

Análise espaço-temporal da temperatura de superfície e sua relação com uso e cobertura da terra na APA e Itupararanga

RESUMO

As mudanças climáticas globais desafiam o equilíbrio ambiental, afetando a disponibilidade de recursos naturais. Este estudo investiga os impactos da urbanização, expansão agrícola e mudanças climáticas na APA de Itupararanga, com foco nas ilhas de calor e na disponibilidade hídrica. Utilizando sensoriamento remoto, especialmente os satélites Landsat (1986-2021), e o software QGIS para análise de imagens, a pesquisa analisa as mudanças espaço-temporais no uso da terra. Resultados revelam correlações significativas: uma negativa (-0.98) entre a Temperatura Campestre e Áreas Continentais, indicando impactos no reservatório local; e uma forte positiva (0.93) com a Área de Cultura Temporária, evidenciando o aumento da temperatura devido à expansão desse uso do solo. Contribui para estratégias de adaptação e mitigação alinhadas aos ODS da ONU, visando a sustentabilidade ambiental e social na região para futuras gerações.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura Superficial. Sensoriamento Remoto. Ilhas de Calor. Análise Espacial.

Amanda Letícia de Meneses Mendes

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil

alm.mendes@unesp.br

Liliane Moreira Nery

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil

liliane.nery@unesp.br

Anderson Trindade de Moura

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil

anderson.moura@unesp.br

Vanessa Cezar Simonetti

Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil

vanessa.simonetti@prof.uniso.br

Darllan Collins da Cunha e Silva

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil

darllan.collins@unesp.br

INTRODUÇÃO

Em meio aos diversos aspectos ambientais característicos das ações antrópicas, um dos mais impactantes na esfera ambiental e social, é o processo de contínua urbanização de novas áreas e expansão das que já existem (TRINDADE et al., 2017). Fatores como a impermeabilização do solo que antes era revestido por vegetação, mudança da vegetação nativa em cultivos agrícolas, solo exposto sem nenhuma cobertura vegetal, ou seja, uso e cobertura da terra (UCT) impactam diretamente no processo de absorção solar, no albedo, na temperatura superficial (TS), na evaporação, na retenção de calor, e na circulação atmosférica, alterando os processos de balanço hídrico e energético, afetando a saúde e resiliência dos ecossistemas (SWADES; ZIAUL, 2017).

O monitoramento da dinâmica e das mudanças no UCT é essencial para uma variedade de propósitos científicos, sociais e estratégias políticas, conduzindo a uma gestão mais eficiente dos recursos naturais (NERY et al., 2024; BALBINOT et al., 2025). Em áreas de relevante interesse ambiental, como as Unidades de Conservação (UC), a crescente pressão sobre os recursos naturais tem gerado respostas governamentais e da sociedade para a sua proteção (NERY et al., 2024; OLIVEIRA et al., 2025).

Contudo, a conservação não se resume à criação de UCs, mas se relaciona principalmente a um plano de manejo adequado e efetivo, que respeite as particularidades locais e os conflitos de uso (ALVES; ROCHA, 2024; SANTOS et al., 2025a). Um planejamento territorial deficiente favorece a degradação do meio ambiente e compromete os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas, o que reforça a necessidade de estratégias que considerem as características locais (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021; TOLEDO et al., 2024; POLETT et al., 2025).

As modificações no UCT, ocasionam um fenômeno de anomalia térmica chamado de ilha de calor (IC), onde a temperatura é mais elevada em determinadas regiões quando comparadas as áreas circundantes (MIRZAEI, 2015). Esse fenômeno pode acontecer em diversas escalas. As IC podem ser classificadas em categorias distintas, podendo ser com base na temperatura atmosférica, ou da superfície (DISSANAYAKE et al., 2019).

Esses fatores, se dão devido ao constante crescimento da população que, como efeito, geram um aumento no desenvolvimento de atividades econômicas, necessárias para a sobrevivência. O clima retrata padrões climáticos médios, que interferem diretamente nos recursos naturais (MARTIN, 2021) e de forma totalmente interativa com o ciclo terrestre da água sofrem alterações conforme a utilização do solo. O UCT influencia em vários processos naturais do ambiente além do clima, e de forma inerente, essas duas condições são elementos essenciais para a disponibilidade da água (MARTIN, 2021).

As mudanças culturais e climáticas, a pressão demográfica, expansão econômica, assuntos políticos e a necessidade de migração, são alguns dos principais responsáveis pelo impacto negativo na demanda por água, energia e alimento, aumentando o risco para os recursos naturais em todo o mundo. O processo de globalização apesar dos seus efeitos positivos, implica diferentes âmbitos como a biodiversidade, os ecossistemas, os recursos naturais, a economia e o bem-estar. Ela caracteriza o momento atual em um ambiente de constante mudança, além de se tornar um desafio na busca por estratégias de adaptações

coerentes e oportunas para o desenvolvimento econômico e social de forma colaborativa (MOLAJOU et al., 2021).

O sensoriamento remoto (SR) tem se mostrado um valioso aliado nos estudos relacionados a essa temática, fornecendo dados essenciais para estudos sobre o tema. Essa abordagem ampla dificilmente seria alcançada por meio de trabalhos de campo convencionais em uma escala tão extensa. (MOREIRA; NÓBREGA, 2011). Através de geotecnologias como o SR podemos realizar uma análise espaço temporal, e acompanhar de forma espacial, as alterações no comportamento da temperatura, e observar as áreas mais quentes através das características termais, identificando microclimas locais, visto que os Sistemas de Informação Geográficos (SIG), mostraram muitos avanços nos últimos anos (TRINDADE et al., 2017).

Entretanto, do ponto de vista da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), é fundamental compreender que os instrumentos técnicos, como as geotecnologias, não são representações neutras da realidade (SALES et al., 2022; RIZZO et al., 2023; SILVA; COSTA, 2025). As escolhas sobre o que investigar e quais tecnologias utilizar são atravessadas por valores, limitações institucionais e interesses diversos, pois ao trazer o CTS para a discussão, reafirma-se a necessidade de uma ciência comprometida com a transformação social (SILVA; COSTA, 2025).

Logo o diagnóstico técnico e científico dos impactos das mudanças do UCT, devem construir caminhos para que o conhecimento gerado fortaleça a autonomia das populações, subsidie políticas públicas coerentes e abra espaço para novas narrativas sobre desenvolvimento, sustentabilidade e justiça ambiental. Para que o desenvolvimento de um território seja efetivo, o planejamento deve integrar o crescimento econômico, a inclusão social e a sustentabilidade ambiental, adaptando-se às particularidades geográficas, culturais e econômicas de cada região específica (SIMONETTI et al., 2022; SANTOS et al., 2025b).

Essa perspectiva, envolvendo CTS, está alinhada à Agenda 2030, que, por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelece a indivisibilidade entre as dimensões social, ambiental e econômica do desenvolvimento (UN, 2015). A equidade sugerida pelo desenvolvimento sustentável não pode ser atingida por meio de iniciativas isoladas, mas através de esforços integrados (MENSAH, 2019; TONIOLO et al., 2024), demandando políticas públicas robustas para enfrentar desafios como as mudanças climáticas (OZKAYA; TIMOR; ERDIN, 2021).

Ainda, de acordo com Silva et al. (2025), a PNDU (Política Nacional de Desenvolvimento Urbano), ao propor uma integração multiescalar, oferece o arcabouço para que Estados e municípios alinhem seus planos locais, como os Planos Diretores, a um projeto mais amplo de sustentabilidade. Logo, a efetividade da gestão territorial dependerá da capacidade de integrar ciência (dados gerados), tecnologia (ferramentas) e sociedade (a participação cidadã e dos gestores) em um projeto orientado pela equidade e sustentabilidade (ARANTES et al., 2024; SILVA et al., 2025).

