



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS DE REMANESCENTES FLORESTAIS EM FEIRA DE SANTANA: INFLUÊNCIAS SOBRE A ESTRUTURA TÉRMICA DO MUNICÍPIO

Spatial-temporal analysis of areas of forest remnants in Feira de Santana: influences on the thermal structure of the municipality

Análisis espacio-temporal de las áreas remanentes forestales en Feira de Santana: influencias sobre la estructura térmica del municipio

Taíze da Silva Sousa  

Universidade Estadual de Feira de Santana
taize.sousa04@gmail.com

Neilon Duarte da Silva  

Instituto Federal do Pará
neilon.silva@ifpa.edu.br

Aloisio Machado da Silva Filho  

Universidade Estadual de Feira de Santana
aloisioestatistico@uefs.br

Resumo: O aumento global dos espaços urbanos e a forma como o homem explora o uso e cobertura da terra tem impulsionado a diminuição das áreas de vegetação, desencadeando uma série de consequências ambientais como a alteração do microclima, principalmente nas áreas urbanas. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo analisar a tendência espaço-temporal das classes de uso e cobertura da terra no município de Feira de Santana, entre os anos de 2000 e 2020 e identificar se as mudanças na cobertura vegetal exercem influência na estrutura térmica do município. Foram utilizados dados de Temperatura da Superfície (LST) do sensor MODIS e mapas de uso e cobertura da terra adquiridos a partir da coleção 6 do projeto MapBiomas. Além disso, também foi aplicado o modelo de regressão linear simples com correção de Prais e Winsten para estimar a tendência temporal das séries (Variação percentual anual-VPA). Foi identificado um aumento gradativo dos valores de LST em toda a área de estudo, com elevação de aproximadamente 1°C no valor máximo da temperatura, passando de 34,28 para 35,25°C. Os maiores valores de LST foram encontrados na classe de área urbana, por outro lado, os menores valores foram encontrados em áreas com presença de água e vegetação. Ao longo da série temporal estudada, as áreas de vegetação diminuíram, entretanto, não houve uma tendência de decréscimo significativa ($VPA > 0$; p-

valor $>0,05$). Já a área urbana e silvicultura apresentaram uma tendência de crescimento significativa (VPA >0 ; p-valor $<0,05$), no entanto, as classes de rio/lago e mosaico de agricultura e pastagem apresentaram uma tendência decrescente e significativa (VPA <0 ; p-valor $<0,05$).

Palavras-chave: Tendências climáticas, Temperatura da superfície, Uso e Cobertura da Terra, MODIS.

Abstract: The global increase in urban spaces and how humans explore land use and cover has driven the decrease of vegetation areas, triggering a series of environmental consequences such as microclimate change, especially in urban areas. In this sense, this research aims to analyze the spatial-temporal trend of the classes of use and land cover in the municipality between 2000 and 2020 and identify whether changes in vegetation influence the thermal structure of the municipality. Land Surface Temperature (LST) data from the MODIS sensor and land use and cover maps acquired from the MapBiomas project collection 6 were used. In addition, the simple linear regression model with Prais and Winsten correction was also applied to estimate the time trend of the series (Annual Percentage Variation-APV). A gradual increase in LST values was identified in the study area, with an increase of approximately 1°C in the maximum temperature value, from 34.28 to 35.25°C . The highest values of LST were found in the urban area class; those were found in areas with water and vegetation. Over the time series studied, vegetation areas decreased. However, there was no significant downward trend (APV >0 ; p-value >0.05). The urban area and silviculture showed a significant growth trend (APV >0 ; p-value <0.05). However, the classes of river/lake and mosaic of agriculture and pasture showed a decreasing and significant trend (APV <0 ; p-value <0.05).

Keywords: Climate trends, Surface temperature, Land Use and Land Cover, MODIS.

Resumen: El aumento global de los espacios urbanos y la forma en que el hombre explota el uso y cobertura de la tierra ha impulsado la disminución de las áreas de vegetación, desencadenando una serie de consecuencias ambientales como la alteración del microclima, principalmente en las áreas urbanas. En ese sentido, esta investigación tiene como objetivo analizar la tendencia espacio-temporal de las clases de uso y cobertura de la tierra en el municipio de Feira de Santana, entre los años 2000 y 2020 e identificar si los cambios en la cubierta vegetal ejercen influencia en la estructura térmica del municipio. Se utilizaron datos de Land Surface Temperature (LST) del sensor MODIS y mapas de uso y cobertura de la tierra adquiridos a partir de la colección 6 del proyecto MapBiomas. Además, también se aplicó el modelo de regresión lineal simple con corrección de Prais y Winsten para estimar la tendencia temporal de las series (Variación porcentual anual-VPA). Se identificó un aumento gradual de los valores de LST en toda el área de estudio, con elevación de aproximadamente 1°C en el valor máximo de la temperatura, pasando de $34,28$ para $35,25^{\circ}\text{C}$. Los mayores valores de LST fueron encontrados en la clase de área urbana, por otro lado, los valores más bajos se encontraron en áreas con presencia de agua y vegetación. A lo largo de la serie temporal estudiada, las áreas de vegetación disminuyeron, sin embargo, no hubo una tendencia de disminución significativa (VPA >0 ; p-valor $>0,05$). Ya el área urbana y forestal presentaron una tendencia de crecimiento significativa (VPA >0 ; p-valor $<0,05$), sin embargo, las clases de río/lago y mosaico de agricultura y pastoreo presentaron una tendencia decreciente y significativa (VPA <0 ; p-valor $<0,05$).

Palabras clave: Tendencias climáticas, Temperatura de la superficie, Uso y Cobertura del Suelo, MODIS.

Submetido em: 15/04/2023

Aceito para publicação em: 15/01/2024

Publicado em: 25/01/2024

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 2000 e 2015 o aumento global dos espaços urbanos impulsionou uma diminuição de aproximadamente 15% nas áreas de vegetação (RICHARDS; BELCHER, 2020). O acelerado aumento populacional nas cidades desencadeou uma série de consequências ambientais, como a impermeabilidade do solo, a poluição atmosférica e o desmatamento (MAGALHAES; CARVALHO JUNIOR; SANTOS, 2017). Ao passo que, esse cenário pode ser responsável pelo aumento nas emissões de metano (CH₄), na ordem de 29 Toneladas por ano. Isso sugere que medidas mais efetivas sejam tomadas a fim de mitigar esse quantitativo, que já é superior a última década (SAUNOIS et al., 2020).

Outro risco em função do processo de urbanização, devido principalmente ao crescimento das áreas asfaltadas e a perda da vegetação, é a formação de ilhas de calor nas cidades (SHOJANOORI; SHAFRI, 2016; MÄKIRANTA; HILTUNEN, 2019). Esse fenômeno causa um aumento da absorção de calor e diminuição dos mecanismos de dissipação, o que traz como consequência implicações para a saúde humana (DANG et al., 2018). As ilhas de calor urbanas também elevam os níveis de consumo de energia, das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e contribui para a intensificação do efeito estufa (CHEN; YOU, 2019).

Nesse aspecto, vale salientar que o uso e cobertura da terra possui um papel de grande importância em diversos desafios globais (VERHOEVEN; DEDOUSSI, 2021). A intensificação desse uso de forma inadequada pode ocasionar mudanças inesperadas em vários atributos do ecossistema, afetando suas funções, assim relatam Maestre et al. (2016) e Berdugo et al. (2020). A alteração da superfície (conversão da vegetação nativa para usos antrópicos, tais como agricultura, pecuária e expansão urbana) afeta diretamente o ciclo do carbono e os serviços ecossistêmicos, alterando a regulação climática e promovendo os efeitos catastróficos das mudanças climáticas (QUINTÃO et al., 2021).

Contudo, as áreas de vegetação nativa, por exemplo, podem atuar como atenuantes de muitos dos problemas supracitados, pois, como destaca Shinzato (2009), exercem influência sobre os aspectos climáticos, ecológicos relacionados à água, vida humana e aspectos da fauna. A remoção da vegetação natural é um fator contribuinte para o aumento da temperatura da superfície. Isso ocorre porque a cobertura vegetal desempenha um papel crucial na regulação dos fluxos de calor entre a superfície e o solo, além de influenciar



significativamente os níveis de umidade no ambiente. Além disso, a precipitação exerce um papel importante nesse contexto. Esses efeitos têm impactos diretos no conforto térmico local. O aumento desse parâmetro climático prejudica consideravelmente a qualidade de vida e a saúde humana, especialmente em áreas urbanas (SANTOS; ANDRADE, 2008).

Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas sobre o uso e cobertura da terra, podem ajudar na gestão da interação sociedade/espço natural. Por meio da identificação das classes de uso e cobertura da terra é possível indicar quais são as áreas que necessitam de mais atenção em relação aos possíveis impactos ao meio ambiente (FURLAN et al., 2018).

Neste cenário, as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto ganham destaque como ferramentas facilitadoras de estudos espaciais, possibilitando a identificação e subsidiando na implantação de políticas e técnicas de manejo da superfície em áreas agrícolas, principalmente sobre o incentivo ao crédito de carbono e nos centros urbanos, em implementações de áreas verdes.

Para tanto, análises por meio de séries temporais de dados de satélites podem ser utilizados como instrumentos para o monitoramento destes fenômenos, fornecendo resultados com grande riqueza de detalhes (SZABO et al., 2019). Ao agregar a investigação sobre o comportamento da Temperatura da Superfície (LST), definida como o fluxo de calor proveniente da energia que chega e sai do alvo (PEREIRA et al., 2012), obtemos um relatório mais amplo e aprofundado sobre como os diferentes usos e coberturas da terra podem influenciar no clima de uma dada região.

