforçam a evolução de conversões florestais na região de Caatinga que tem sido observada em diversas localidades do NEB, confirmando o longo processo de degradação florestal na região devido ao avanço da agropecuária.

Jardim et al. (2022) apontaram tendências significativas na expansão de área agrícolas, ao mesmo tempo que ocorreu a redução de áreas no bioma Caatinga no município de Petrolina.

A expansão agrícola em substituição de áreas florestais pode gerar diversas consequências nos fluxos terrestres. Chen et al. (2022) observaram na região semiárida da China uma redução de água subterrânea causada pelo bombeamento de irrigação, mesmo quando ocorreu a elevação da precipitação na região.

Palacios-Cabrera et al. (2022) constataram em região mediterrâneas semiáridas que as mudanças no uso e cobertura da terra provocam abandono de áreas improdutivas, e a intensificação da agricultura é capaz de alterar o processo de evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial da bacia analisada, assim como já foram detectadas reduções na precipitação.

O município de Bom Jesus da Lapa apresenta características ambientais que já promovem condições climáticas adversas, portanto as conversões florestais por áreas destinadas à agropecuária podem contribuir com as tendências nos índices climáticos obtidos neste estudo.

4.3.1. Correlação de tendências nos índices climáticos com a redução de cobertura florestal

A correlação entre as médias das variáveis climáticas precipitação e temperatura com as áreas de uso e cobertura da terra (classe floresta e agropecuária) são apresentadas na Figura 4, em que o diagrama apresenta as correlações das variáveis, o histograma e o gráfico de dispersão para cada correlação.

A classe floresta apresentou uma correlação perfeita negativa (-1) com a classe agropecuária, ou seja, com a diminuição de área com cobertura florestal ocorre um aumento na área coberta por agropecuária no município. Isso confirma os resultados discutidos no tópico anterior sobre o aumento de áreas destinadas à atividade agropecuária estarem relacionados diretamente à redução de áreas florestais.