Dentro desse contexto, área de estudo dessa pesquisa se trata de uma Área de Proteção Ambiental (APA) que contempla o Reservatório de Itupararanga, importante devido ao seu uso múltiplo, entre eles o abastecimento público, sendo a fonte principal de aproximadamente um milhão habitantes que estão inseridos na Bacia do Rio Sorocaba (BERNADI et al., 2020). No contexto da CTS, infere-se que as geotecnologias e plataformas de monitoramento utilizadas nesse estudo podem

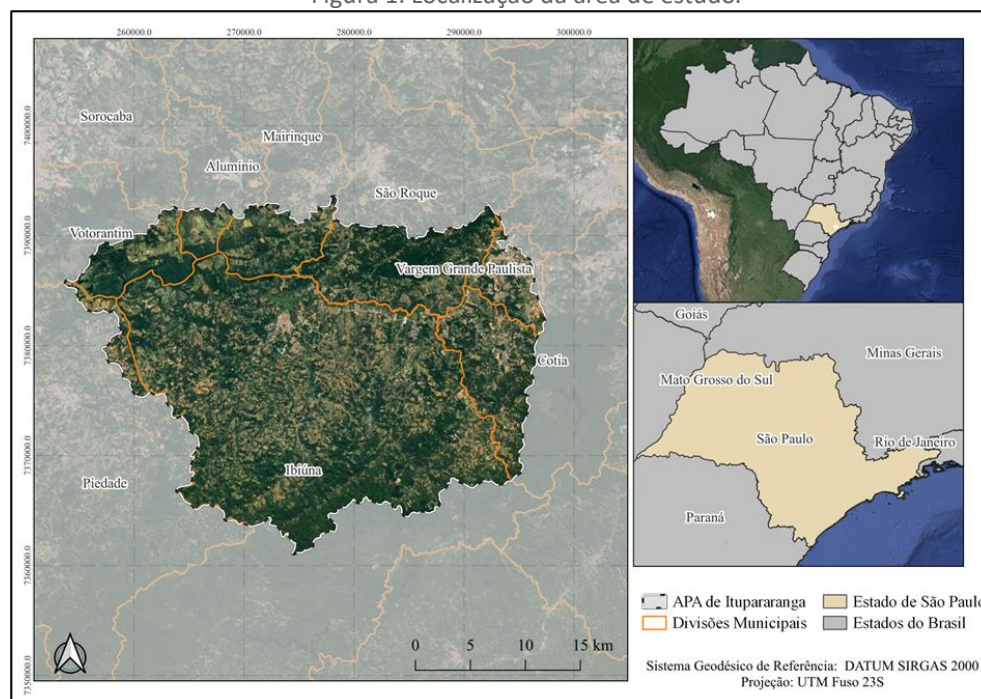
ampliar a transparência, fornecer subsídios técnicos robustos para a tomada de decisão e, crucialmente, ajudar a mediar os conflitos de zoneamento. A relevância da área de estudo se justifica pela presença do Reservatório de Itupararanga, que é responsável pelo abastecimento de importantes cidades do estado, como Ibiúna, Sorocaba, Votorantim e São Roque (MANFREDINI, 2018). O local também possui grandes extensões utilizadas para atividades agrícolas. Os municípios inseridos na área, possuem falhas no sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário, além da constante urbanização (SIMONETTI et al., 2019b).

Considerando a importância do reservatório e da área em questão, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise espaço-temporal comparativa da temperatura superficial, formação de ilhas de calor e uso e cobertura da terra utilizando sensoriamento remoto para o período de 1986 a 2021, com intervalos de 7 anos.

METODOLOGIA

A área de estudo denominada de APA de Itupararanga está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), e abrange os municípios de Alumínio, Cotia, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista e Votorantim, essa região é objeto de estudo devido à sua importância ambiental. A represa está situada no trecho superior do rio Sorocaba, abrangendo uma área de drenagem de 936,51 km² (Figura 1). Esta área desempenha um papel vital no fornecimento de água para os municípios de Sorocaba (74% do consumo), Votorantim (92%), Ibiúna (100%) e São Roque (32%) (SIMONETTI et al., 2019a).

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Dados obtidos com o IBGE, 2023.

Elaboração: Autor, 2024.

A avaliação das características do uso e cobertura da terra e das mudanças climáticas observadas na APA de Itupararanga foi realizada através de uma análise da variação temporal das diferentes classes de UCT utilizando a classificação disponibilizada nas coleções 7 e 1 do Mapbiomas, e dos dados de temperatura superficial obtidos através das coleções do satélite Landsat, no período de 1986 a 2021 considerando intervalos de 7 anos.

Foram utilizadas imagens orbitais de satélites da coleção Landsat, sendo o Landsat 5 (TM) para os anos de 1986; 1993; e 2007, o Landsat 7 (ETM+) para o ano 2000 e o Landsat 8 (TIRS) para os anos de 2014 e 2021. Os mapas de UCT da área de estudo foram obtidos por meio da plataforma online do "Projeto MapBiomas" do bioma Mata Atlântica, nos anos 1986, 1993, 2000, 2007, 2014 e 2021.

As imagens passaram por uma correção radiométrica onde utilizou-se plug-in Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) disponível no QGIS, e a partir dessa correção, obtiveram-se os números de reflectância no topo da atmosfera (TOA). Após esse processo, calculou-se a temperatura da superfície (TS) seguindo a metodologia descrita por Waters et al. (2002). Para isso, foi calculado os índices Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI); e o Índice de Área Foliar (IAF). A partir daí foi obtido o valor para TS, o qual foi convertido de Kelvin para graus Celsius. Por fim, todas as imagens tiveram suas coordenadas reprojatadas para o DATUM EPSG: 31983, SIRGAS 2000 – UTM zona 23S.

Os resultados referentes à TS e as áreas das classes UCT foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva. Após a normalização dos dados, foi conduzido o teste de correlação linear de Pearson (r) no software PAST 4.09, considerando apenas as variáveis de TS e área de UCT com intervalo de confiança igual ou superior a 95% ($p \leq 0,05$) para cada período avaliado. No mesmo software foi elaborada uma tabela de correlação para cada um dos anos, utilizando a função de elipses para destacar os coeficientes de correlação. A análise multivariada é conduzida por meio da aplicação da análise hierárquica de conglomerados (AHC), empregando medidas de distância para expressar as similaridades ou dissimilaridades entre as classes de UCT e a TS para cada ano.

As ilhas de calor (IC) foram identificadas utilizando a média da temperatura superficial (TS) de cada imagem do período analisado como referência. Utilizou-se a ferramenta "calculadora raster" no QGIS para subtrair a média anual de cada imagem, destacando áreas onde a TS é superior à média. Esses pontos indicativos de IC foram analisados para identificar aumentos significativos na temperatura superficial ao longo do tempo. As áreas dos pontos foram calculadas e convertidas para km^2 após a conversão da imagem raster para um arquivo vetorial de pontos no QGIS.

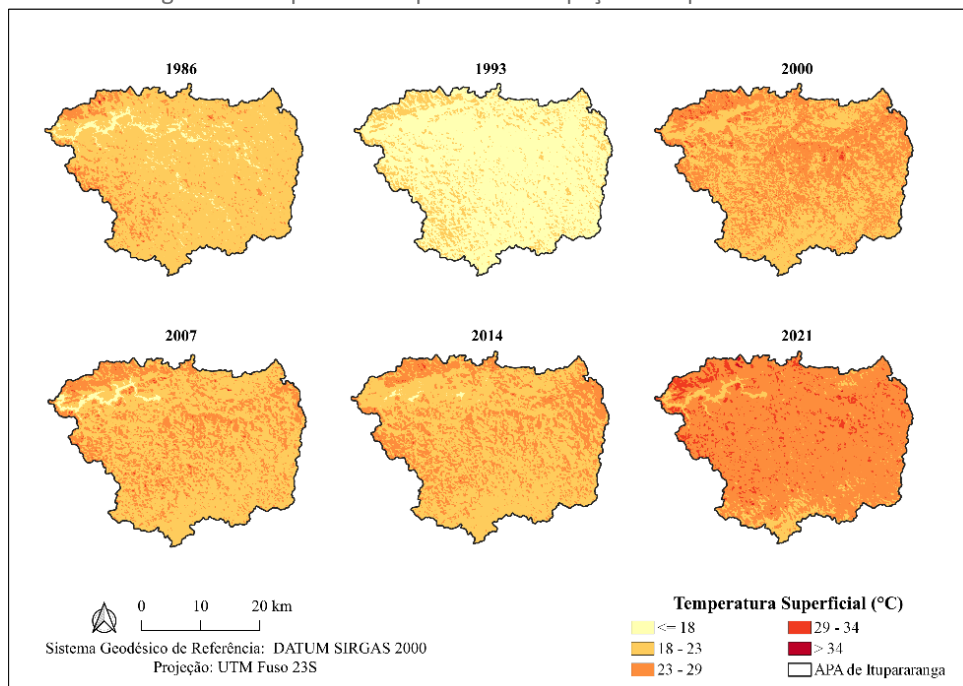
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Temperatura superficial

É possível observar conforme a Figura 1 que a TS da área variou bastante no período estudado, principalmente nos anos 1993, 2000 e 2021. Em 1993 tivemos as menores temperaturas registradas na área quando comparado aos outros anos.