Feira de Santana, localizada no estado da Bahia, é um município estratégico cujo desenvolvimento é regido pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), instituído pela Lei Complementar no. 117, de 20 de dezembro de 2018. Segundo o PDDU de 2018, Feira de Santana é reconhecida regionalmente como uma área de transição climática, a cidade apresenta características geográficas únicas que influenciam diretamente o uso e ocupação do solo.

O PDDU desempenha um papel crucial como instrumento estratégico na política de desenvolvimento municipal, orientando o crescimento urbano, infraestrutura, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida. Considerando a transição climática peculiar da região, torna-se essencial a análise e quantificação de fatores naturais, especialmente a expansão da zona urbana.

Este trabalho visa destacar a importância do PDDU ao quantificar fatores e fenômenos naturais, particularmente a expansão urbana, e seus impactos nas alterações climáticas locais. A análise proposta busca compreender como o crescimento urbano desempenha um papel significativo nesse contexto, exigindo medidas estratégicas para garantir um desenvolvimento sustentável e resiliente às condições climáticas específicas de Feira de Santana.

Dessa forma, em um contexto das mudanças climáticas e com intuito de contribuir com estudos relacionados ao tema, este artigo tem como objetivo quantificar as alterações do uso e cobertura da terra do município de Feira de Santana-BA para o período de 2000 a 2020, com vistas influências causadas na temperatura da superfície do município.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

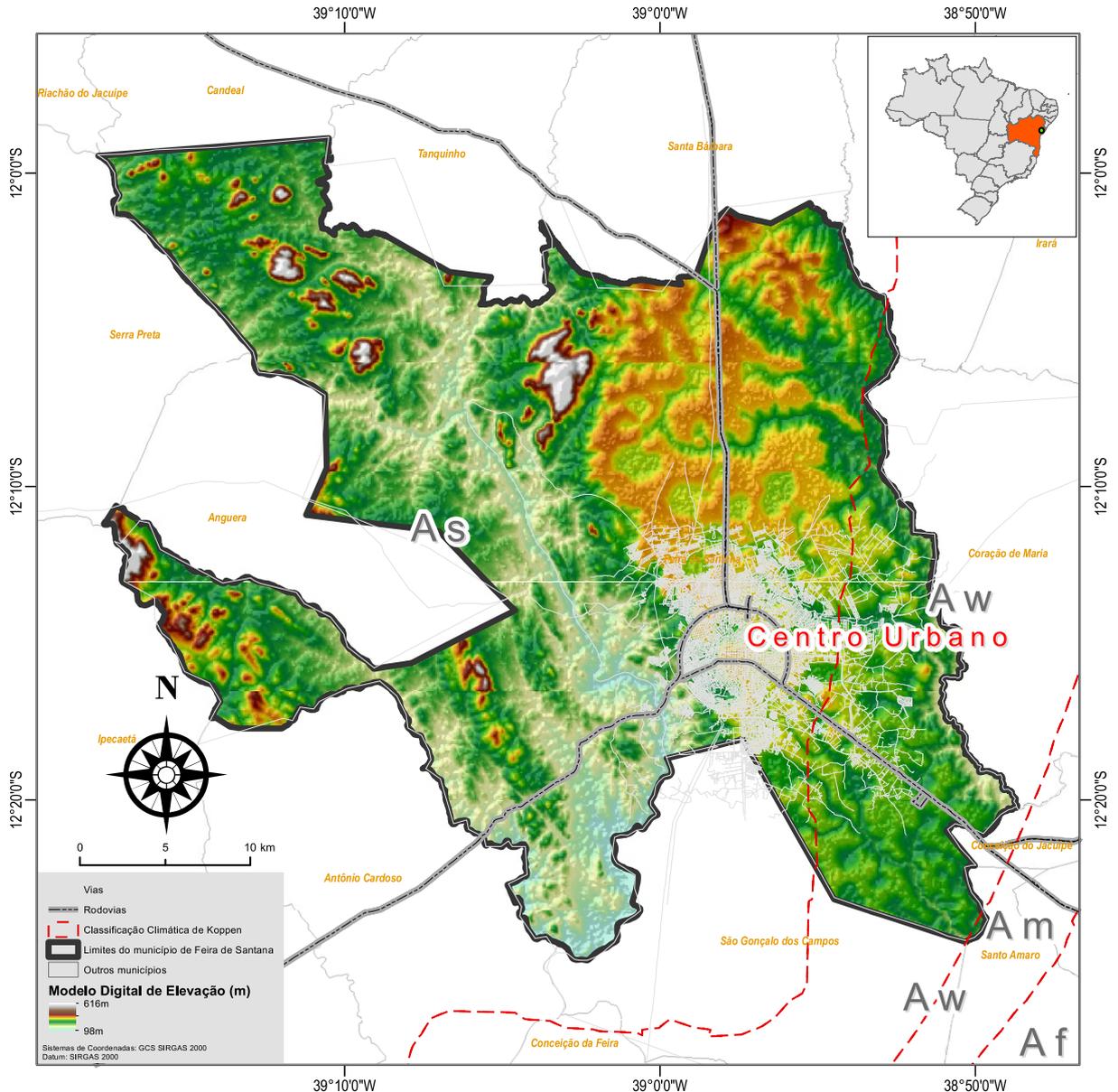
A presente pesquisa tem como área de estudo o município de Feira de Santana (Figura 1), segundo mais populoso do estado da Bahia (IBGE, 2021). Localizado a 108 Km da capital, possui uma altitude média de 230 m (MAIA et al., 2018) e com o território contemplando os biomas Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2021).

Feira de Santana é conhecida como entreposto comercial devido estar situada geograficamente em uma rota estratégica para o comércio, o que a torna de grande importância para a economia do estado (JESUS et al., 2018), principalmente por se tratar de um notável entroncamento para o tráfego advindo do Sul e do Centro-Oeste do Brasil em direção a Salvador e outras cidades do Nordeste (REIS, 2017).

A produção agrícola e pecuária familiar são pontos fortes no município, com destaque o cultivo do feijão e do milho e a pecuária de bovinos, caprinos e ovinos, sendo que a produção agrícola da região é realizada sem a irrigação, em um sistema conhecido como sequeiro (SANTOS et al., 2018).



Figura 1 - Mapa de localização de Feira de Santana-BA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Limites municipais: IBGE 2022; Classificação Climática: Alvares et al. (2013); Modelo Digital de elevação: Embrapa

Feira de Santana encontra-se em uma zona de transição climática intermediária entre úmida e o clima seco do semiárido conforme os estudos de Santos; Martins; Santos (2018) e Maia et al. (2018). Segundo a classificação de Köppen com a então modificação proposta por Alvares et al. (2013), o município está em uma zona de transição entre os climas do tipo As e Aw, caracterizado como clima de savana, apresentando uma estação mais seca no inverno (Aw) ou no verão (As).

A precipitação média do município é de 850 mm anuais (SANTOS et al., 2017), sendo a temperatura média anual de 24 °C, no verão podendo atingir médias mensais de 27 °C e, no inverno, de 21 °C (MAIA et al., 2018).

O período de menor deficiência hídrica é registrado nos meses de maio, junho e julho, com dois períodos chuvosos distintos: o primeiro no outono-inverno e o segundo no final da primavera (SANTOS et al. 2017; SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018). Já os menores índices pluviométricos são registrados entre os meses de agosto e outubro (OLIVEIRA et al., 2007).

2.2. Fonte e Análise dos Dados

Para análise da temperatura da superfície foram utilizados dados referentes ao período do dia do sensor MODIS, produto *Land Surface Temperature* (LST) (MODIS/ 006/ MOD11A2), disponibilizados na plataforma do Google Earth Engine (GEE). Dada algumas interferências atmosféricas a nível local e global nas informações da temperatura da superfície, os dados disponibilizados passam por uma análise do algoritmo MOD21 que é baseado no algoritmo *ASTER Temperature Emissivity Separation* (TES), que usa simulações de transferência radiativa completas para a correção atmosférica, e um modelo de emissividade com base na variabilidade nos dados de brilho da superfície para recuperar dinamicamente tanto LST quanto a emissividade espectral, garantindo que os produtos oriundos desses dados tenham menor erro (MODIS WEB, 2023).

A série temporal estudada foi o intervalo de 2000 a 2020, para isso foram selecionadas as médias anuais representativas dos anos de 2000, 2010 e 2020.

Os dados do MODIS fornecem uma temperatura média da LST em uma grade de 1200 x 1200 km, possuem resolução espacial de 1 km e periodicidade de oito dias. O período de composição de 8 dias é justificado devido ao fato de que o dobro desse espaço temporal é o período exato de repetição da trilha no solo das plataformas Terra e Aqua (WAN; HOOK; HULLEY, 2015).

Nesse conjunto de dados os pixels cobertos por nuvens são substituídos por seus equivalentes sem nuvens em uma outra imagem dentro do período de oito dias (NASA, 2021), portanto, garantindo maior qualidade das informações obtidas, uma vez que a presença de nuvens compromete a veracidade dos resultados obtidos de seu processamento. Dessa forma,



os produtos do MODIS voltados especificamente para o mapeamento da temperatura e emissividade da superfície, podem ser aplicados em diferentes tipos de usos (MARTINS; ROSA, 2019).

Após a aquisição da coleção, o processamento foi realizado na plataforma Google Earth Engine através da elaboração do código para obtenção dos valores de LST. O primeiro passo foi a seleção da banda “LST Day 1km” (Temperatura de Superfície Terrestre referente ao período do dia com resolução espacial de 1 km). Originalmente os dados de temperatura possuem unidade de medida em Kelvin, para tanto foi realizada a conversão. A escala Kelvin (K) é uma escala absoluta de temperatura, enquanto a escala Celsius (°C) é uma escala relativa. Para converter de Kelvin para Celsius, foi necessário subtrair 273,15 (o zero absoluto em Celsius) do valor em Kelvin.