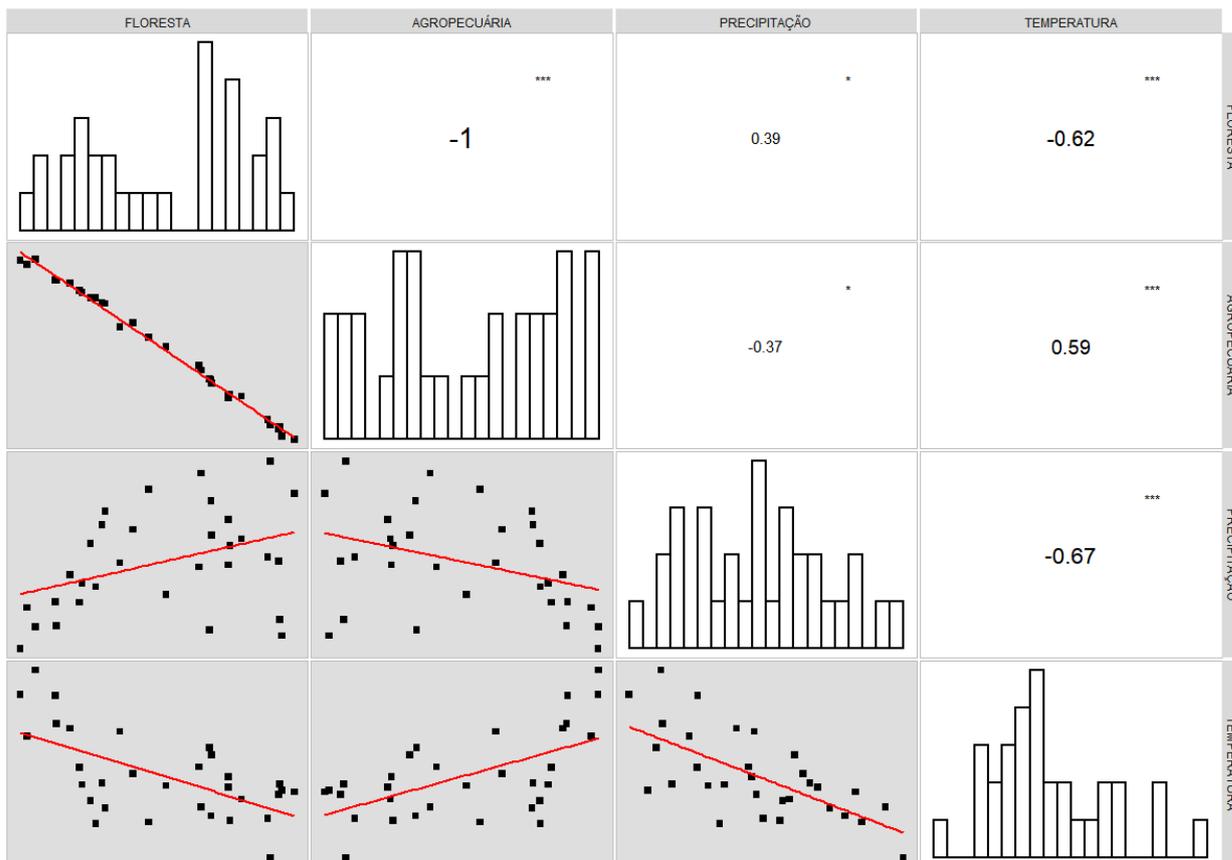


Figura 4 - Correlação entre as variáveis climáticas e as classes de uso e cobertura da terra no município de Bom Jesus da Lapa durante 1989 a 2019, na parte superior; histograma das variáveis, na diagonal; gráfico de dispersão das correlações, na parte inferior.

A cobertura florestal apresentou maior correlação negativa (-0,62) com a temperatura média anual, enquanto que a correlação entre a precipitação média total anual com as áreas de florestas foi positiva (0,39) para o município de Bom Jesus da Lapa. Desse modo, a relação entre o comportamento da variável temperatura e a cobertura florestal está mais correlacionada do que a relação entre a precipitação e a floresta.

A relação negativa entre a temperatura e as áreas de florestas reforça a interação entre esses componentes de fluxos entre as superfícies, uma vez que a temperatura tendenciou a aumentar, ao mesmo tempo que a cobertura florestal tendenciou a diminuir significativamente no município. Isso torna evidente a importância das atividades exercidas pela cobertura florestal para a regulação do clima.

Complementando este resultado, tem-se a correlação positiva (0,59) entre a temperatura e a classe agropecuária, reafirmando que o aumento de áreas destinadas

a agropecuária está ligado às elevações de temperatura durante o período estudado. A ocupação de áreas destinadas à agropecuária tem potencial nos processos para regulação do clima, como captação de radiação solar direta atenuando condições microclimáticas, resfriamento pelo sombreamento, conversão de radiação para calor latente evapotranspiração e outros, como as florestas também dispõem, porém com a capacidade reduzida, pois as áreas agropecuárias substituem o componente superficial arbóreo por culturas agrícolas ou pastejo que apresentam caráter degradador ao solo quando mal manejado.

Cunha et al. (2013) indicam que a conversão da cobertura florestal para pastagem gera impactos significativos, mesmo com alterações mínimas, pois o albedo da superfície afeta as trocas de energia entre as superfícies. Analisando os efeitos por meio de variáveis microclimáticas como temperatura do ar e do solo entre outras, Gotardo et al. (2019) verificaram que, em uma área aberta (pastagem), ocorreram maiores perdas de água para a atmosfera, enquanto que a área com cobertura florestal reteve mais água, formando um microclima em seu interior.

As áreas de pastagens no município de Petrolina-PE foram apresentadas por Jardim et al. (2022) como hotspots, indicando que a diversidade das florestas presente estava em risco de extinção pelo intenso processo degradativo de pastejo e elevações na temperatura.

A variável temperatura também apresentou um comportamento de elevação em uma área de transição vegetacional para urbana no município de Porto Alegre-RS (KAISER et al., 2022), tornando evidente a relação da variável com a dinâmica do uso e cobertura da terra, embora a classe de infraestrutura urbana no município de Bom Jesus da Lapa não tenha apresentado expansão significativa.