Nesse ano, o país passava pelo fenômeno do El Niño, que causou impactos significativos no clima, principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, como chuvas intensas, enchentes e deslizamentos de terra em diversas regiões, além de secas extremas na região nordeste (CAVALCANTI, 1996).

Figura 1: Temperatura superficial do espaço e tempo estudados.



Fonte: Dados obtidos com o USGS, 2023.

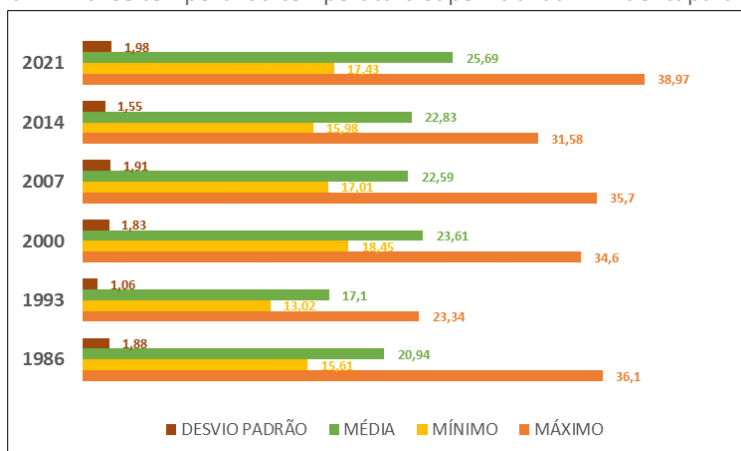
Elaboração: Autor, 2024.

Segundo o último relatório divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2023), a temperatura média global da superfície durante os primeiros vinte anos do século XXI foi 0,99 °C mais alta do que no período entre 1850 e 1900, chegando a atingir 1,1 °C.

Além disso, o aumento da temperatura global desde 1970 tem sido mais rápido do que em qualquer outro período de cinquenta anos nos últimos dois milênios, dados que condizem com a variação observada na área de estudo. Estima-se que a influência humana tenha contribuído significativamente para essa ebulição global, com os gases de efeito estufa sendo responsáveis por grande parte do aquecimento observado.

Os dados evidenciam um aumento da temperatura ao longo do tempo em toda a APA. Isso sugere um aquecimento geral da região ao longo das décadas estudadas (Figura 2). O aumento das TS nessas áreas está associado ao efeito de ilha de calor, resultante da crescente impermeabilização e atividades humanas, elevando a demanda por energia para resfriamento, poluição do ar e a diminuição da qualidade de vida, além da expressiva expansão da agricultura e desmatamento resultando em perda de habitat, fragmentação de ecossistemas, aumento da erosão do solo e redução da disponibilidade de água devido à maior demanda hídrica (TEIXEIRA, AMORIM, 2022).

Figura 2: Análise temporal da temperatura superficial da APA de Itupararanga.



Fonte: Dados obtidos com o USGS (2023), calculados no software QGIS.
Elaboração: Autor, 2024.

É necessário considerar outros fatores também decorrentes dessas mudanças como o aumento da poluição e contaminação dos corpos d'água devido ao escoamento de águas pluviais contaminadas, lançamento de resíduos, uso de fertilizantes e pesticidas, alterações nos cursos d'água, como retificação de rios, canalização de córregos e drenagem de áreas úmidas, que podem resultar na redução da área de águas continentais e na fragmentação dos habitats aquáticos, afetando a biodiversidade e a qualidade da água (CASATTI et al., 2006).

Uso e cobertura da terra

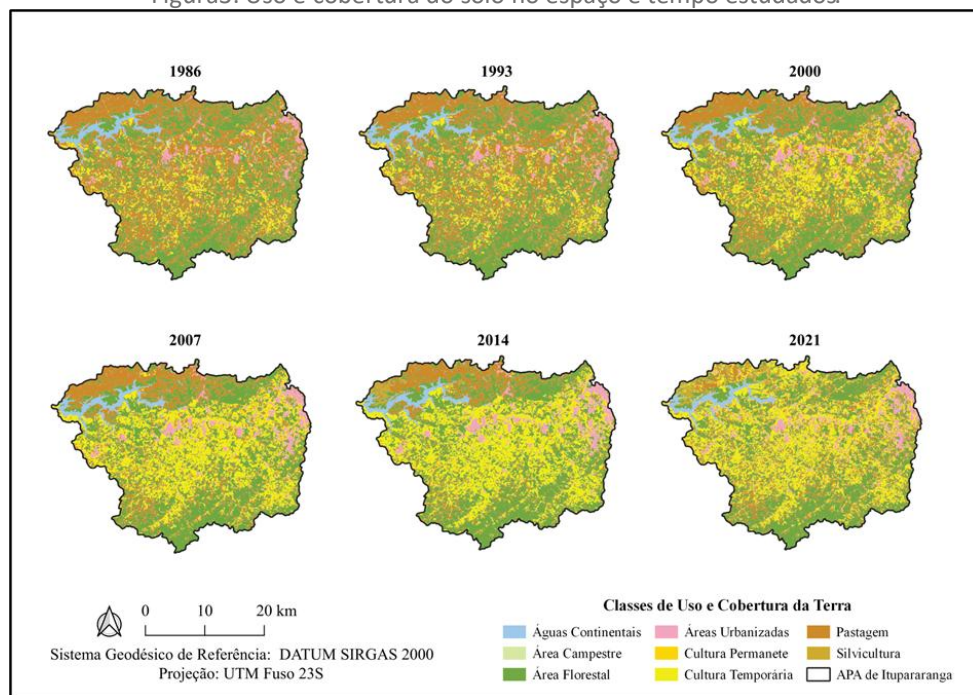
Na análise dos dados de área ocupada por cada classe de UCT ao longo dos anos, observou-se uma tendência de diminuição nas áreas de águas continentais, área campestre e pastagem enquanto houve um aumento nas áreas urbanizadas, silvicultura e de culturas temporárias (Figura 3). Destaca-se também a estabilidade nas áreas de florestas e culturas permanentes ao longo do período analisado. É possível observar uma conversão de áreas naturais para usos urbanos e agrícolas.

Desde 1986 até 2021, as classes de áreas urbanizadas e área campestre mostraram um aumento consistente na TS, especialmente acentuado após o ano 2000, destacando-se com valores mais altos em comparação com outras classes de UCT. As classes de águas continentais e área florestal apresentaram variações ao longo dos anos. As áreas urbanizadas e culturas temporárias consistentemente registraram as temperaturas mais elevadas, enquanto em 1993 houve uma diminuição geral de temperatura devido a fenômenos climáticos, embora áreas urbanas e culturas temporárias tenham mantido temperaturas altas.

A partir de 2000, temperaturas aumentaram significativamente, especialmente nas áreas urbanas e agrícolas. Em 2021, todas as classes mostraram um aumento significativo na temperatura, com destaque para áreas campestres, urbanas e agrícolas. A expansão das áreas urbanizadas e culturas agrícolas, juntamente com a diminuição das áreas de águas continentais, está relacionada à impermeabilização do solo e ao uso intensivo da terra, reduzindo a capacidade de absorção de água da chuva e aumentando o escoamento superficial (RAHMAN

et.al., 2022). Além disso, há consequentemente um aumento da demanda por água para abastecimento humano, irrigação agrícola e outros usos diversos, influenciando na redução da disponibilidade de água e na manutenção desses ecossistemas aquáticos (ARAÚJO et al.,2014).

Figura3: Uso e cobertura do solo no espaço e tempo estudados.