Para a análise da tendência temporal e espacial das classes de uso e cobertura da terra foram adquiridos mapas a partir da coleção 6 do projeto (MAPBIOMAS, 2021) entre os anos de 2000 e 2020. Os produtos do MapBiomass são compatíveis com a escala de 1:100.000 para assegurar uma interpretação mais precisa e uma representação mais fiel dos dados disponíveis nos mapas.

A identificação da tendência temporal e espacial das classes de uso e cobertura da terra na série histórica estudada permitiu a quantificação das áreas de cada classe e a identificação da tendência das áreas que aumentaram ou diminuíram ao longo da série. O cálculo das áreas foi realizado utilizando a ferramenta r.report do software QGIS.

O estudo da tendência da série temporal de uso e cobertura da terra foi analisado utilizando-se o modelo de regressão linear simples com a correção nos resíduos proposta por Prais e Winsten (1954) com a finalidade de avaliar a relação entre a variável dependente (área das classes de uso e cobertura) e a variável independente (tempo). Por fim, a estimativa da Variação Percentual Anual (VPA) foi aplicada para verificar a taxa de mudança das áreas das classes em função do tempo, conforme Antunes e Waldman (2002).

Salienta-se que devido a classe de silvicultura não ser identificada pelos dados do MapBiomass para os anos de 2000 e 2001, apenas para esta classe o método VPA foi aplicado a partir do ano de 2002. A metodologia adotada para a realização do método de VPA será descrita a seguir:

O primeiro passo para mensurar a taxa de variação da reta que ajusta os pontos da série temporal é aplicar a transformação logarítmica dos valores de Y . Essa etapa tem como vantagem a redução da heterogeneidade de variâncias dos resíduos da análise de regressão.

Sendo X_1, X_2, \dots, X_n os períodos referentes as medidas Y_1, Y_2, \dots, Y_n ; logo, para qualquer período X_i e seu subsequente X_{i+1} , temos (ANTUNES; WALDMAN, 2002):

$$(1) \log Y_i = b_0 + b_1 X_i$$

e

$$(2) \log Y_{i+1} = b_0 + b_1 X_{i+1}$$

Em seguida aplica-se a diferenciação nos termos das equações acima:

$$(3) \log Y_{i+1} - \log Y_i = b_0 + b_1 X_{i+1} - b_0 - b_1 X_i = b_1 (X_{i+1} - X_i)$$

Como X_{i+1} e X_i são períodos (podem ser dias, meses, anos) subsequentes, sua diferença é sempre igual a um. Dessa forma, com base nas propriedades da álgebra de logaritmos, temos que:

$$(4) \log Y_{i+1} - \log Y_i = \log(Y_{i+1}/Y_i) = b_1$$

ou

$$(5) Y_{i+1}/Y_i = 10^{b_1}$$

O último passo é subtrair 1 de ambos os lados da equação:

$$(6) Y_{i+1}/Y_i - 1 = -1 + 10^{b_1}$$

ou

$$(7) \frac{Y_{i+1} - Y_i}{Y_i} = -1 + 10^{b_1}$$

Logo, $(Y_{i+1} - Y_i)/Y_i$ indica a taxa de mudança, uma vez que foi dimensionada para um período genérico " i ". Dessa forma, para mensurar a VPA da variável de interesse, basta estimar o valor de b_1 .

O valor de VPA pode ser apresentado como proporção ou porcentagem. Como interpretação dos valores temos que (ANTUNES; WALDMAN, 2002):

VPA > 0 e p-valor < 0 - A série temporal possui uma tendência crescente estatisticamente significativa;

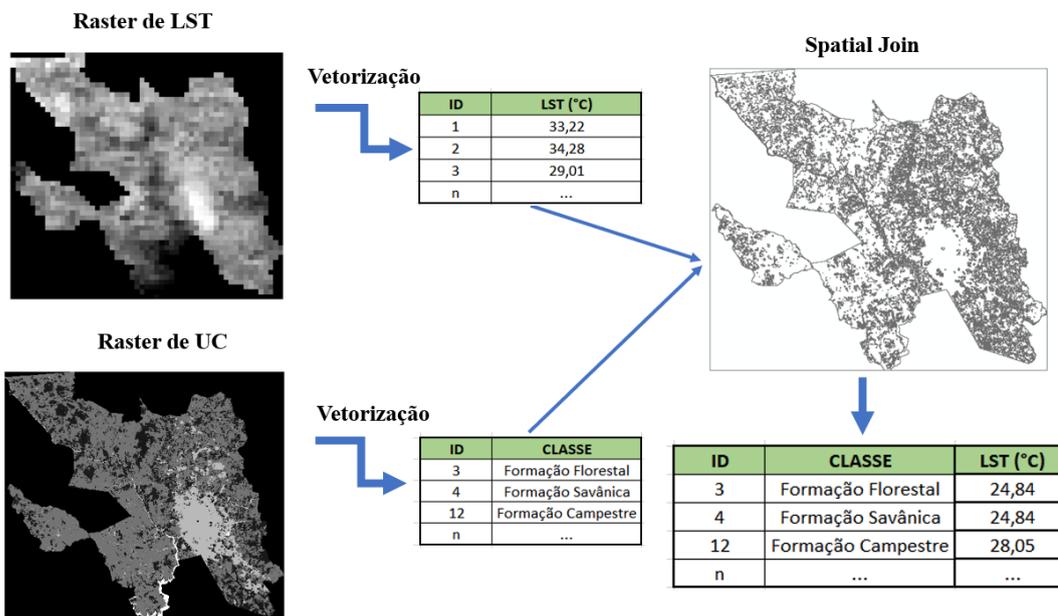


VPA<0 e p-valor <0 - A série temporal apresenta uma tendência decrescente estatisticamente significativa.

A série temporal pode ser caracterizada como sem tendência linear, segundo o modelo adotado, se não houver diferença significativa entre o valor da VPA e zero (p-valor>0,05).

Para a exploração destes dados, além dos mapas de uso e cobertura da terra, também foi gerada uma tabela contendo a estatística descritiva e um gráfico Forest Plot com os resultados da VPA e seus respectivos intervalos de confiança (IC=95%). Além disso, foi realizado a junção espacial (*Spatial Join*), no QGIS, entre os valores de LST e as classes de uso e cobertura da terra para avaliar como a temperatura varia dentro de cada classe. Os valores exportados diretamente do QGIS foram analisados com auxílio da linguagem estatística e computacional R (R Core Team, 2020). A Figura 2 ilustra como o procedimento foi realizado.

Figura 2 -Procedimentos adotados para a realização da técnica *Spatial Join*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

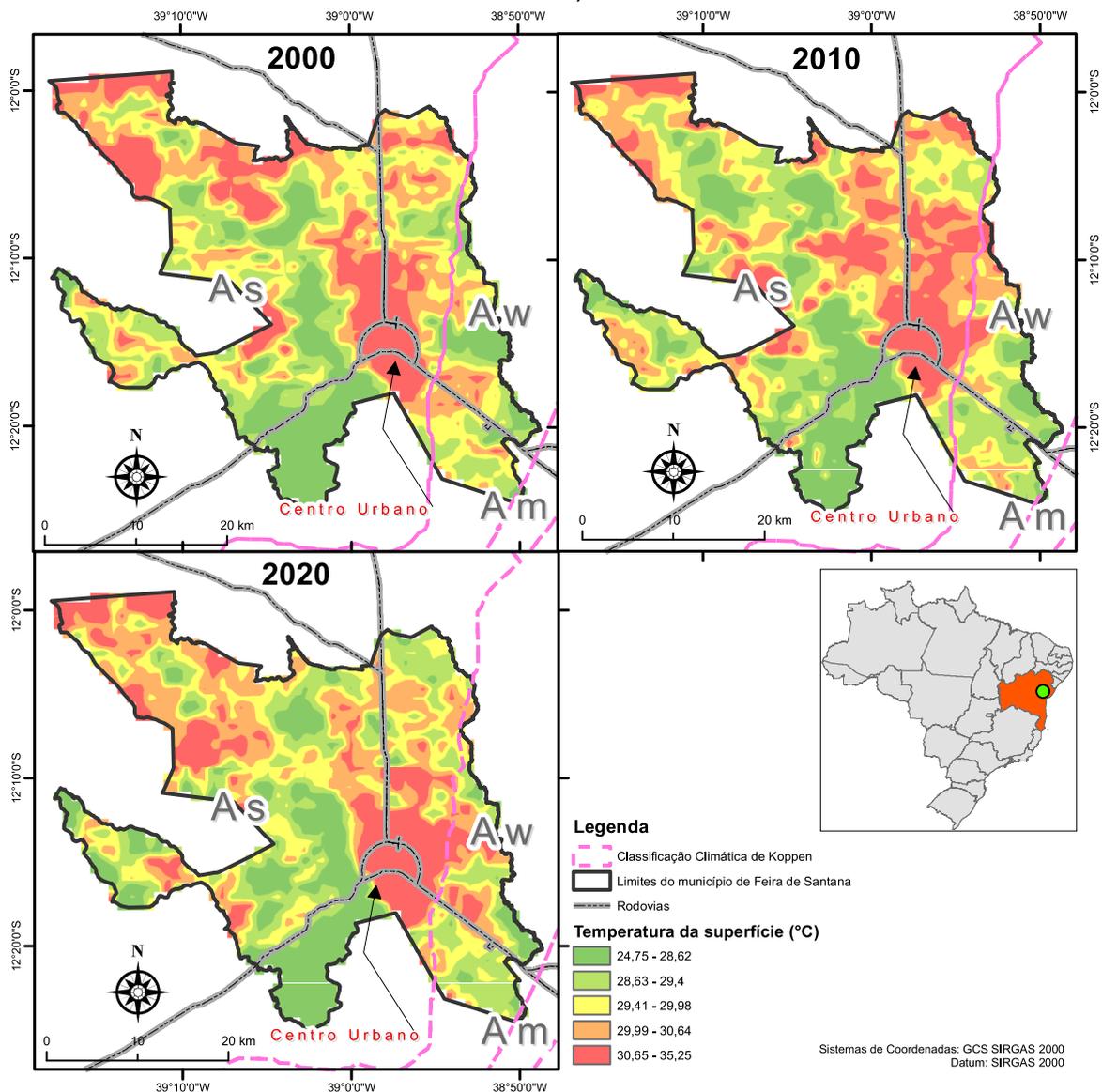
Os cálculos da VPA foram efetuados por meio do pacote Prais (MOHR, 2021), que possibilita a estimação da VPA com a correção da autocorrelação serial dos resíduos pelo método proposto por Prais-Winsten (1954).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Espacial

A Figura 3 representa os mapas de LST de Feira de Santana para os anos de 2000, 2010 e 2020, gerados por meio dos dados do sensor MODIS.