Outra correlação notada foi a de temperatura com a precipitação, apresentado uma correlação negativa, mostrando que, quando a precipitação é reduzida, a temperatura se eleva, portanto, ao alterar o comportamento dos níveis de precipitação, maiores serão as taxas de temperatura, o que ocasionará impactos nas atividades que necessitam de equilíbrio térmico.

As correlações entre os índices climáticos e as classes de uso e cobertura da terra expõem o papel que cada um desses elementos podem representar nos fluxos entre as superfícies. A estabilidade entre os ciclos é de suma importância para os setores sociais e econômicos, uma vez que as alterações no clima são prejudiciais

para o bem-estar da saúde populacional (Organização Mundial da Saúde), assim como podem colocar em risco as produções agrícolas (REIS et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

As tendências encontradas indicaram que, no período seco, está ocorrendo uma tendência de redução na precipitação total anual em poucas localidades dos biomas Caatinga e Cerrado no estado da Bahia. Também foi possível observar que não ocorreu nenhum indicativo de aumento nos níveis precipitados em todas as regiões.

A temperatura apresentou diferentes comportamentos, em que a média foi a que menos apresentou tendências de alterações. Em contrapartida, as temperaturas máximas e mínimas apresentaram tendências de aumento e redução, nos três biomas do estado.

O município de Bom Jesus da Lapa apresentou tendências tanto para precipitação quanto para temperatura, e as reduções em áreas florestais e a expansão da agropecuária do município estão relacionadas à elevação de temperatura.

Os índices climáticos apresentam diferentes comportamento no estado da Bahia, e as mudanças na cobertura e uso da terra podem gerar impactos no comportamento das variáveis climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA (AIBA). **Agronegócio do Oeste da Bahia. Estudo do Potencial Hídrico da Região Oeste da Bahia: Quantificação e Monitoramento da Disponibilidade dos Recursos do Aquífero Urucuia e Superficiais nas Bacias dos rios Grande, Corrente e Carinhanha.** Viçosa, 201, 360 p.

AIRES, U. R. V; MELO NETO, J. DE O; CAMPOS, J. A. Use of NDVI for trend analysis of stream flow in the Paraopeba river, MG. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 08-19, 2017.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407-427, 2013.

ANACHE, J. A. A. **Alterações no ciclo hidrológico e na perda de solo devido aos diferentes usos do solo e variações climáticas em área de Cerrado.** Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. 2017. 160 f.

ASSIS, J. M. O. DE. **Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco.** Recife, Recife - PE: UFPE, 2016, 188 p. Tese (Doutor em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco.

AYALA, E. F.; ANZURES, F. C.; LUNA, B. C.; GUTIÉRREZ, F. I.; RODRÍGUEZ, E. B.; MIRELES, M. A.; OJEDA, T. P. Estudios de interceptación de lluvia en bosques de importancia hidrológico-forestal. **Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente**, v. 18, n. 35, p. 45-64, 2018.

BARBOSA, D.V.N. **Os Impactos da Seca de 1993 no Semiárido Baiano: Caso de Irecê.** Salvador: SEI, p. 98, 2000.

BARNI, P. E.; BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; FEARNSSIDE, P. M. Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 439-456, 2020.

BARREIROS, M. M. C. S. A. D. S. **Florestas e água: Uma revisão crítica da componente “água verde” no conceito Water Footprint Network (WFN) para o papel.** Lisboa, Portugal: ULisboa, 2018, 68 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal e Recursos Naturais) – Universidade de Lisboa.

BRANCO, E. R. F.; SANTOS, A. R. DOS; PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, A. B. DOS; ALEXANDRE, R. S.; BERNARDESA, V. P.; SILVA, R. G. DA; SOUZA, K. B. DE; MOURA, M. M. Space-time analysis of vegetation trends and drought occurrence in domain area of tropical forest. **Journal of Environmental Management**, v. 246, p. 384-396, 2019.

BEZERRA, A. C.; COSTA, S. A. T. DA; SILVA, J. L. B. DA; ARAÚJO, A. M. Q.; MOURA, G. B. DE A.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R. Annual Rainfall in Pernambuco, Brazil: Regionalities, Regimes, and Time Trends. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3, p. 403-414, 2021.