Fonte: Dados obtidos com o Mapbiomas, 2023.

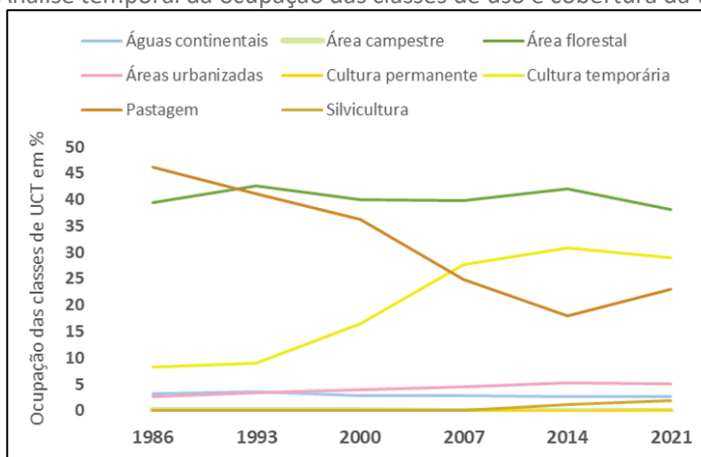
Elaboração: Autor, 2024.

A área ocupada por águas continentais mostra uma tendência de diminuição ao longo dos anos, indicando possíveis processos de redução de corpos d'água. A área campestre também apresenta uma diminuição, embora em uma escala menor. As florestas mostram flutuações ao longo dos anos, mas sem uma tendência clara de aumento ou diminuição, dado importante visto que desempenham um papel fundamental na regulação do clima, conservação da biodiversidade e fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais. As áreas urbanizadas apresentam um aumento contínuo ao longo dos anos, refletindo o processo de urbanização e expansão das áreas urbanas.

A área ocupada por culturas permanentes é mínima ao longo de toda a série temporal, indicando uma baixa prevalência desse tipo de uso do solo na região. As culturas temporárias mostram um aumento significativo nos primeiros anos da série, seguido por uma estabilização e, posteriormente, uma leve redução. Essas áreas são frequentemente destinadas à produção agrícola sazonal, como o cultivo de grãos. A pastagem apresenta uma diminuição significativa ao longo dos anos, indicando uma possível conversão para outros usos do solo ou mudanças nas práticas de manejo. A silvicultura mostra flutuações ao longo dos anos, com um aumento gradual nos últimos anos.

Nos anos recentes, as temperaturas têm aumentado, com maior variabilidade indicada pelo desvio padrão crescente, sugerindo uma maior variabilidade climática ao longo do tempo. As classes de áreas urbanizadas, culturas agrícolas e áreas campestres em declínio são as principais contribuintes para esse aumento de temperatura na APA de Itapararanga (Figura 4).

Figura 4: Análise temporal da ocupação das classes de uso e cobertura da terra em %.

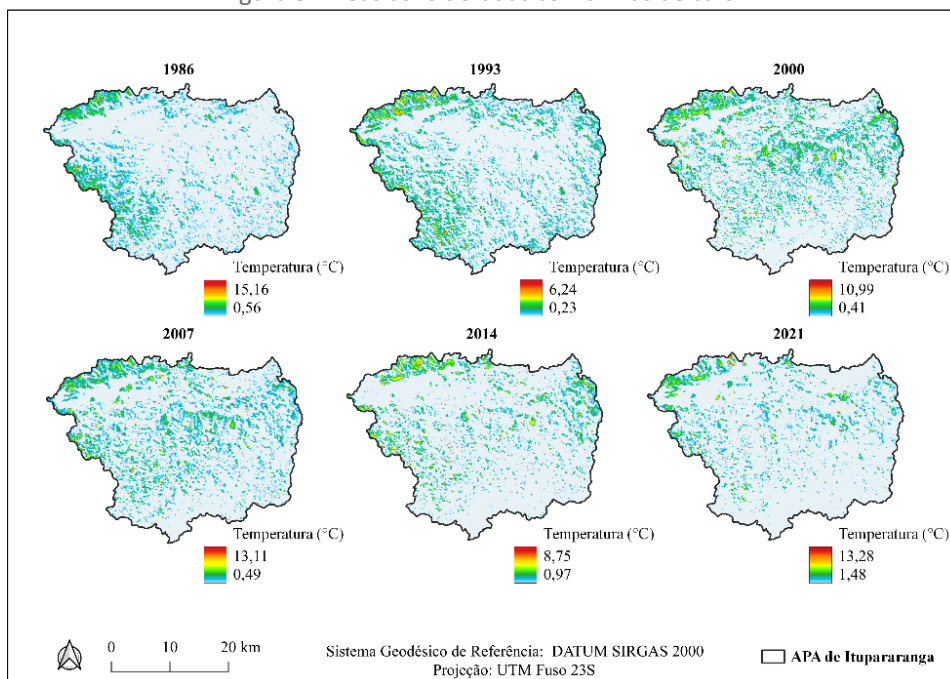


Fonte: Dados obtidos com o Mapbiomas, 2023.
Elaboração: Autor, 2024.

Ilhas de calor

Para a identificação das áreas denominadas aqui como ilhas de calor, foram consideradas a diferença de temperaturas que ultrapassaram a média das imagens como ilhas de calor, analisando a relação com cada UCT, destacando as classes com as maiores temperaturas e as variações que ocorrem ao longo do tempo (Figura 5). As áreas urbanizadas variam de 3,59°C a 10,99°C, em 2000, atingiram sua temperatura mais alta neste período, antes de diminuir nos anos seguintes. A pastagem tende a registrar temperaturas mais altas, enquanto as áreas florestais e as águas continentais geralmente têm temperaturas mais baixas.

Figura 5: Áreas consideradas como ilhas de calor.



Fonte: Dados obtidos com o USGS e Mapbiomas (2023), calculados no software QGIS.

Elaboração: Autor, 2024.

Analisando os dados (Quadro 1), verifica-se que a pastagem apresenta consistentemente as temperaturas mais altas ao longo dos anos, com valores acima de 10°C em todos os anos. A cultura temporária também registra temperaturas consideravelmente altas, especialmente em 1993, 2007, 2014 e 2021, com valores superiores a 10°C em cada um desses anos e a classe de áreas urbanizadas apresenta temperaturas elevadas, principalmente em 2000 e 2007, com valores próximos ou acima de 10°C.

Observa-se uma redução significativa nas temperaturas de culturas permanentes em 2007 e 2014, chegando a zero em 2014, porém com um pico em 2021, enquanto a cultura temporária apresenta flutuações ao longo dos anos, também com um pico notável em 2014 e 2021. As classes de área campestre e silvicultura apresentam um aumento acentuado em 2021 e as classes de águas continentais e florestal mantêm uma relativa estabilidade, mas sem grandes variações.

Áreas de pastagem e cultivo temporário mostram altas temperaturas acima da média devido a práticas agrícolas intensivas e exposição solar. Áreas urbanizadas também registram calor devido à impermeabilização do solo. Florestas e corpos d'água mantêm temperaturas estáveis devido à regulação ambiental. De 1986 a 2007, houve redução na área afetada por altas temperaturas, mas em 2014 e 2021 os valores aumentaram novamente, exigindo monitoramento contínuo das mudanças climáticas e do uso da terra.

Quadro 1: Valores de temperatura superficial acima da média anual.

CLASSES	1986	1993	2000	2007	2014	2021
Águas continentais	5,10	3,15	3,78	7,72	3,40	3,35
Área campestre	0,65	0,32	2,08	2,00	1,56	5,10
Área florestal	11,44	5,33	7,62	8,95	5,78	7,08
Áreas urbanizadas	8,51	3,59	10,99	8,14	8,06	7,47
Cultura permanente	8,82	3,53	6,61	2,04	0,00	4,67
Cultura temporária	10,61	4,90	3,78	10,22	8,75	12,23
Pastagem	15,15	6,23	9,89	13,11	8,25	13,28
Silvicultura	6,33	1,27	7,15	6,00	5,60	8,42

Fonte: Dados obtidos com o USGS e Mapbiomas (2023), calculados no software QGIS.

Elaboração: Autor, 2024.