Figura 3 - Mapa de temperatura de superfície do município de Feira de Santana, Bahia, Brasil nos anos de 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Limites municipais: IBGE 2022; Classificação Climática: Alvares et al. (2013).

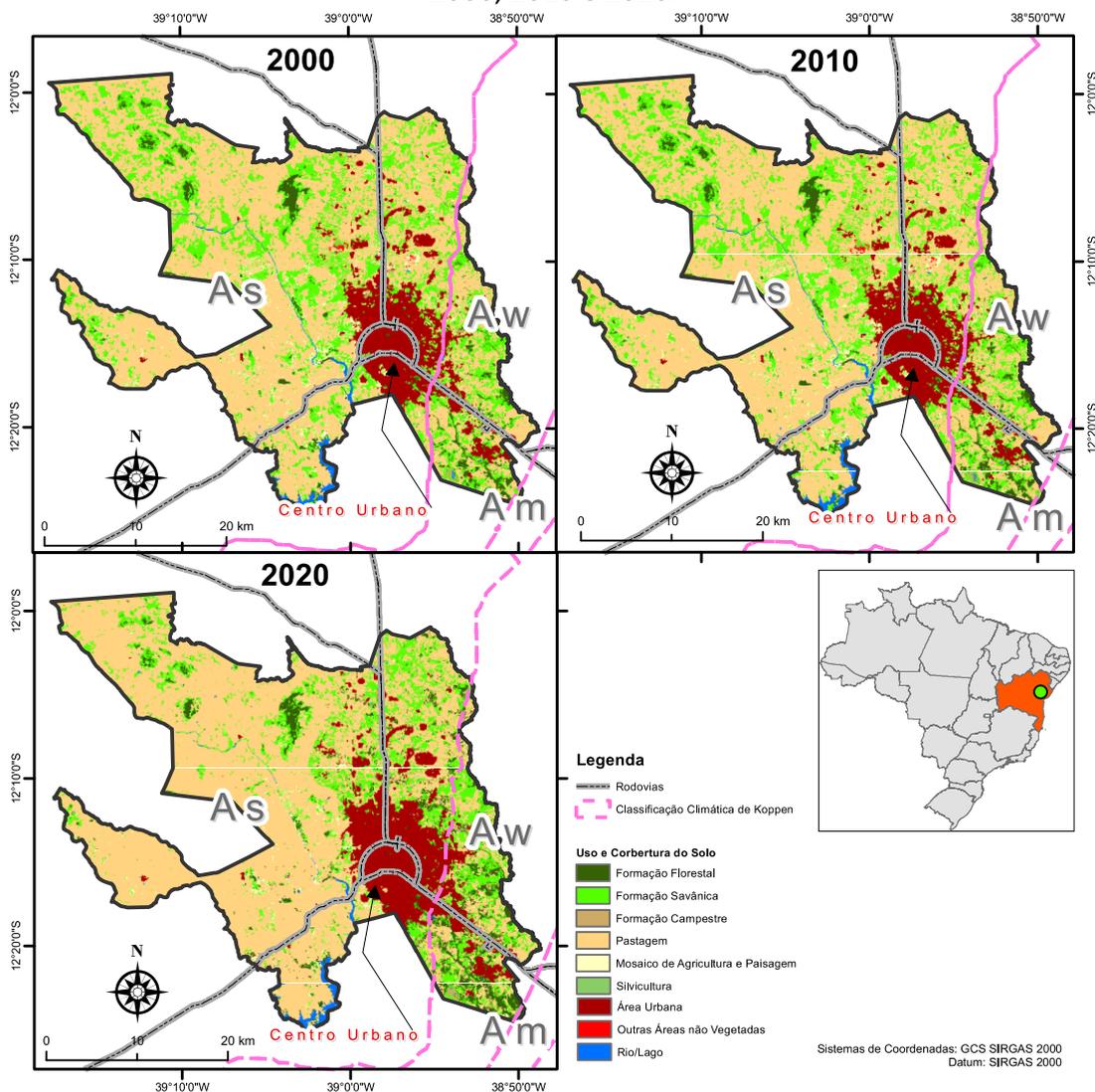
Constatou-se um intervalo de temperatura da superfície no município de 26,60 a 34,28°C para o ano de 2000; 25,61 a 35,11°C para o ano de 2010 e 24,61 a 35,25°C no ano de



2020. Ao decorrer da série temporal analisada houve um aumento gradativo dos valores de LST em toda a área de estudo. Observando os dados do primeiro e último ano foi constatada uma elevação de aproximadamente 1°C no valor máximo da temperatura, passando de 34,28 para 35,25°C.

Foi possível identificar também no mapa de LST que o aumento da temperatura ao longo dos anos analisados foi direcionado ao sentido Norte (em direção às rodovias BR-116 e BR-324), esse resultado pode estar relacionado ao crescimento urbano do município que ocorreu justamente nesta área, como pode ser observado através dos mapas de uso e cobertura da terra do MapBiomas (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra em Feira de Santana, Bahia, Brasil nos anos de 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Limites municipais: IBGE 2022; Classificação Climática: Alvares et al. (2013).

Como pode-se perceber através dos mapas, os pixels destacados em cor vermelho identificam áreas em que os valores de temperatura são mais elevados. Uma análise espacial a partir do que se observa na Figura 4, aponta que a área urbana se enquadra dentro as classes que apresentaram maiores valores de temperatura (34,28; 35,11 e 35,25°C para os anos de 2000, 2010 e 2020, respectivamente). Em contrapartida, as áreas em verde são representativas de menores valores de LST, encontrados principalmente em áreas com presença de água e vegetação. Os resultados encontrados sugerem que a elevação da temperatura superficial em Feira de Santana, possivelmente pode ter sido causado, dentre outros fatores, pelo aumento da área urbana e pastagem, associado a diminuição significativa das áreas de vegetação.

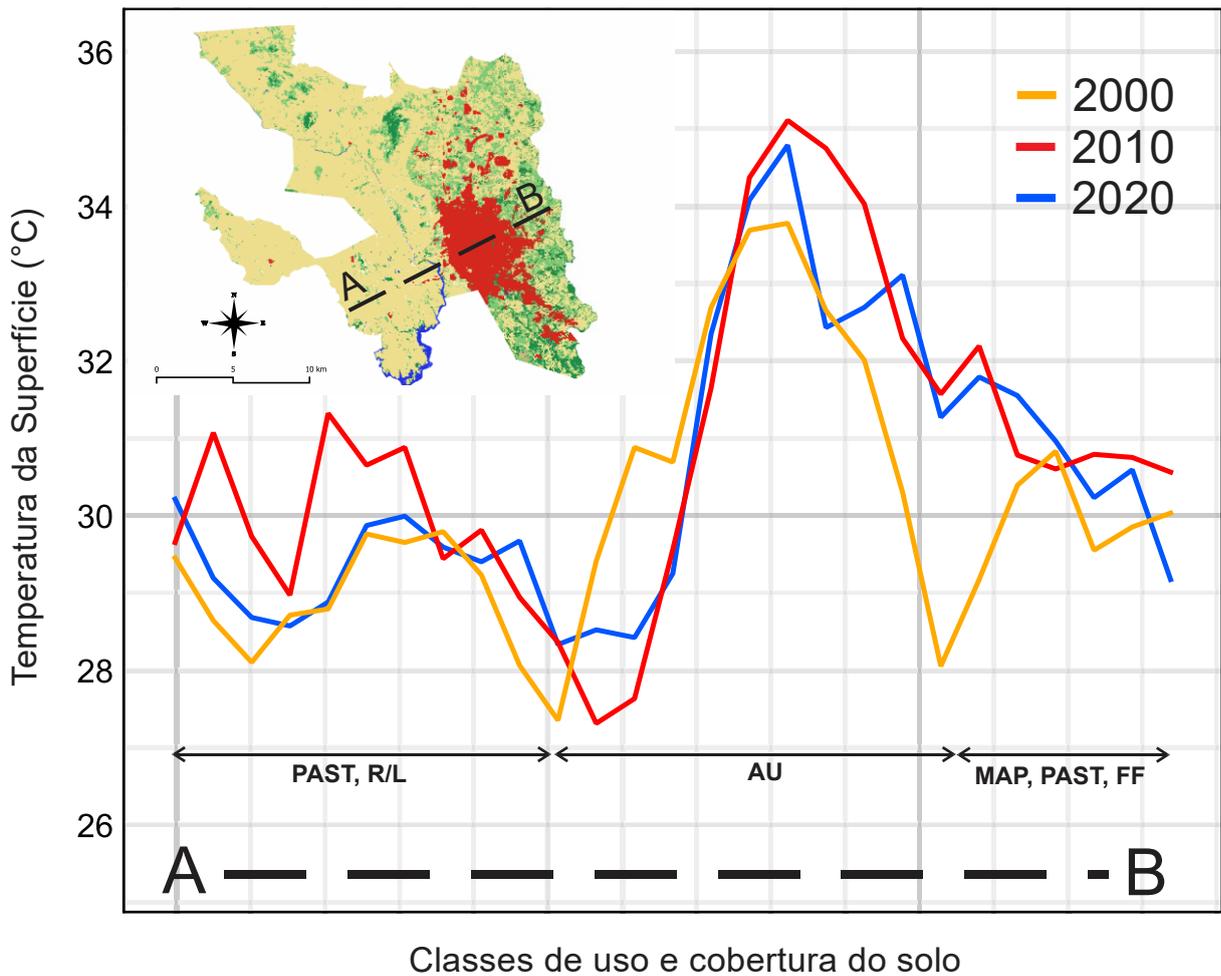
Outros autores como Souza, Silva e Silva (2016) e Fernandes et al. (2018) observaram em suas pesquisas que os maiores valores de temperatura foram identificados nas classes área urbana e solo exposto, corroborando, portanto, com os achados do presente trabalho.