CARVALHO, A. A. DE; MONTENEGRO, A. A. DE A.; SILVA, H. P. DA; LOPES, I.; MORAIS, J. E. F. DE; SILVA, T. G. F. DA. Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.1, p.15-23, 2020.

CHAVES, M. E. D.; CONCEIÇÃO, K. V.; GUERRERO, J. V. R. Geoestatística no monitoramento da temperatura no Estado da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 5, p. 652-660, 2018.

CHEN, X.; WANG, Y.; PEI, H.; GUO, Y.; ZHANG, J.; SHEN, Y. Expansion of irrigation led to inland lake shrinking in semi-arid agro-pastoral region, China: A case study of Chahannur Lake. **Journal of Hydrology: Regional Studies**. v. 41, p. 101086, 2022.

CICCO, L. S. **Evolução da regeneração natural de floresta ombrófila densa alto-montana e a produção de água em microbacia experimental, CUNHA – SP.** Botucatu-SP: UNESP, 2013, 141 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

COUTO, C. M. D.; OLIVEIRA, E. P.; BADARÓ, B. T. dos S.; DA SILVA, N. D. Análise de tendências em dados de precipitação na região oeste da Bahia. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2019, Palmas. **Anais...** Brasília: CONFEA, 2019, p. 05.

COSTA, R.L.; BAPTISTA, G.M.M.; GOMES, H.B.; SILVA, F.D.S.; DA ROCHA JÚNIOR, R.L.; SALVADOR, M.A.; HERDIES, D.L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, p. 100254, 2020.

CUNHA, A. P. M. do A.; ALVALÁ, R. C. dos S.; OLIVEIRA, G. S. de. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. São Paulo, **Revista Brasileira Meteorologia**, v. 28, n. 2, 2013.

DANTAS, L. G.; DOS SANTOS, C. A. C. DE OLINDA, R. A. Trends in annual and seasonal temperature and precipitation extremes in campina grande – pb. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p.423 - 434, 2015.

DOS REIS, L. C.; SANTOS E SILVA, C. M.; BEZERRA, B. G.; MUTTI, P. R.; SPYRIDES, M. H. C.; DA SILVA, P. E. Analysis of Climate Extreme Indices in the MATOPIBA Region, Brazil. **Pure and Applied Geophysics**, v. 177, p. 4457-4478, 2020.

DOURADO, C. DA S.; OLIVEIRA, S. R. DE M.; AVILA, A. M. H. DE. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 192-198, 2013.

DUARTE, D. H. S. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano: Contribuições de uma abordagem interdisciplinar**. São Paulo-SP: USP, 2015, 167 p. Tese (Livre docência – Departamento de Tecnologia da Arquitetura) – Universidade de São Paulo.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: Uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, v. 37, 2018.

DUTRA, G. F.; FRANÇOIS-TIMMERS, J.; MESQUITA, C. A. B.; BEDÊ, L. C.; PINHEIRO, T. C.; PINTO, L. P. Biodiversidade e desenvolvimento na Bahia. **Bahia: Análise & Dados**, v. 22, n. 3, p. 485 - 502, 2012.

FAO. **World Food and Agriculture - Boletim Estatístico 2019**. Roma, 2019.

FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.

FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. A influência dos eventos climáticos extremos sobre reservatórios do Nordeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 182-203, 2019.

FONSECA, R. F. **As secas no Nordeste e a relação com os fenômenos oceano-atmosféricos El niño e La niña**. Monografia (Licenciatura em física) – Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba. 2021. 95 f.

GOMES, O. M.; SANTOS, C. A. C. DOS; SOUZA, F. DE A. S. DE; PAIVA, W. DE; OLINDA, R. A. DE. Análise comparativa da precipitação no estado da paraíba utilizando modelos de regressão polinomial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p 47-58, 2015.

GOTARDO, R.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; PIAZZA, G. A.; TORRES, E. Comparação entre variáveis microclimáticas de local aberto e florestal em um bioma da Mata Atlântica, sul do Brasil. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1415-1427, 2019.