Quando estimada a área em que obteve-se TS acima da média anual, observamos que houve uma variação ao longo do período de estudo, diminuindo de 45,953 km² em 1986 para 42,878 km² em 2021. A redução na extensão dos locais afetados pode ser significativa em relação à área total da região de estudo, que abrange 936,51 km². Em 1986, a parcela dos locais com temperaturas acima da média anual representava aproximadamente 4,91% da extensão total da área investigada, enquanto em 2021, essa proporção diminuiu para cerca de 4,58%. Porém, o menor valor encontrado foi em 2007 e desde então houve novamente um aumento registrado em 2014 e 2021.

Ao longo do tempo, houve redução nas áreas com temperaturas elevadas, indicando mudanças nos padrões climáticos e de uso da terra. Essa diminuição sugere uma resposta dinâmica das paisagens locais às mudanças climáticas, mas recentemente observou-se um aumento, possivelmente indicando uma nova tendência.

Quadro 2: Área em km² das regiões consideradas como ilhas de calor.

ANO	ÁREA (km ²)
1986	45,953
1993	44,208
2000	42,208
2007	41,670
2014	42,548
2021	42,878

Fonte: Dados obtidos com o USGS e Mapbiomas (2023), calculados no software QGIS.
Elaboração: Autor, 2024.

Os dados zonais das ilhas de calor na APA de Itupararanga, com base no Plano de Manejo, mostram como diferentes zonas são afetadas pelo aumento de temperatura ao longo dos anos (Quadro 3). As zonas definidas pelo plano são: ZCRH = Zona de Conservação de Recursos Hídricos; ZCB = Zona de Conservação da Biodiversidade; ZOD = Zona de Ocupação Diversificada; ZOR = Zona de Ocupação Rural; ZOC = Zona de Ocupação Consolidada (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

Quadro 3: Estatística zonal das ilhas de calor x zoneamento da APA de Itupararanga.

ANO	VALOR	ZCRH	ZCB	ZOD	ZOR	ZOC
1986	Média	0,75	0,64	0,41	0,95	0,64
	Máxima	10,61	9,34	11,44	15,15	12,69
	Desvio Padrão	1,25	0,99	0,78	1,48	1,16
1993	Média	0,41	0,46	0,34	0,46	0,43
	Máxima	6,23	5,80	4,49	5,78	5,35
	Desvio Padrão	0,64	0,64	0,52	0,74	0,61
2000	Média	0,66	0,20	0,83	0,92	2,22
	Máxima	9,89	7,72	8,47	9,88	10,99
	Desvio Padrão	1,16	0,62	1,14	1,32	1,46
2007	Média	0,73	0,27	0,71	0,99	1,77
	Máxima	13,11	7,68	7,72	10,20	7,31
	Desvio Padrão	1,20	0,73	0,99	1,35	1,25
2014	Média	0,55	0,16	0,92	0,73	1,50
	Máxima	8,75	5,12	7,09	8,04	8,06
	Desvio Padrão	0,96	0,49	1,02	1,12	1,21
2021	Média	0,76	0,17	0,86	0,97	1,58
	Máxima	12,65	7,53	7,53	13,28	7,27
	Desvio Padrão	1,25	0,61	1,10	1,44	1,14

Fonte: Dados obtidos com o USGS e Mapbiomas (2023), calculados no software QGIS na versão 3.28.11.
Elaboração: Autor, 2024.

A Zona de Ocupação Rural (ZOR) registra aumento nas temperaturas ao longo dos anos, com altos valores máximos que mostram sua vulnerabilidade aos extremos de calor, e alto desvio padrão, indicando variabilidade climática. A Zona de Ocupação Diversificada (ZOD) tem temperaturas mais baixas e valores máximos moderados, com desvio padrão baixo, evidenciando estabilidade climática. A Zona de Conservação dos Recursos Hídricos (ZCRH) apresenta variações significativas na

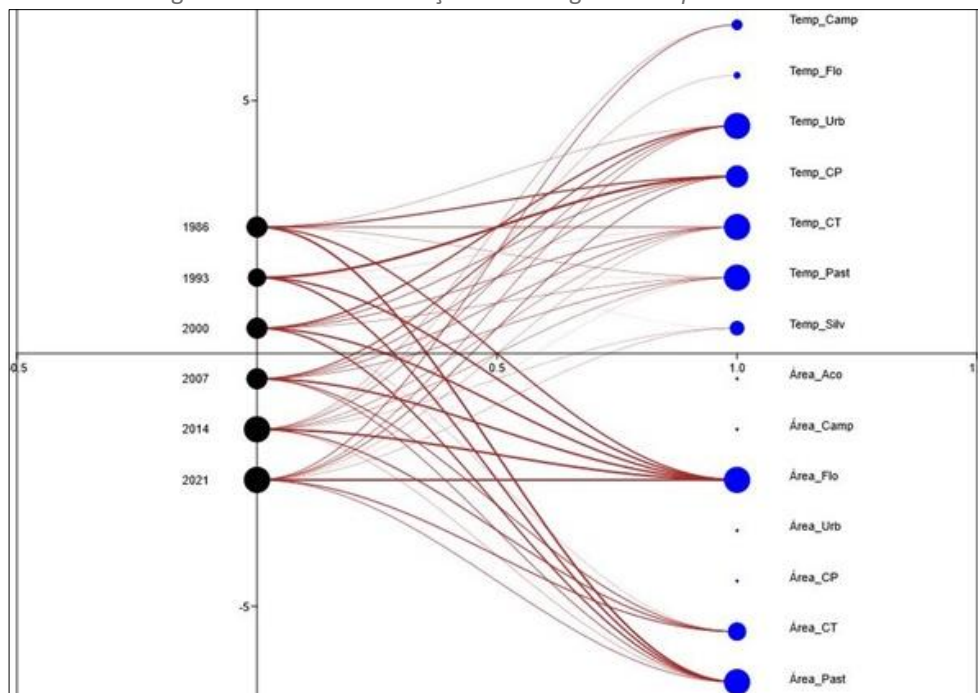
temperatura média, destacando a sensibilidade climática dos recursos hídricos, com altos valores máximos afetando a qualidade da água e desvio padrão moderado.

A Zona de Conservação da Biodiversidade (ZCB) influencia diretamente as espécies locais com temperatura estável, mas enfrenta desafios que exigem gestão adaptativa para promover a resiliência biológica. A Zona de Ocupação Consolidada (ZOC) mostra aumento significativo na temperatura desde os anos 2000, devido à intensificação das atividades urbanas, destacando a necessidade de abordagens integradas para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover sustentabilidade na região.

Análises estatísticas

Para a análise estatística no software PAST 4.09 o índice de similaridade utilizado foi o de correlação juntamente com o algoritmo Bipartite Linear gerando um gráfico de rede (Figura 6), ferramenta que permite entender como esses fatores interagem e quais têm mais influência em cada ano. Podemos observar que as variáveis mais influentes foram as de Temperatura de Urbana, Temperatura de Culturas Temporárias, Temperatura de Pastagem, Área Florestal, Área de Cultura Temporária, e Área de Pastagem.

Figura 6: Índice de correlação com o algoritmo *Bipartite Linear*.

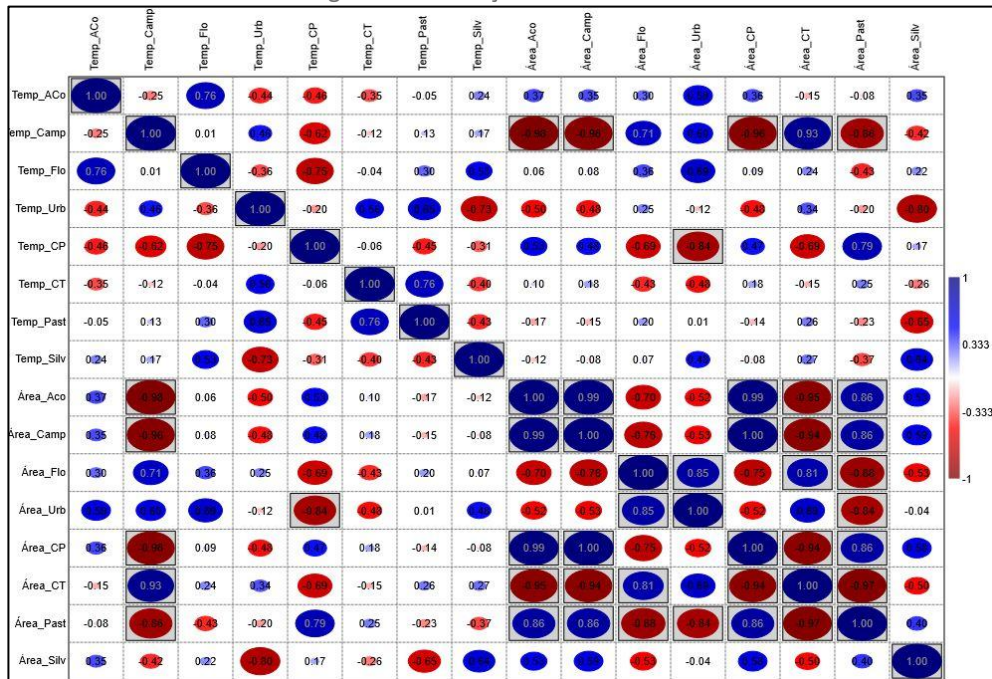


Fonte: Dados obtidos com o software PAST 4.09, 2024.