De acordo com Damasceno e Amorim (2018), a cidade de Feira de Santana possui diversas áreas de corpos d'água como lagoas na área urbana e rios (Pojuca, Subaé, Aguadas e Jacuípe), entretanto, devido os dados utilizados do sensor MODIS possuírem uma baixa resolução espacial (1 Km), só foi possível identificar nos mapas de LST (Figura 3) o rio Jacuípe, visto que possui uma grande extensão na área de estudo.

A mesma situação descrita acima se aplica para a questão das áreas de vegetação, em que os resultados encontrados não permitiram a detecção destas áreas presentes dentro do perímetro urbano, fazendo com que toda a área urbana fosse classificada com a faixa de temperaturas elevadas das áreas de pavimentação e edificações. Apesar da dificuldade em identificar a LST de áreas menores devido a resolução espacial dos dados utilizados, Cavalcante, Almeida e Castelo (2020) afirmam que podem ser empregados quando o objetivo do pesquisador é analisar a média de LST de uma região, porém, não são indicados para comparações de áreas próximas.

A Figura 5 apresenta um perfil A – B de valores da temperatura da superfície em função das classes de uso e cobertura. Verifica-se que devido a uniformidade da superfície na área urbana, o pico de aumento da temperatura na zona de transição é mais evidente, ainda que o tamanho do pixel seja elevado. Fica evidente a influência da zona urbana no aumento da temperatura da superfície.

Figura 5 – Perfil da temperatura da superfície para classes do uso e cobertura da terra.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). MAP= Mosaico de agricultura e pastagem; PAST= Pastagem; R/L= Rio/lago; FF= Formação florestal; AU= Area urbana.

Os demais usos, em função do pixel, aparecem em comportamento semelhante, em cada ano, ainda que, analisando os valores de temperatura da superfície no perfil A-B, os anos de 2000 e 2020 possuem comportamentos semelhantes no sentido SW e distintos no sentido NE do município. Isso se deve ao fato, da pastagem (à SW) apresentar maior variabilidade ao longo do ano, tanto em função do seu uso, quando em função da variabilidade anual da precipitação, já que se trata de pecuária em sequeiro. Os anos de 2010 e 2020 apresentam semelhanças nos valores de temperatura, por estarem em classes que sofrem menos alterações comparados com a pastagem.

Vale ressaltar ainda, que Feira de Santana está localizada em uma região com alta cobertura de nuvens durante quase todo o ano, o que dificulta a obtenção de imagens de satélites com qualidade para calcular a LST a partir das bandas térmicas, portanto, os dados

do sensor MODIS se destacam por permitir, ainda que com baixa resolução espacial, estudar a LST do município com informações de confiança.

Santos et al. (2020), comparando dados de LST estimados pelos produtos do satélite MODIS e temperatura do ar obtidas por meio de estações agrometeorológicas em áreas de caatinga preservada (CP) e em processo de sucessão ecológica (CS), observaram que as melhores correlações para a análise da temperatura máxima nas áreas CP e CS foram obtidas com o uso do produto MOD11A2 do dia, apresentando valores estimados de correlação linear de Pearson iguais a 0,73 e 0,78, para cada área respectivamente.

Os autores supracitados afirmam que apesar dos produtos do sensor MODIS serem referentes a temperatura da superfície, demonstram-se eficientes para a estimação da temperatura do ar, o que os tornam relevantes para análise das condições ambientais em regiões semiáridas.

Segundo Cavalcante, Almeida e Castelo (2020) fatores como solo exposto, baixa quantidade de áreas de vegetação e desmatamento podem contribuir com o aumento de temperatura. Falando mais especificamente sobre LST, Guo et al. (2012) e Xiuliang et al. (2017) acrescentam ainda à essa lista a liberação de calor de atividades antrópicas, radiação solar e seca e mudanças climáticas nas escalas local, regional e global.

A influência da vegetação nos ambientes sobre a LST varia a depender dos diversos tipos de vegetação, que se diferenciam através de sua capacidade de redução da temperatura por meio do processo chamado de “transpiração” (ALEXANDER, 2020).

Neste processo, a maior parte da água que as plantas absorvem através de suas raízes é lançada na atmosfera na forma de vapor de água por meio da abertura dos estômatos. Ao passar da fase líquida para a fase gasosa, a água absorve grandes quantidades de energia, o que conseqüentemente resfria a superfície foliar e atua sobre o microclima do ambiente na redução da LST (TAIZ et al., 2017).

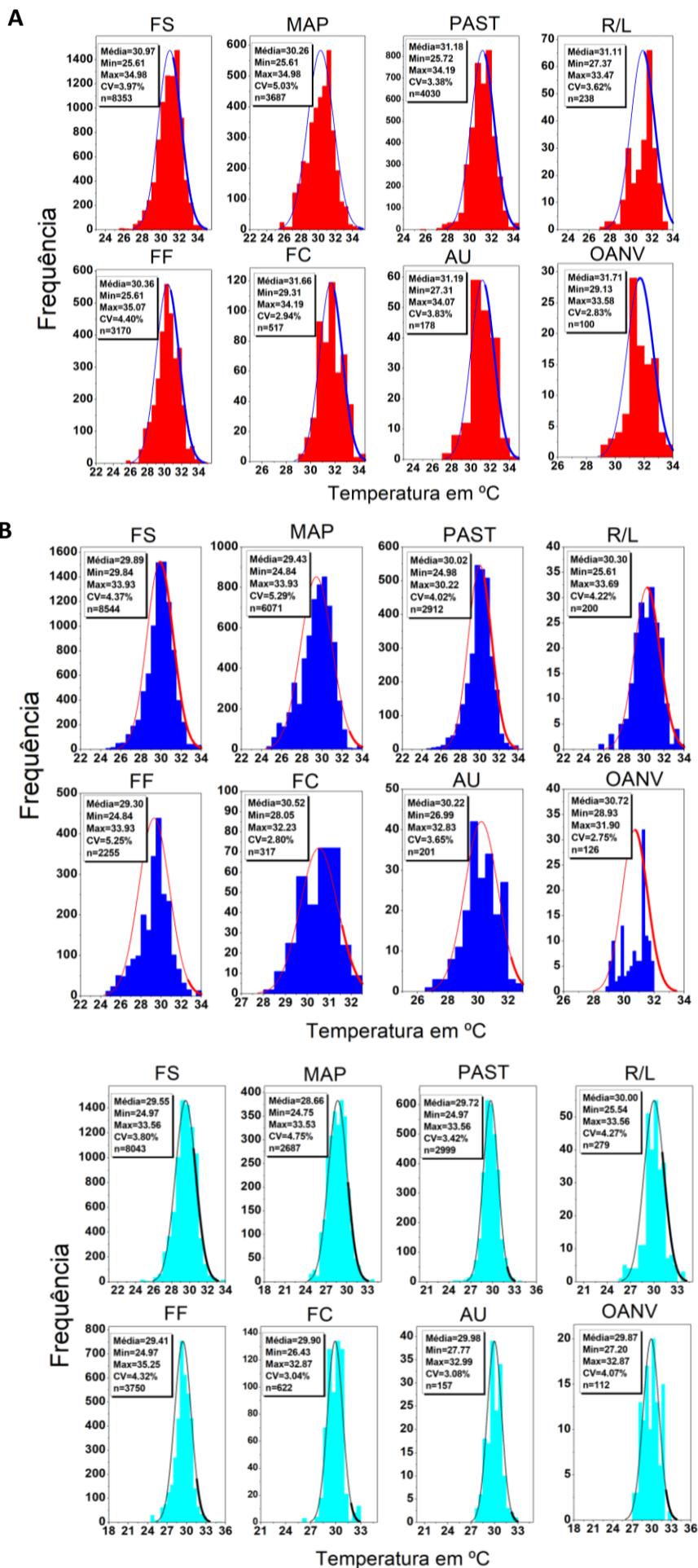
O processo de desmatamento também possui forte influência sobre a temperatura, à medida que a presença de vegetação pode diminuí-la e a sua ausência produz o efeito inverso. Quanto maior é o processo de degradação de determinada área, maior será a relação entre temperatura do ar e LST. Esse fato foi comprovado, por exemplo, na pesquisa de Santos et al. (2020), seus estudos mostraram que a temperatura máxima do ar está mais próxima da



temperatura da superfície, no período diurno, na área degradada, por outro lado, a área preservada apresenta maior correlação com a temperatura da superfície no período noturno, uma vez que possui maior equilíbrio térmico.