GIAMBELLUCA, T. W.; SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J.; MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C.; BUCHERT, M. P. Evapotranspiration and energy balance of Brazilian savannas with contrasting tree density. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 1365-1376, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed, Rio de Janeiro, IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2020**. Rio de Janeiro:

2021, 17 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>. Acesso em: 12 mai. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Área territorial brasileira 2020**. Rio de Janeiro: 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba>. Acesso em: 12 mai. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. SAR Climate Change 1995: Synthesis Report. A report of the intergovernmental panel on climate change. 1995. 97 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2001**: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: 2001, 398 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007**: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group 2 to the IPCC. Genebra, 2007, 104p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. Switzerland, 2007, 104 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Mudanças climáticas 2013**: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. In: Stocker, TF, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex e PM Midgley (eds.). Cambridge, 2013, 1535 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Global Warming of 1.5 °C**. Cambridge University Press, 2019, 32 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2021**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 p.

JARDIM, A. M. DA R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. DO N.; DA SILVA, M. V.; DOS SANTOS, A. DA SILVA, J. L. B.; PANDORFI, H.; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; TEODORO, P. E.; DE LIMA, JOÃO L. M. P.; DA SILVA JUNIOR, C. A.; DE SOUZA, L. S. B.; SILVA, E. A.; DA SILVA, T. G. F. Using Remote Sensing to Quantify the Joint Effects of Climate and Land Use/Land Cover Changes on the Caatinga Biome of Northeast Brazilian. **Remote Sensing**, v. 14, p. 1911, 2022.

JENIFER, M. A.; MADAN, K. J. Assessment of precipitation trends and its implications in the semi-arid region of Southern Índia. **Environmental Challenges**, v. 5, p. 100269, 2021.

JUNGES, A. H.; BREMM, C.; FONTANA, D. C. Climatologia, variabilidade e tendências das chuvas em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 23, n. 3, p. 160-166, 2019.

KRZYSCZAK, F. R. As diferentes concepções de meio ambiente e suas visões. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 11, n. 23, p. 1-17, 2016.

KOPPEN, W. P. **Das geographische system der klimate**. Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraege, p. 44, 1936.

LE, H. T.; TRAN, T. V.; GYELTSHEN, S.; NGUYEN, C. P. T.; TRAN, D. X.; LUU, T, H.; DUONG, M. B. Characterizing Spatiotemporal Patterns of Mangrove Forests in Can Gio Biosphere Reserve Using Sentinel-2 Imagery. **Applied sciences**, v. 10, n. 20, p. 4058, 2020.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, n. 8, 2007.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**, v. 98, n. 3, p. 509-529, 2010.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Campina Grande, Instituto Nacional do Semiárido, ed.1, v.1, p. 410-449, 2011.

MARTINEZ, I. G.; FERREIRA, I. S. Construção dos conceitos de calor e de temperatura no ensino fundamental: relato de uma estratégia de ensino-aprendizagem com metodologias ativas. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 3, p. 1629-1639, 2019.

MELO, M. M. M. S.; DOS SANTOS, C. A. C.; DE OLINDA, R. A.; SILVA, M. T.; ABRAHÃO, R.; RUIZ-ALVAREZ, O. Trends in Temperature and Rainfall Extremes near the Artificial Sobradinho Lake, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 426-440, 2018.

MENDES, N. G. DE S.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S. Forest coverage and streamflow of watersheds in the tropical atlantic rainforest. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, 2018.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA, D. F. Ciclo hidrológico planetário: Abordagens e conceitos. **Geo UFRJ**, v. 1, n. 21, p. 109 – 119, 2010.

MITCHELL, J. M. JR.; DZERDZEEVSKII, B.; FLOHN, H.; HOFMEYR, W. L.; CORDEIRO, H.H.; RAO, K.N.; WALLÉN, C. C. **Mudanças Climáticas**. Genebra-Suíça: OMM (Nota Técnica, 79), 1966.

MORALES-ACUÑA, E.; LINERO-CUETO, J. R.; CANALES, F. A. Assessment of Precipitation Variability and Trends Based on Satellite Estimations for a Heterogeneous Colombian Region. **Hydrology**, v. 8, n.3, p.128, 2021.