Elaboração: Autor, 2024.

Para a correlação dos dados, as variáveis selecionadas foram: a temperatura e a área de cada classe de UCT para todos os anos. O cálculo estatístico foi o de correlação Linear r (Pearson) com significância de $p < 0,05$. As correlações mais significativas tanto positivas quanto negativas estão nas caixas destacadas na Figura 7.

Figura 7: Correlação das variáveis.



Fonte: Dados obtidos com o software PAST 4.09, 2024.
Elaboração: Autor, 2024.

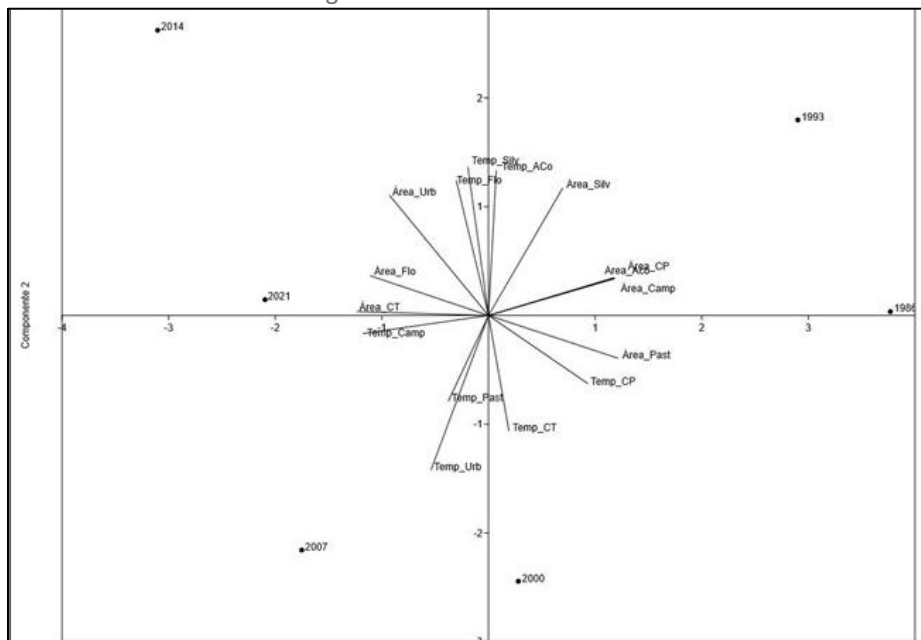
Podemos observar há uma correlação negativa forte (-0.98), indicando que à medida que a Temperatura Campestre aumenta, a extensão das Áreas Continentais tende a diminuir. Isso pode ser interpretado como um efeito do aquecimento localizado influenciando a disponibilidade ou distribuição do Reservatório de Itapararanga. Além disso, a Temperatura Campestre também possui uma forte correlação positiva (0.93) com a Área de Cultura Temporária, apontando que o aumento desse uso do solo tem uma grande influência no aumento de temperatura.

A Temperatura Campestre mostra correlação negativa com Águas Continentais e Área Campestre (-0.98 e -0.96, respectivamente), reduzindo as áreas dessas classes à medida que a temperatura aumenta. Correlaciona-se positivamente com Cultura Temporária que só aumenta. A Temperatura de Cultura Permanente varia, com queda em 2007 e ausência em 2014, enquanto Área Urbanizada cresce. Águas Continentais correlaciona-se positivamente com Área Campestre, Cultura Permanente e Pastagem, todas diminuindo. Área Florestal mantém-se constante, com correlações positivas com Urbanizada e Cultura Temporária, e negativa com Pastagem.

Através da análise multivariada, o resultado da correlação dos componentes 1 e 2 foi de 75,7 % representado na Figura 8. É possível observar os anos mais influenciados pelas variáveis em questão. O eixo do quadrante positivo contendo os anos de 1986 e 1993 mostra que a área de Silvicultura foi a que mais influenciou o ano de 1993 enquanto as áreas de Culturas Permanentes, Áreas Campestre e de Águas Continentais se correlacionam fortemente com o ano de 1986.

Já no ano 2000 as temperaturas das Culturas Permanentes e Temporárias, bem como as áreas de Pastagem tiveram maior influência. O eixo do quadrante negativo evidência que o ano de 2007 foi fortemente influenciado pela temperatura das Áreas Urbanizadas e pela temperatura da Pastagem. No mesmo cenário de correlação negativa, o ano de 2021 teve uma forte influência da Área Florestal e das Culturas Temporárias. Por fim, o ano de 2014 foi o mais distinto devido ao valor zero referente a Culturas Permanentes, sendo considerado como um *outlier*.

Figura 8: Análise Multivariada.



Fonte: Dados obtidos com o software PAST 4.09, 2024.
Elaboração: Autor, 2024.

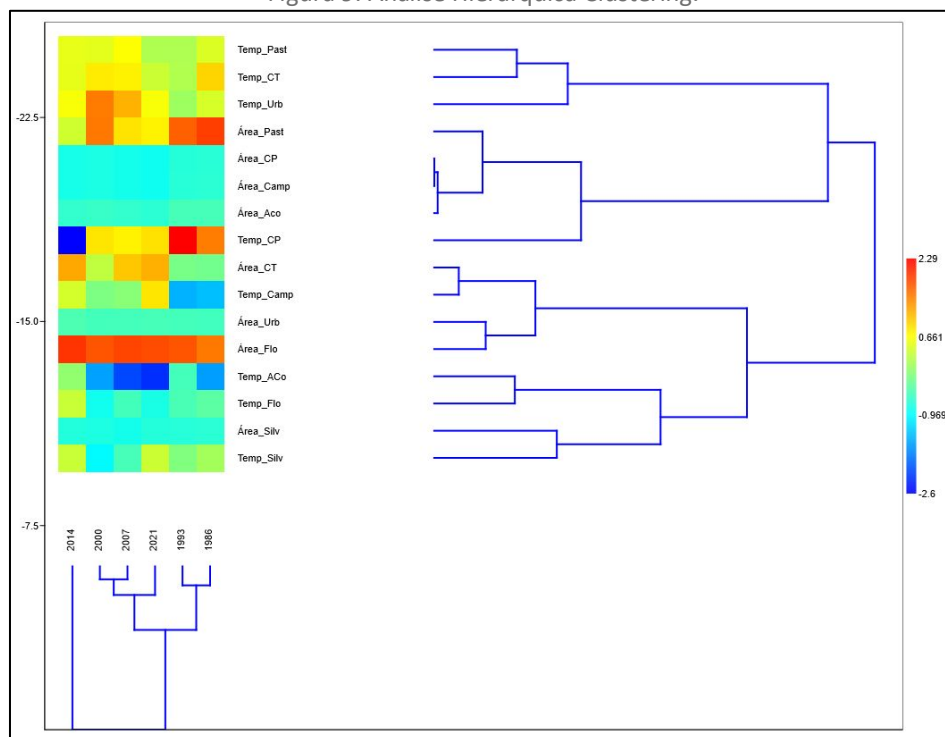
Considerando a observação de que os anos de 2000, 2007 e 2021 se mostram mais similares entre si e diferentes dos anos de 1993 e 1986, podemos perceber como essa similaridade se reflete nos dados de temperatura e área das diferentes classes de uso do solo na APA de Itapararanga ao longo desses períodos (Figura 9). Entre 1986 e 1993, houve uma predominância significativa de áreas florestais e pastagens na região, com proporções estáveis e mudanças sutis nas áreas urbanizadas e cultivos temporários. No entanto, a partir de 2000, observa-se um aumento acentuado nas áreas urbanizadas, indicando um crescimento acelerado da urbanização. Esse padrão continua em 2007 e se intensifica em 2021, refletindo uma tendência consistente de expansão urbana ao longo desses anos.