A Figura 6 apresenta a estatística descritiva para analisar como ocorreu a variação dos valores de LST dentro de cada classe de uso e cobertura da terra nos anos de 2000 (Figura 6 A), 2010 (Figura 6 B) e 2020 (Figura 6 C).

Figura 6 - Estatística descritiva da LST por classe de uso e cobertura da terra em Feira de Santana, Bahia. A – 2000; B – 2010 e C - 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022); Nota: FS= Formação savânica; MAP= Mosaico de agricultura e pastagem; PAST= Pastagem; R/L= Rio/lago; FF= Formação florestal; FC= Formação campestral; AU= Area urbana; OANV= Outras áreas não vegetadas.



Como pode-se observar, os resultados encontrados por meio da técnica *Spatial Join* apresentam alguns pontos em que convergem e outros de divergência em comparação com a análise individual dos mapas de LST (Figura 3) e de uso e cobertura (Figura 4). Entretanto, ambas as técnicas apontam que em Feira de Santana, ao longo da série temporal estudada houve um aumento de aproximadamente 1 °C do valor máximo da média anual da temperatura da superfície.

Nos anos de 2000 e 2010 foi identificado um padrão de comportamento com relação ao coeficiente de variação desses dados. Para esses anos, a classe mosaico de agricultura e pastagem apresentou maior variação relativa e a classe outras áreas não vegetadas apresentou menor variação relativa. No ano de 2020 isso se repetiu para maior variação relativa, no entanto, quem apresentou menor valor foi a classe formação campestre.

Outro padrão também detectado nos anos de 2000 e 2010 foi o fato de que os valores de CV para formação campestre, mosaico de agricultura e pastagem e formação florestal, as duas últimas classes possuem quase o dobro de CV quando comparado com a primeira. Esse resultado pode ser explicado devido as variações do porte da vegetação dentro de cada classe, a formação campestre compreende áreas com predomínio de espécies herbáceas, ou seja, áreas com baixo percentual de cobertura da terra. Já a formação florestal e mosaico de agricultura e pastagem são áreas com expressiva cobertura vegetal. Dessa forma, em áreas de floresta e agricultura pode-se encontrar vegetação em diferentes estágios de sucessão, o que reflete em uma maior variação dos dados de LST e conseqüentemente, nos valores de CV.

No ano de 2000 e 2010 as classes que apresentaram menores valores de LST (menor mínimo da média anual) foram mosaicos de agricultura e pastagem, formação florestal e formação savânica, já no ano de 2020 essa ordem se manteve com a diferença que formação florestal apresentou valor igual a formação savânica e pastagem.

As características intrínsecas de cada classe fazem com que possuam respostas diferentes à radiação eletromagnética. Vegetação do tipo florestal possuem albedo médio anual menor do que a terra aberta (YUAN et al., 2022), em outras palavras, devido a alta capacidade fotossintética da vegetação de maior porte, estas absorvem maior quantidade de radiação eletromagnética e refletem menos para a atmosfera, conseqüentemente tem maior contribuição para a diminuição da LST quando comparado com vegetação rala e solo exposto.

A pastagem apresentou valores de médias próximos aos encontrados na área urbana,

o que também pode ser observado analisando as Figuras 3 e 4, no qual a distribuição de cores de valores elevados de temperatura (destacado nas cores laranja e vermelho no mapa de LST) sobrepõe justamente as áreas de pastagem e área urbana (conforme Figura 4). Nossos achados corroboram com os encontrados por Alexander (2020), em seus estudos foram detectadas áreas rurais com temperaturas semelhantes às áreas construídas. O autor atribui esse fato à baixa umidade do solo ou ao tipo de cobertura vegetal que poderia ser menos densa como áreas de pastagem, por exemplo.

Segundo Edmondson et al. (2016), a temperatura média do solo em áreas que possuem árvores e arbustos são mais baixas que em áreas com cobertura herbácea, graças a sua capacidade de sombreamento, além da evapotranspiração (CHEN et al., 2019). Gill et al. (2007) destacam ainda que a grama perde sua função de resfriamento evaporativo mais rápido do que as árvores em condições de seca. Pesquisas realizadas por Alexander (2021) comprovaram que em Odense, Dinamarca, a temperatura reduziu em 4,10 °C quando a altura da vegetação aumentou de 0-2 m para 20-22 m.

Dessa forma, fica evidente a importância da manutenção da vegetação nativa para o auxílio no controle do microclima da área de estudo, pois conforme será apresentado na Tabela 1, a pastagem (que segundo o MapBiomas (2021) são áreas predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária) é a classe com maior percentual de área do município, o que pode refletir no conforto térmico de Feira de Santana, pois como mencionado anteriormente, a pastagem pode proporcionar temperaturas tão elevadas quanto a área urbana.

A análise das medidas descritivas dos dados obtidos por meio da técnica *Spatial Join* trouxe uma nova perspectiva para a pesquisa espacial, uma vez que, apesar dos mapas de LST e uso e cobertura da terra serem relevantes para o estudo, é preciso avaliar as particularidades de como os valores de temperatura se comportam dentro de cada classe através da união espacial destes dados.

Como evidenciado pela Figura 4 e Tabela 1, tratando-se de vegetação, é predominantemente encontrado no município as classes de pastagem e formação savânica.

Segundo Ribeiro e Walter (1998), as áreas de vegetação savânica são “áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo”. Apesar da formação savânica ser uma fisionomia característica do bioma Cerrado,



podem ocorrer de forma isolada em alguns estados do país, como na Bahia (INCT, 2021). Neste aspecto, em Feira de Santana de acordo com o MapBiomas (2021) as áreas classificadas como formação savânica representam “Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semicontínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada”.

Por meio dos mapas de uso e cobertura da terra pode-se afirmar que as áreas de vegetação diminuíram ao longo da série analisada. Esse fato também pode ser comprovado na Tabela 1, no qual a classe de pastagem teve um aumento de sua área de 65,30 Km² (8,57%) e área urbana de 24,02 Km² (17,84%), em contrapartida, a classe de formação savânica apresentou uma redução de 102,03 Km² (33,47%).

Tabela 1- Área das classes de uso e cobertura da terra em Feira de Santana, Bahia, Brasil nos anos de 2000, 2010 e 2020.

Classe	Área (Km ²)			
	Ano			VP (%)
	2000	2010	2020	
FC	2,48	3,22	3,89	56,85
OANV	1,89	1,99	1,12	-40,74
R/L	16,39	15,12	13,07	-20,26
MAP	42,79	28,02	21,39	-50,01
FF	43,60	56,09	80,34	84,27
AU	134,65	148,69	158,67	17,84
FS	304,80	274,12	202,77	-33,47
PA	761,97	781,29	827,27	8,57
SL*	-	0,03	0,04	33,33

FC= Formação campestre; OANV= Outras áreas não vegetadas; R/L= Rio/lago; MAP= Mosaico de agricultura e pastagem; FF= Formação florestal; AU= Área urbana; FS= Formação savânica; PA= Pastagem; SL= Silvicultura.

*Para esta classe os dados são referentes ao período de 2002 a 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Zaidi et al. (2017) encontraram resultados semelhantes ao utilizar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para auxiliar no monitoramento do uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Kuantan, localizada na Malásia. A pesquisa comprovou que houve a tendência de aumento de terrenos construídos de 1993 (4,24%) a 2010 (4,87%), devido ao processo de urbanização com a migração da maioria da população do meio rural para o urbano. Sotoma et al. (2003), estudando a cidade de Sakai, na província de Osaka, no Japão, também constataram que na série temporal analisada (entre os anos de 1984 a 1999),

a taxa de cobertura verde estimada tinha diminuindo na área de estudo.

Globalmente o processo de urbanização tem apresentado uma tendência de crescimento (IMHOFF et al., 2010). Esse fato também tem sido observado em Feira de Santana nas últimas décadas, de acordo com Oliveira et al. (2007) o crescimento desordenado populacional na área urbana teve maior impulso após a implantação do Centro Industrial do Subaé (CIS) que ocorreu na década de 70.

Com a mudança no uso da terra as áreas de vegetação também são alteradas dando espaço para outros tipos de uso (ZAITUNAH et al., 2018), o que gera uma série de consequências ambientais, como a impermeabilidade do solo, a poluição atmosférica e o desmatamento (MAGALHÃES; CARVALHO JUNIOR; SANTOS, 2017). Mompremier et al. (2022), com objetivo de avaliar como a mudança no uso do solo florestal pode afetar a hidrologia da Bacia Hidrográfica do Rio Coujolle, localizada na região de Arcahaie, no Haiti, concluíram que a presença de vegetação pode ajudar a garantir a manutenção dos recursos hídricos e, portanto, melhorar a produção agrícola. Em contrapartida, o desmatamento corroborou na diminuição do fluxo dos rios, tornando a bacia hidrográfica e as áreas agrícolas suscetíveis à seca.

Em espaços urbanos, a vegetação desempenha diversas funções como ornamentais, paisagísticas, controle de ruídos, filtragem da poluição atmosférica, elemento modificador do microclima, conforto térmico, equilíbrio ambiental, resfriamento do ar e aumento da umidade relativa (BARBOSA; BARBIRATO; VECCHIA, 2003; SOUZA, 2011). Por outro lado, a redução da vegetação original, ou até mesmo ausência devido ao processo de urbanização sem o devido planejamento traz à tona sérias consequências. Dentre elas a elevação da temperatura, que por sua vez altera o conforto térmico, tornando-se cada vez mais intenso. A elevação deste parâmetro climático afeta negativamente a qualidade de vida e a saúde humana, principalmente nas cidades de grande e de médio porte (SANTOS; ANDRADE, 2008), o que se enquadra na área de estudo, no qual problemas relacionados com altas temperaturas são constantemente evidenciados.