NASCIMENTO JUNIOR, L. O clima urbano como risco climático: Contribuição da geografia do clima aos estudos sobre os climas das cidades. **Geo UERJ**, n. 33, 2018.

NASCIMENTO, K. R. P.; ALVES, E. R.; ALVES, M. V. DA SILVA.; GALVINCIO, J. D. Impacto of precipitation on the use and occupation of soil vegetation coverage in Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.05, n. 02, p. 221-231, 2020.

NEVES, S. P. S; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta botânica brasileira**, v. 24, n. 3, p. 697-707, 2010.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3.ed. Blucher, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA NETO, P. C.; MARTINS, K. G.; EVARISTO, G.; ANDRADE, A. R.; SILVA, C. A.; MACIEL, A.; BARBOSA, G. D. Análise da Influência do Uso da Terra no Microclima Urbano: Caso Irati-PR. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 465-471, 2015.

OLIVEIRA, S. S.; CAVAZZANA, G. H.; SOUZA, A. Estimativa da radiação solar global em função da temperatura do ar e isolinhas para o Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p. 93-108, 2019.

OLIVOTO, T. LÚCIO, A. D. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v.11, n.6, p. 783-789, 2020. Doi:10.1111/2041-210X.13384.

PALACIOS-CABRERA, T.; VALDES-ABELLAN, J.; JODAR-ABELLAN, A.; RODRIGO-COMINO, A. Land-use changes and precipitation cycles to understand hydrodynamic responses in semiarid Mediterranean karstic watersheds. **Science of the Total Environment**, v. 819, p. 153182, 2022.

PAULINO, V. E. DO N.; STUDART, T. M. DE C.; CAMPOS, J. N. B.; PESTANA, C. J.; MENDES, R. L.; ALVES, J. M. B. Trends in Crop Reference Evapotranspiration and Climatological Variables Across Ceará State – Brazil. **Revista brasileira meteorologia**, v. 34, n. 1, 2019.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. In: Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.). PBMC, Rio de Janeiro, 2016. 116p.

PENEREIRO, J. C.; BADINGER, A.; MACCHERI, N. A.; MESCHIATTI, M. C. Distribuições de tendências sazonais de temperatura média e precipitação nos biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 97-113, 2018.

PENEREIRO, J. C.; MESCHIATTI, M. C. Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 319-331, 2018.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2017.

Projeto MapBiomas – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>>. Acessado em: 04 fev. 2022

PUENTE, V. M. T. Tiempo, clima y los fenómenos atmosféricos: Desde torbellinos hasta cambio climático. **Revista Digital Universitaria**, v. 20, n. 1, p. 1-13, 2019.

QUADROS, L. E. DE; MELLO, E. L. DE; GOMES, B. M.; ARAUJO, F. C. Rainfall trends for the State of Paraná: present and future climate. **Revista Ambiente e Água**, vol. 14, n. 2, 2019.

RABELO, S. A. **Avaliação das alterações antrópicas e seus impactos no ciclo hidrológico na zona urbana de Parauapebas**. Marabá-PA: UNIFESSPA, 2019, 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

RAMOS, C. M. A. **Métodos para otimização do uso dos recursos hídricos pela agricultura irrigada**. Viçosa-MG: UFV, 2020, p. 84. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri, Manole, 2004.

REIS, L.; SANTOS E SILVA, CLÁUDIO MOISÉS; BEZERRA, B.; MUTTI, P.; SPYRIDES, M. H.; SILVA, P.; MAGALHÃES, P.; FERREIRA, R.; RODRIGUES, D.; ANDRADE L. Influence of Climate Variability on Soybean Yield in MATOPIBA, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, p. 1130, 2020.

ROSA, G. Q. **Estoque de carbono em diferentes usos da terra e dinâmica das raízes finas em floresta tropical seca**. Fortaleza-CE: UFC, 2018, 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará.

RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A. Evolução das bases teóricas e metodológicas para identificação das mudanças, oscilações e pulsações climáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 4, p. 922- 966, 2021.