As áreas campestres e florestais, por outro lado, diminuíram gradualmente em extensão desde 1986, sugerindo uma conversão desses terrenos para outros usos, como urbanização e agricultura intensiva. As culturas permanentes e temporárias, embora tenham mostrado variações significativas, com aumento notável até 2007 e estabilização posterior, também contribuíram para a transformação do cenário de uso da terra na região.

Assim, os anos de 2000, 2007 e 2021 compartilham padrões semelhantes de expansão urbana e mudanças significativas no uso da terra, enquanto os anos de 1993 e 1986 representam períodos anteriores com características distintas, marcados por uma paisagem mais dominada por áreas naturais como florestas e

pastagens. As análises estatísticas da APA de Itupararanga revelam padrões complexos de temperatura com implicações para a gestão ambiental.

Figura 9: Análise Hierárquica Clustering.



Fonte: Dados obtidos com o software PAST 4.09, 2024.

Elaboração: Autor, 2024.

O aumento de temperatura em zonas como a Ocupação Rural e Consolidada indica maior exposição a extremos de calor, agravados pelas ilhas de calor urbanas. A correlação negativa entre Temperatura Campestre e Áreas Continentais (-0.98) destaca o impacto do aquecimento localizado, afetando a biodiversidade e a segurança hídrica do Reservatório de Itupararanga. A forte correlação positiva com Cultura Temporária (0.93) sublinha o papel das práticas agrícolas no aquecimento local, reforçando a necessidade de gestão sustentável do solo. Essas ações são fundamentais para mitigar as mudanças climáticas e cumprir ODSs como Ação Climática e Água Limpa, apesar dos desafios existentes.

A qualidade ambiental das águas da Represa de Itupararanga está em declínio devido ao uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes químicos devido ao avanço das atividades agrícolas e ao despejo de esgoto doméstico sem tratamento adequado. O crescimento urbano também contribui para a perda de áreas vegetadas, ainda que em menor escala (CHINAQUE, 2017).

De acordo com Bernadi et al. (2020), após examinar as interações entre os Planos Diretores Municipais (PDMs) e o Plano de Manejo (PM) na APA de Itupararanga, constatou-se que a coordenação das ferramentas de gestão territorial ainda apresenta desafios significativos. A análise revelou que aproximadamente 20% da área da APA e seu respectivo zoneamento estão em conflito com as disposições dos Planos Diretores.

A maioria desses conflitos está associada a restrições de uso mais rigorosas no PM em comparação aos PDMs. Em alguns casos, no entanto, ocorre o oposto, onde os PDMs impõem restrições mais severas do que as estabelecidas pelo PM.

Entre todos os municípios examinados, apenas Piedade não apresenta conflitos de zoneamento, enquanto os demais possuem pelo menos uma área de discordância identificada.

O estudo elaborado por Harkot et.al (2023), identificou diversos conflitos socioambientais nas margens da represa Itupararanga. Estes incluem disputas pelo controle dos recursos naturais relacionadas ao planejamento urbano, questões sociais e jurídicas. Também foram observados conflitos decorrentes dos impactos ambientais e sociais provocados pela ação humana e natural, como a contaminação ambiental, degradação dos ecossistemas e o risco de esgotamento dos recursos naturais. Além disso, há conflitos relacionados ao uso de conhecimentos ambientais e às percepções de risco na região. Em um contexto mais amplo, esses dados reforçam a necessidade e colaboração entre governos, organizações da sociedade civil e o setor privado para promover um desenvolvimento econômico e social inclusivo e resiliente as mudanças do clima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados na APA de Itupararanga indicam uma preocupante diminuição das áreas de águas continentais, com um aumento correspondente das áreas urbanizadas e agrícolas, o que está diretamente ligado ao fenômeno das ilhas de calor. Essas mudanças podem ter consequências negativas para os ecossistemas locais. A pesquisa revelou mudanças significativas na APA de Itupararanga entre 1986 e 2021, com expansão urbana crescente nos anos de 2000, 2007 e 2021.

As análises estatísticas revelam uma correlação negativa significativa (-0.98), indicando que o aumento da Temperatura Campestre está associado à redução da extensão das Áreas Continentais. Isso sugere um efeito do aquecimento localizado que pode afetar a disponibilidade hídrica do Reservatório de Itupararanga. Além disso, a Temperatura Campestre mostra uma correlação positiva forte (0.93) com a Área de Cultura Temporária, destacando o impacto significativo do aumento desse uso do solo no aumento da temperatura local.

Sob uma perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), esses resultados não são apenas diagnósticos técnicos, mas ferramentas que podem subsidiar uma gestão territorial mais justa e participativa. Ao demonstrar quantitativamente os impactos de determinados usos do solo, o estudo fornece evidências que podem fortalecer a formulação de políticas públicas e a tomada de decisão por parte de gestores e da própria comunidade. A identificação de zonas mais vulneráveis ao aquecimento, como a Zona de Ocupação Rural (ZOR) e a Zona de Ocupação Consolidada (ZOC), permite direcionar ações de mitigação e adaptação de forma mais precisa.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam contribuir com as políticas de gestão ambiental e planejamento territorial da APA de Itupararanga, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para promover a conservação dos recursos naturais e à adaptação às mudanças climáticas, visto que nessa unidade de conservação encontra-se o importante Reservatório de Itupararanga, utilizado para abastecimento público de água.

Spatio-Temporal Analysis of surface Temperature and its Relationship with Land use and Coverage in the Itupararanga APA

ABSTRACT

Global climate change challenges the environmental balance, affecting the availability of natural resources. This study investigates the impacts of urbanization, agricultural expansion and climate change in the Itupararanga APA, focusing on heat islands and water availability. Using remote sensing, especially Landsat satellites (1986-2021), and QGIS software for image analysis, the research analyzes spatio-temporal changes in land use. Results reveal significant correlations: a negative one (-0.98) between Countryside Temperature and Continental Areas, indicating impacts on the local reservoir; and a strong positive (0.93) with the Temporary Culture Area, showing the increase in temperature due to the expansion of this land use. Contributes to adaptation and mitigation strategies aligned with the UN SDGs, aiming for environmental and social sustainability in the region for future generations.

KEYWORDS: Surface Temperature. Remote sensing. Heat Islands. Spatial Analysis.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ryan; ROCHA, Marcelo. Agrupamentos gerenciais em unidades de conservação: uma análise sobre a implementação dos Núcleos de Gestão Integrada do ICMBio no Rio de Janeiro. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 62, p. 298-324, 2024.

AMORIM, M.C.C.T; DUBREUIL, V; CARDOSO, R.S. Modelagem espacial de ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, n. 08, p. 29-45, 2015.

ARANTES, L. T.; SANTOS, A. P.; SILVA, C. V.; NERY, L. M.; TOLEDO, M. V. L.; SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Socioeconomic Spatial Analysis through Fuzzy System as a Tool for Territorial Planning Applied to Watersheds. **International Journal of River Basin Management**, v. 1, p. 1-17, 2024.

ARAÚJO, R. S. G., BEZERRA, B. G. F., & FARIAS, C. H. C. Água e desenvolvimento no semiárido brasileiro: análise das políticas públicas para o abastecimento humano e a irrigação. **Revista de Administração Pública**, 48 (3), 669-692, 2014.

BALBINOT, L. C.; PEREIRA, L. C.; MATUS, G. N.; SILVA, D. C. C.; NNADI, E. O.; TONELLO, K. C. **Linking Vegetation Indices and Land Tenure to Assess Passive Restoration Dynamics in the Brazilian Cerrado**. **Land Use Policy**, v.158, p. 107760, 2025.