Outro fato que gera preocupação ambiental para o município objeto de estudo é a redução da classe de rio/lago. No ano de 2000 a área referente a essa classe era de 16,39 Km², já em 2020 de 13,07 Km², ou seja, uma redução de 3,32 Km² (20,26%) de área de corpos d'água. Diversos autores têm estudado os corpos d'água em Feira de Santana, entre eles:



(DUARTE; ATHAYDE; SANTOS, 2001; LOBÃO; MACHADO, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; ANDRADE; SANTO; SANTOS, 2019; CARNEIRO; SANTO, 2019), e comprovado os impactos que estes têm sofrido frente a pressão das ações antrópicas. De acordo com Araujo, Lima e Nolasco (2019), a expansão urbana do município modificou a dinâmica natural dos mananciais, além disso, por se tratar do maior entroncamento rodoviário da Bahia, a construção das estradas que garantem uma posição geográfica estratégica à cidade teve um impacto significativo nos corpos d'água, pois durante a construção das estradas muitas lagoas foram segmentadas e aterradas.

3.2 Análise de Tendência

A análise exploratória dos dados da série temporal é apresentada na Tabela 2. De acordo com os resultados, as classes que apresentaram maior variação relativa (coeficiente de variação) foram formação campestre, seguida de mosaico de agricultura e pastagem e outras áreas não vegetadas. Com relação a assimetria, as classes formação campestre, rio/lago, área urbana e formação savânica obtiveram valores menores que zero, denotando que para estas classes os valores das áreas apontam concentração de valores acima da média. As demais classes foram caracterizadas como assimétricas positivas, indicando concentração de valores abaixo da média.

Tabela 2- Estatística descritiva das classes de uso e cobertura da terra em Feira de Santana, Bahia, Brasil no período de 2000 a 2020.

Classe	Média	Desvio	CV (%)	Assimetria
FC	2,55	1,09	42,60	-0,19
OANV	1,70	0,51	29,82	0,42
R/L	14,28	1,86	13,01	-0,22
MAP	28,13	10,79	38,38	0,07
FF	45,98	9,75	21,21	2,20
AU	147,62	7,33	4,97	-0,31
FS	256,05	48,68	19,01	-0,52
PA	812,22	49,63	6,11	0,40
SL*	0,03	0,01	19,81	0,71

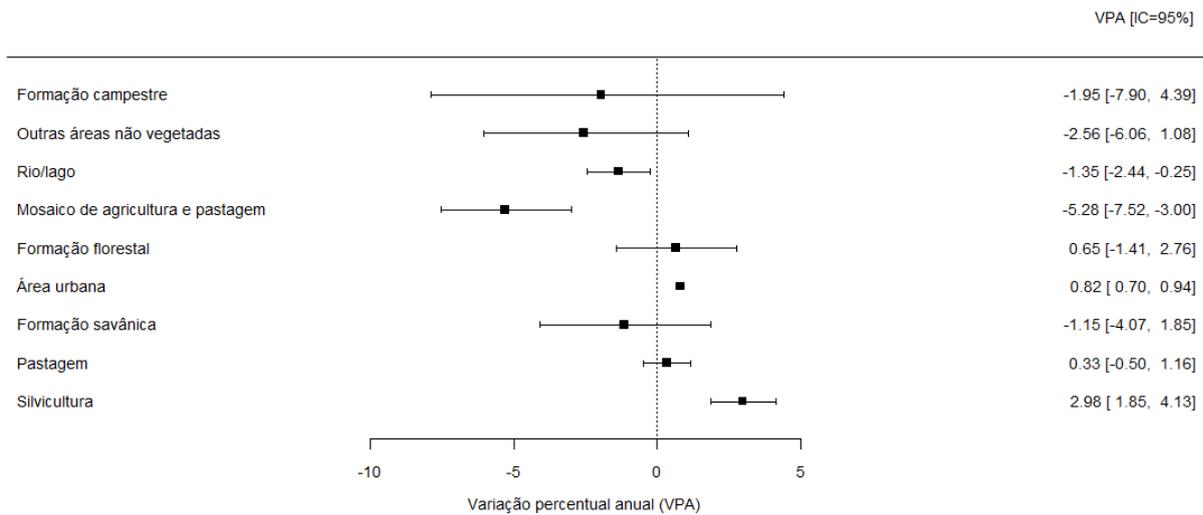
FC= Formação campestre; OANV= Outras áreas não vegetadas; R/L= Rio/lago; MAP= Mosaico de agricultura e pastagem; FF= Formação florestal; AU= Área urbana; FS= Formação savânica; PA= Pastagem; SL= Silvicultura.

*Para esta classe os dados são referentes ao período de 2002 a 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com a Figura 7 é possível identificar as classes de uso e cobertura analisadas e as estimativas pontuais da VPA com seus respectivos intervalos de confiança.

Figura 7 - Variação percentual anual das classes de uso e cobertura da terra em Feira de Santana, Bahia, Brasil no período de 2000 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Nota: A linha vertical pontilhada denota o valor crítico da hipótese nula da VPA com 95% de confiança (p -valor > 0,05).

Através do gráfico pode-se afirmar que as classes formação campestre, outras áreas não vegetadas, formação florestal, formação savânica e pastagem não apresentaram tendência estatisticamente significativas com 95% de confiança.

Após identificar as classes que apresentaram significância estatística é preciso analisar a tendência destas. De acordo com os resultados encontrados as classes rio/lago e mosaico de agricultura e pastagem apresentaram VPA igual a -1,35 (IC95% -2,44; -0,25) e -5,28 (IC95% -7,52; -3,00), respectivamente. Esses resultados indicam que as classes possuem tendência decrescente e estatisticamente significantes, ou seja, ao longo da série temporal analisada houve em média uma tendência de redução nestas áreas.

O resultado encontrado para a VPA referente a classe de rio/lago comprova estatisticamente o que já foi apresentado na Tabela 1 propondo escassez dos recursos hídricos. Por outro lado, o decréscimo das áreas de mosaico de agricultura e pastagem não necessariamente significa a redução efetiva desta classe, segundo o MapBiomas (2021) essa classe é definida como “Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura”, ou seja, provavelmente, pode ter ocorrido uma redistribuição entre



as classes de agricultura e pastagem, pois com o aperfeiçoamento dos algoritmos de classificação ao longo dos lançamentos das novas coleções do MapBiomas foi possível a melhor identificação das classes individualmente (Souza et al., 2020), reduzindo portanto as áreas de mosaico de agricultura e pastagem para os dados da coleção do MapBiomas.

As classes área urbana e silvicultura apresentaram VPA igual a 0,82 (IC95% 0,70; 0,94) e 2,98 (IC95% 1,85; 4,13), respectivamente. Esses valores denotam uma tendência crescente e estatisticamente significativa.

O resultado encontrado para a área urbana comprova o que já é observado para área de estudo, uma vez que o aumento acelerado da área urbana vem ocorrendo desde a década de 70, como afirmam Oliveira et al. (2007). Isso se deu em grande parte devido a instalação do CIS em Feira de Santana que impulsionou alterações na estrutura socioeconômica e populacional da cidade, proporcionando características mais urbanas (SILVA; LIMA, 2020). Como consequência, desencadeou na migração da população do campo para a cidade a procura de oportunidades de trabalho e melhores condições de vida (ARAÚJO, 2015).

Com relação a silvicultura, como foi informado na seção de material e métodos, para essa classe em específico, os dados são referentes ao período a partir de 2002, indicando que provavelmente nos períodos anteriores da série estudada (2000 e 2001), não havia áreas destinadas a silvicultura no município ou esta era tão pequena que não foi possível ser identificada pelos classificadores do MapBiomas. Por meio de pesquisas no site do IBGE (2021) foram encontrados dados apenas a partir de 2018, apontando que desde este ano a área de silvicultura no município está estabilizada em 134 ha de espécies do gênero *Eucalyptus*, sendo que não é informado a ocorrência de espécies de outros gêneros.

Ao realizar um rebatimento com os resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se afirmar que há uma divergência entre os valores encontrados para esta classe, pois os cálculos obtidos por meio dos dados de uso e cobertura da terra indicam que em 2018 existia 3,58 ha de área de silvicultura, valor este, bem inferior ao informado pelo IBGE.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer da série temporal analisada houve um aumento gradativo dos valores de LST em toda a área de estudo, com elevação de aproximadamente 1°C no valor máximo da média anual da temperatura da superfície, passando de 34,28 para 35,25°C. Os maiores valores de LST para todos os anos estudados foram encontrados na classe de área urbana, por outro lado, os menores valores foram obtidos em áreas com presença de água e vegetação.

Foi possível identificar uma diminuição nas áreas de vegetação, principalmente aquelas classificadas pelo MapBiomas como formação savânica, entretanto, ao estimar a VPA não foi detectado comportamento decrescente para esta classe.

As classes de área urbana e silvicultura aumentaram e isto foi comprovado pelos resultados da VPA. Por outro lado, as classes de rio/lago e mosaico de agricultura e pastagem apresentaram uma tendência decrescente. Além disso, foi possível identificar que os tipos de vegetação com maior percentual de área no município foram a pastagem, seguida da formação savânica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES/Brasil e ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual de Feira de Santana. Ao grupo de Pesquisa Modelagem e análise de dados: Teorias e Aplicações.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, C. Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 86, p. 102013, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102013>.

ALEXANDER, C. Influence of the proportion, height and proximity of vegetation and buildings on urban land surface temperature. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 95, p. 102265, 2021. ISSN 1569-8432. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243420309089>.



ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; ENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Koppen's climate Classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, P. D.; SANTO, S. M.; SANTOS, R. L. Os impactos do crescimento urbano na degradação ambiental da lagoa Subaé - Feira de Santana (BA). In: **XXIII Seminário de iniciação científica da UEFS semana nacional de científica e tecnológica 2019**. Feira de Santana -BA: [s.n.], 2019.