SALES, D. C.; COSTA, A. A.; SILVA, E. M. da; VASCONCELOS JÚNIOR, F. das C.; CAVALCANTE, A. de M. B.; MEDEIROS, S. de S.; MARIN, A. M. P.; GUIMARÃES, S. O.; ARAÚJO JUNIOR, L. M. de, PEREIRA, JOSÉ M. R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p.435-456, 2015.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANTOS, D. N. DOS; SILVA, V. DE P. R. DA; SOUZA, F. A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p. 492-500, 2010.

SANTOS, A P. P. DOS; ARAGÃO, M. R. DA S.; CORREIA, M. DE F.; SANTOS, S. R. Q. DOS; SILVA, F. D. DOS S.; ARAÚJO, H. A. DE. Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018.

SKRIPNUK, D. F.; SAMYLOVSKAYA, E. A. Human Activity and the Global Temperature of the Planet. **Arctic: History and Modernity**, v. 180, p. 012021, 2018.

SILVA, A. A. M. A. Reflexões sobre o conceito de clima e alterações climáticas: Uma relação de equívoco?. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1048-1061, 2012.

SILVA, G.B.; SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V. Cenários de Mudanças Climáticas no Estado da Bahia através de Estudos Numéricos e Estatísticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 05, n. 05, p. 1019-1034, 2012.

SILVA, G. B. da; AZEVEDO, P. V. de. Potencial edafoclimático da “Chapada Diamantina” no Estado da Bahia para o cultivo de Cítrus. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 133-139, 2000.

SILVA, K. Z.; COLOMBO, R. Mudanças Climáticas: Influência Antrópica, Impactos e Perspectivas. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 3, p. 47-68, 2019.

SILVA, G. K. DA; SILVEIRA, C. DA S.; SILVA, M. V. M. DA; MARCOS JÚNIOR, A. D.; SOUZA FILHO, F. DE A.; GUIMARÃES, S. O. Análise de projeções das mudanças climáticas sobre precipitação e temperatura nas regiões hidrográficas brasileiras para o século XXI. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.55, n.3, p. 420-436, 2020.

SILVA JUNIOR, F. P.; CHAVES, S. V. V. Desastres naturais no Brasil: Um estudo acerca dos extremos climáticos nas cidades brasileiras. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 2, n. 2, p. 47-62, 2021.

SILVA, M. L. N.; MANSUR, K. L.; NASCIMENTO, M. A. L. Serviços Ecossistêmicos da Natureza e sua Aplicação nos Estudos da Geodiversidade: Uma Revisão. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 2, 699-709, 2018.

SILVA, S. C. Cambio global: una mirada desde la biología. **Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias**, v. 35, p. 9-14, 2019.

SILVA, W.L.; DEREZYNSKI, C.P.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B.J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.

SILVEIRA, C. S.; SOUZA FILHO, F. A.; MARTINS, E. S. P. R.; OLIVEIRA, J. L.; COSTA, A. C.; NOBREGA, M. T.; SOUZA, S. A.; SILVA, R. F. V. Climate change in the São Francisco river basin: analysis of precipitation and temperature. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.21, n. 2, p.416-428, 2016.

SOARES, T. O.; ALMEIDA, A. A.; MORAES, A. E. F.; SOUSA, M. C. B. C.; LEITE, T. S. A. Impactos ambientais causados pelo desmatamento: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 66-73, 2019.

TANAJURA, C. A. S.; GENZ, F.; ARAÚJO, H. ALVES de. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 345-358, 2010.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: Uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385–405, 2019.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. Publications in Climatology, v.3, n.1, 1955.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Potencial impacts of changes in the Forest Law in relation to water resources. **Biota Neotropica**, 2010.

UMAR, A.; RAMLI, M. F.; ARIS, A. Z.; JAMIL, N. R.; ADEREMI, A. A. Evidence of climate variability from rainfall and temperature fluctuations in semi-arid region of the tropics. **Atmospheric Research**, v.224, p. 52-64, 2019.

ZHANG, H.; FENG, Z.; SHEN, C.; LI, Y.; FENG, Z.; ZENG, W.; HUANG, G. Relationship between the geographical environment and the forest carbon sink capacity in China based on an individual-tree growth-rate model. **Ecological Indicators**, v.138, 2022.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **State of the Global Climate 2021: WMO Provisional**. p.47, 2021.