BERNADI, I. et. al. Análise comparativa das ferramentas de gestão: Plano de Manejo da APA Itupararanga e os Planos Diretores Municipais. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 72-87, 2020.

CASATTI, L., LANGEANI, F., SILVA, A. M., & CASTRO, R. M. C. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 66(2b), 681–696, 2006.

CAVALCANTI, I. F. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. **Climanálise Especial**, 1996.

CHINAQUE, Fernanda. **Avaliação da efetividade de gestão das áreas de proteção ambiental: o caso da APA de Itupararanga**. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, p. 98. 2017.

DISSANAYAKE et al. **Impact of Urban Surface Characteristics and Socio-Economic Variables on the Spatial Variation of Land Surface Temperature in Lagos City, Nigeria.** Sustainability 2019, 11, 25.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de Manejo da APA de Itupararanga.** São Paulo. 2010. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-apa-itupararanga/>. Acesso em: 10 de maio de 2024.

HARKOT, O. A. M. G.; RUIZ, M. S.; SHIBAO, F. Y.; DOS SANTOS, M. R. Conflitos socioambientais relacionados ao uso do solo em torno da Represa Itupararanga, Ibiúna, SP. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 13273–13294, 2023.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.** Geneva: IPCC, 2018.

IPCC. **Mudanças Climáticas 2023: Relatório Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.** Equipe Central de Redação, H. Lee e J. Romero (eds.). Genebra, Suíça: IPCC, 2023. 184 pp. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

MANFREDINI, F.N. **Aplicação da legislação ambiental na valoração econômica dos serviços ambientais da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga.** 210f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista - Instituto de Ciência e Tecnologia Campus de Sorocaba, Sorocaba, 2018.

MARTIN, N. **Risk Assessment of Future Climate and Land Use/Land Cover Change Impacts on Water Resources.** Hydrology 2021a, 8, 38.

MARTIN, N. **Watershed-Scale, Probabilistic Risk Assessment of Water Resources Impacts from Climate Change.** Water 2021b, 13, 40.

MARTINS, Alécio; ROSA, Roberto. **Procedimentos metodológicos para estimativa de variáveis relacionadas ao balanço de energia no sistema terra-atmosfera – uma revisão de literatura.** Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente - SP, n. 41, v. 1, p. 100-119, jan.-jun. 2019.

MENSAH, J. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. **Cogent Social Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1-21, 2019.

MENZORI, I. D.; SOUSA, I. C. N.; GONÇALVES, L. M. Urban growth management and territorial governance approaches: A master plans conformance analysis. **Land Use Policy**, v. 105, p. 105436, 2021.

MIRZAEI, Parham. Recent challenges in modeling of urban heat island. **Sustainable Cities and Society**, v. 19, p. 200–206, 2015.

MOLAJOU, Amir et. al. A new paradigm of water, food, and energy nexus. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 30, p. 107487–107497, fev. 2021.

MOREIRA, E.B.M; NOBREGA, R.S. **Identificação do fenômeno ilhas de calor na área urbana do Recife-PE, através do canal infravermelho termal do satélite landsat 5**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, 2011.

NERY, L. M.; TONIOLO, B. P.; SANTOS, A. P.; MARTINS, A. C. G.; SILVA, D. C. C. Challenge of political integration in the territorial management of a protected area based on the analysis of land use and land cover change. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, p. 1-16, 2024.

O Projeto. **MapBiomás Brasil**, 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 – Ação conta a mudança global do clima. **Nações Unidas Brasil**, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 6 – Água Potável e Saneamento. **Nações Unidas Brasil**, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

OLIVEIRA, R. A.; NERY, L. M.; SIMONETTI, V. C.; SANTOS, A. P.; MARTINS, A. C. G.; SILVA, D. C. C. Financial expenditure as a criterion for choosing the most appropriate method for ecological corridor implementation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 97, p. e20231177, 2025.

OZKAYA, G.; TIMOR, M.; ERDIN, C. Science, technology and innovation policy indicators and comparisons of countries through a hybrid model of data mining and MCDM methods. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 694, 2021.

POLETT, F. B.; SANTOS, A. P.; PAULA, A. L.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Lógica Fuzzy Aplicada ao Planejamento Sustentável do Uso da Terra em Bacia Hidrográfica com Base em Indicadores Locais de Aptidão. **Entorno Geografico**, v. 30, p. e20214851, 2025.

RAHMAN, N. et.al. Impact of Urbanization on Urban Heat Island Intensity in Major Districts of Bangladesh Using Remote Sensing and Geo-Spatial Tools. **Climate**, 10 (1), 3, 2022.

RIZZO, F. A.; SACRAMENTO, B. H.; TONELLO, P. S.; SILVA, D. C. C. Proposta metodológica de identificação de áreas prioritárias para recuperação da bacia hidrográfica do córrego Pequiá (MA). **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, p. 33-54, 2023.

SALES, J. C. A.; ARANTES, L. T.; NERY, L. M.; SANTOS, A. P.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Análise espacial do carreamento de sedimentos por área de contribuição de afluentes sem cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Una. **GEOFOCUS**, v. 34, p. 45-62, 2024.

SANTOS, A. P.; ARENAS, L. A. O.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Análisis bibliométrico de la utilización de herramientas de SIG en escenarios de deslizamiento de tierra en Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 74, p. 415-441, 2025a.

SANTOS, C. A. P. S.; SÁ, Á. K. G.; CÂNDIDO, P. P. V.; SANTOS, A. C.; SANTOS, C. A. B.; BONFIM, F. R. Tecnologias sociais e o desenvolvimento territorial do semiárido cearense. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 21, n. 64, p.75 - 98, 2025.

SILVA, J. L. B.; COSTA, F. R. Diagnóstico Ambiental da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB: aplicação de geotecnologias e indicadores ambientais. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 21, n. 65, p.304-331, 2025

SILVA, N. V. C.; SILVA, L. L. G.; GUEDES, M. J. F.; LIMA, D. F.; CAMPOS, T. M. C. M.; FERNANDES, R. T. V.; SOUZA JÚNIOR, A. M. Processo participativo para construção dos Objetivos de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 21, n. 65, p.35-59, 2025.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. **Geosul**, v.

34, n. 72, p. 01-27, 2019a. doi: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Correlação espacial compartimentada dos padrões de drenagem com características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, p. 1134-1154, 2022.

SIMONETTI, V.C; SILVA, D.C.C; FREITAS, N.P; ROSA, A.H. Análise espacial da fragilidade ambiental a partir do relevo da APA Itupararanga (SP). **Revista Hipótese**, Itapetininga – SP, v. 5, n. 1, 2019b, p. 272-289.

SWADES, P; ZIAUL, S. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban center. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, 20 (1), p. 125-145, 2017.

TEIXEIRA, D.; AMORIM, M. Multicriteria Spatial Modeling: Methodological Contribution to the Analysis of Atmospheric and Surface Heat Islands in Presidente Prudente, Brazil. **Climate**, 10, 56, 2022.

TOLEDO, M. V. L.; LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C. Estudio de los usos del suelo para evaluación de áreas elegibles en proyectos MDL. **Cuadernos De Investigacion Geografica**, v. 50, p. 1-20, 2024.

TONIOLO, B. P.; NERY, L. M.; SILVA, D. C. C. Modelagem espacial para identificação de áreas potenciais à geração de poluição difusa na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia - SP. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, p. e20220207, 2024.

TRINDADE, P.M.P; SALDANHA, D.J; FILHO, W.P. Utilização do infravermelho termal na análise espaço temporal da temperatura de superfície e ilhas de calor urbanas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais, 2017, p. 837-855.

UN. United Nations. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 17 de out. 2021.

Recebido: 20/06/2024
Aprovado: 24/09/2025
DOI: 10.3895/rts.v22n68.18736

Como citar:

MENDES, Amanda Letícia de Meneses; NERY, Liliâne Moreira; MOURA, Anderson Trindade de; SIMONETTI, Vanessa Cezar; SILVA, Darllan Collins da Cunha e. Análise Espaço-Temporal da Temperatura de Superfície e sua Relação com uso e Cobertura da Terra na APA e Itupararanga. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 22, n. 68, p.45-67, jan./mar, 2026. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/18736>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