ANTUNES, J. L. F.; WALDMAN, E. A. Trends and spatial distribution of deaths of children aged 12-60 months in São Paulo, Brazil, 1980-98. **Bull World Health Organ**, v. 80, n. 5, p. 391-398, 2002.

ARAUJO, N. B.; LIMA, M. V. A.; NOLASCO, M. C. Reflexos da história feirense: Feira de Santana narrada através dos seus espelhos d'água. In: **Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade 2**. Atena Editora, 2019. p. 153-164. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.46119011019>.

ARAUJO, W. K. O. **A relação campo-cidade no município de Feira de Santana, BA: Renda da terra, campesinato e ruralidades**. Tese — Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, G. M.; VECCHIA, F. A. S. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: **ENCAC 2003 - VII Encontro Nacional sobre Conforto do Ambiente Construído**. Curitiba- PR: [s.n.], 2003. p. 722-729.

BERDUGO, M. et al. Global ecosystem thresholds driven by aridity. **Science**, v. 367, n. 6479, p. 787-790, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aay5958>.

CARNEIRO, V. C.; SANTO, S. M. Impactos da expansão urbana na lagoa salgada em Feira de Santana-BA. In: **XXIII Seminário de iniciação científica da UEFS semana nacional de científica e tecnológica 2019**. Feira de Santana -BA: [s.n.], 2019.

CAVALCANTE, J. d. C.; ALMEIDA, C. A.; CASTELO, T. B. Análise de NDVI e Temperatura da Superfície Terrestre utilizando a plataforma do Google Earth Engine em área de Savana Amazônica e floresta secundária, no município de Vigia – PA. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 64-70, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n1id18978>.

CHEN, R.; YOU, X. yi. Reduction of urban heat island and associated greenhouse gas emissions. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 25, n. 4, p. 689-711, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09886-1>.

CHEN, X. et al. Canopy transpiration and its cooling effect of three urban tree species in a subtropical city- Guangzhou, China. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 43, p. 126368, 2019.

DAMASCENO, J. M.; AMORIM, M. C. d. C. T. O clima urbano em Feira de Santana - BA através da Temperatura da Superfície e do índice de Vegetação por Diferença Normalizada -NDVI. **Colloquium Exactarum**, v. 10, n. 3, p. 94-98, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5747/ce.2018.v10.n3.e248>.

DANG, T. N. et al. Green Space and Deaths Attributable to the Urban Heat Island Effect in Ho Chi Minh City. **American Journal of Public Health**, v. 108, n. S2, p. S137–S143, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.304123>.

DUARTE, D.; ATHAYDE, E. S.; SANTOS, R. L. Análise da degradação de lagoas e seu entorno pelo crescimento urbano através da análise multitemporal de fotografias aéreas com técnicas de geoprocessamento: o caso das lagoas da tabua e da pindoba (Feira de Santana -BA). In: **Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Foz do Iguaçu: [s.n.], 2001. p. 1089–1096.

EDMONDSON, J. et al. Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. **Scientific Reports**, v. 6, n. 33708, 2016.

FERNANDES, T. et al. Detecção e análise de focos de calor no município de Parauapebas-PA, Brasil por meio da aplicação de geotecnologia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 398–412, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18677/encibio.2018b34>.

FURLAN, A. R. et al. Atributos geomorfométricos e cobertura e uso da terra: análise na bacia hidrográfica do arroio Carijinho - Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1112–1126, 2018.

GILL, S. et al. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. **Built Environment (1978-)**, v. 33, n. 1, p. 115–133, 2007. ISSN 02637960.

GUO, Z. et al. Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 935–942, dez. 2012.

IBGE. Metodologias das pesquisas agropecuárias anuais - 1981: produção agrícola municipal, produção da pecuária municipal, produção extrativa vegetal, silvicultura. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

IBGE. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-de-santana/>.

IMHOFF, M. L. et al. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 3, p. 504–513, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008>.

INCT. 2021. Disponível em: <http://inct-bionat.iq.unesp.br/en/biomas/caatinga/>.

JESUS, T. B.; SANTOS, T. N.; CARVALHO, C. E. V. Aspectos da comercialização de pescado em feiras livres do município de Feira de Santana-BA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 159-179. 2018. DOI:10.19177/rgsa.v7e22018159-179.

LOBÃO, J. S. B.; MACHADO, R. A. S. Avaliação multi-temporal, da ocupação das lagoas urbanas de Feira de Santana-BA, por meio de Sistema de Informação Geográfica. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: [s.n.], 2005. p. 3797–3804.

MAESTRE, F. T. et al. Structure and Functioning of Dryland Ecosystems in a Changing World. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 47, n. 1, p. 215–237, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-121415-032311>.



MAGALHAES, I. A. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A. d.; SANTOS, A. R. d. Análise comparativa entre técnicas de Sensoriamento Remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 1, p. 156–177, 2017.

MAIA, H. A. A. d. S. et al. Perfil epidemiológico dos casos de Leishmaniose Visceral em Feira de Santana, Bahia, no período de 2001 a 2015. **Revista de Saúde Coletiva da UEFES**, v. 8, p. 70–74, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.13102/rscdauefs.v8i1.2749>.

MÄKIRANTA, A.; HILTUNEN, E. Utilizing asphalt heat energy in finnish climate conditions. **Energies**, v. 12, n. 11, p. 2101, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en12112101>.

MAPBIOMAS. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. Procedimentos metodológicos para estimativas de variáveis relacionadas ao balanço de energia no sistema terra-atmosfera uma revisão de literatura. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 41, p. 100–119, 2019. ISSN 2176-5774.

MODIS Web. Disponível em: <<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod21.php>>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MOHR, F. prais: Prais-Winsten Estimator for AR(1) Serial Correlation. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=prais>.

MOMPRESMIER, R. et al. Effects of deforestation and afforestation on water availability for dry bean production in haiti. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 325, p. 107721, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107721>.

NASA. **National Aeronautics and Space Administration**. Site Modis Land. 2021. Disponível em: <http://modis-land.gsfc.nasa.gov>.

OLIVEIRA, A. M. d. et al. Uso da técnica de sensoriamento remoto para a localização de lagoas no município de Feira de Santana BA. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis: [s.n.], 2007. p. 2939–2946.

PEREIRA, C. C. et al. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 1243–1255, 2012.

PRAIS, S. J.; WINSTEN, C. B. Trend Estimators and Serial Correlation. Cowles Commission Discussion Paper No. 383. Chicago, 1954.

QUINTÃO, José Maurício B. et al. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 73, n. 1, p. 18-24, Jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602021000100004>.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **Vienna, Austria**, 2020.

REIS, R. S. Feira de Santana: aspectos históricos da urbanização sob a ótica da mobilidade urbana. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 56, p. 19-27, 2017. DOI: 10.13102/sitientibus.v0i56.4630.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: . Planaltina: Cerrado: ambiente e flora, 1998. p. 89–166.
- RICHARDS, D.; BELCHER, R. Global Changes in Urban Vegetation Cover. **Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12010023>.
- SANTOS, C. V. B. et al. Uso de sensoriamento remoto na análise da temperatura da superfície em áreas de floresta tropical sazonalmente seca. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 941–953, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p941-957>.
- SANTOS, R. A. d.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Geo UERJ**, n. 33, p. e34159, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.34159>.
- SANTOS, R. A. d. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1617–1626, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n400557>.
- SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 40, p. 77–84, 2008.
- SAUNOIS, M. et al. The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data*, v. 12, n. 3, p. 1561–1623, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>.
- SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação— Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SHOJANOORI, R.; SHAFRI, H. Review on the use of remote sensing for urban forest monitoring. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 42, n. 6, p. 400417, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.48044/jauf.2016.034>.
- SILVA, G. B. A.; LIMA, J. R. O. Uma análise da relação campo-cidade no município de Feira de Santana após o processo de industrialização da Bahia. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, v. 7, n. 2, p. 82–95, 2020. ISSN 2359-0831.
- SILVA, S. M. O. d. Feira de Santana e os desafios para construir uma cidade sustentável. **Sitientibus**, n. 55, p. 9–15, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.13102/sitientibus.v0i55.4554>.
- SOTOMA, M. et al. Analysis of land use zoning regulations and green coverage ratio. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 2, n. 2, p. b29–b34, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.3130/jaabe.2.b29>.
- SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>.

SOUZA, J. F. d.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa - PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21–37, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100058>.

SOUZA, S. M. **Mapeamento e avaliação da vegetação urbana da cidade de Vitória ES, utilizando geotecnologias**. Dissertação— Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2011.

SZABO, S. et al. (2019): NDVI dynamics as reflected in climatic variables: spatial and temporal trends a case study of hungary. **Giscience and Remote Sensing**, v. 57, p. 1–21, 2019.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.

VERHOEVEN, V. B.; DEDOUSSI, I. C. Annual satellite-based ndvi-derived land cover of europe for 20012019. **Journal of Environmental Management**, v. 302, p. 113917, 2021.

WAN, Z.; HOOK, S.; HULLEY, G. **MOD11A2 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006**. 2015. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a2v006/>.

XIULIANG, Y. et al. Vegetation changes and land surface feedbacks drive shifts in local temperatures over central. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 3–10, 2017.

YUAN, G. et al. Impacts of afforestation on land surface temperature in different regions of china. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 318, p. 108901, 2022. ISSN 0168-1923. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192322000946>.

ZAIDI, S. M. et al. Landsat-5 time series analysis for land use/land cover change detection using NDVI and semi-supervised classification techniques. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 6, p. 2833–2840, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15244/pjoes/68878>.

ZAITUNAH, A. et al. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis for land cover types using landsat 8 oli in besitang watershed, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 126, p. 012112, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012112>.