



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Variação da temperatura superficial na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT, Brasil

Sophia Leitão Pastorello de Paiva¹, Jesã Pereira Kreitlow², Luis Philippe de Arruda Lima³, Sérgio Roberto de Paulo⁴, Sandra Mara Alves da Silva Neves⁵, Denilton Carlos Gaio⁶

¹ Mestre em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), membro do grupo de pesquisa em Sensoriamento Remoto, Pesquisa e Ensino de Geografia (SERPEGEO) da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat/Campus Cáceres). (65 993288387). sophiapastorello@gmail.com (autor correspondente). ² Doutorando em Ciências Ambientais pela Unemat, membro do grupo de pesquisa SERPEGEO-Unemat/Campus Cáceres. kreitlow.jesa@unemat.br. ³ Doutor em Física Ambiental (UFMT), Técnico em Assuntos Educacionais na UFMT. luisphilippe@fisica.ufmt.br. ⁴ Doutor em Ciências, docente no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT). sergioufimt@gmail.com. ⁵ Doutora em Geografia, docente na graduação e na pós-graduação *stricto sensu* em Geografia e Ciências Ambientais (Unemat), Líder do grupo de pesquisa SERPEGEO- Unemat/Campus Cáceres. ssneves@unemat.br. ⁶ Doutor em Física Ambiental (UFMT), docente no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT). dcgaio@fisica.ufmt.br.

Artigo recebido em 11/07/2023 e aceito em 08/02/2024

RESUMO

Os distintos usos da terra e fitofisionomias vegetais apresentam diferentes temperaturas superficiais. O objetivo deste trabalho é investigar a variação da temperatura superficial nas fitofisionomias de cobertura vegetal e usos da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT, no início e final da estação seca, do período de 1990 a 2020. Para obter os dados de cobertura vegetal e usos da terra nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, foram classificadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Para gerar os dados de temperatura superficial, foram utilizadas as bandas de infravermelho termal de imagens dos satélites Landsat 5 e 8, expressando os valores de radiância do solo em temperaturas na escala Celsius. A significância da diferença da temperatura média das classes de vegetação e uso da terra foi aferida via teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn, testados com nível de significância de 5%. A maior temperatura média superficial ocorreu nas pastagens, alcançando 41,71°C. Em contraste, a Floresta Estacional Sempre Verde Aluvial com dossel emergente apresentou temperatura média superficial de 38,91°C. Entre 1990 e 2000 foi identificado aumento das pastagens, inclusive em Áreas de Preservação Permanente, o que impactou a temperatura superficial média da bacia. Esses resultados corroboram que classes com maior cobertura vegetal apresentam temperaturas médias de superfície mais baixas do que aquelas com menor vegetação. Portanto, é essencial que as atividades antrópicas realizadas na bacia sejam orientadas pelas autoridades públicas, afim de promover a adoção de boas práticas de uso da terra.

Palavras-chave: cobertura vegetal, dinâmica espaço-temporal, Geotecnologias; sensoriamento remoto.

Variation in surface temperature in the Córrego Piraputanga River Basin/MT, Brazil

ABSTRACT

The different land uses and plant phytophysiognomies have different surface temperatures. The objective of this work is to investigate the surface temperature variation in vegetation cover phytophysiognomies and land uses in the Córrego Piraputanga Watershed/MT, at the beginning and end of the dry season from 1990 to 2020. To obtain data on vegetation cover and land use in the years 1990, 2000, 2010 and 2020, images from the Landsat 5 and 8 satellites were classified. To generate surface temperature data, the thermal infrared bands from images of the Landsat 5 and 8 satellites, expressing soil radiance values in temperatures on the Celsius scale. The significance of the mean temperature difference between vegetation and land use classes was assessed using the Kruskal-Wallis test and Dunn's post-test, tested at a significance level of 5%. The highest average surface temperature was recorded in the pastures, reaching 41.71 °C. In contrast, the Evergreen Alluvial Seasonal Forest with emergent canopy had an average surface temperature of 38.91 °C. Between 1990 and 2000, an increase in pastures was identified, including in Permanent Preservation Areas, which impacted the average surface temperature of the basin. These results corroborate that classes with greater vegetation cover have lower average surface temperatures than those with less vegetation. Therefore, it is essential that the anthropic activities carried out in the basin are guided by the public authorities, in order to promote the adoption of good land use practices.

Keywords: vegetation cover, space-time dynamics, Geotechnologies; remote sensing.

Introdução

A supressão da vegetação natural para inserção das monoculturas, pastagens e áreas urbanas vem transformando a superfície terrestre (Stephens et al., 2019; Ellis et al., 2021; Zalles et al., 2021), implicando em mudanças nos processos climáticos, visto que diferentes coberturas vegetais resultam na ocorrência de temperaturas superficiais do solo diferentes, causando alterações tanto em áreas urbanas como em áreas rurais (Guilherme et al., 2020; Kafy et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Gohain et al., 2021; Soares et al., 2022; Silveira et al., 2023; de Souza Pereira et al., 2024).

A crescente degradação dos componentes naturais das paisagens demanda da sociedade providências urgentes, visando a sua conservação e recuperação. No caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga (BHCP), situada no município de Cáceres, a supressão de vegetação, principalmente nos vales, alcançando porções da Área de Preservação Permanente (APP) hídrica, torna-a vulnerável à poluição dos rios e do lençol freático, assoreamentos, ressecamento de leitos, alteração de elementos climáticos, como aumento da temperatura do ar e do solo e aumento de ventos (Caioni et al., 2017a; Ramos et al., 2018).

Com base na literatura que versa sobre os casos de alteração da cobertura da terra de bacias hidrográficas e sua relação com a alteração da temperatura superficial solo (Hung et al., 2006; Klemp, 2015; Caioni et al., 2017b; Caioni et al., 2018; de Souza Moraes et al., 2022), parte-se do princípio de que as alterações espaço-temporais da paisagem da BHCP, derivadas de alguns usos da terra, como a pecuária, provocaram a substituição da cobertura vegetal natural, o que possivelmente implicou no aumento da temperatura superficial do solo.

Fenômenos como aquecimento global e mudanças climáticas regionais são compreendidos a partir de estudos, a exemplo daqueles que investigam a Temperatura Superficial do Solo (TSS) e sua relação com outros parâmetros, por exemplo, os tipos de usos da terra (Nejad et al., 2019; Guilherme et al., 2020; de Souza Pereira et al., 2024). A TSS é resultado da troca de energia eletromagnética entre o solo e a atmosfera (Ayoade, 1996).

De toda a energia do Sol que atinge o topo da atmosfera, em média apenas 51% chegam à superfície, e aproximadamente 46% da energia que incide sobre a atmosfera é absorvida pela superfície terrestre (Tubelis e Nascimento, 1988). Porém, tal porcentagem varia de acordo com as propriedades da superfície na qual as ondas incidem. Pesquisas

têm apontado a dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra como principal causa da alteração da TSS, devido às maiores temperaturas serem encontradas em áreas desmatadas, quando comparadas com áreas de vegetação natural conservada (Kafy et al., 2020; de Souza Moraes et al., 2022).

Emami et al. (2016) apontaram a temperatura da superfície da Terra como um dos parâmetros-chave em uma ampla gama de estudos geocientíficos e ambientais, assinalando a possibilidade de monitoramento por sensoriamento remoto das variações espaço-temporais de temperatura em grandes áreas. A estimativa remota da TSS tem sido uma importante ferramenta no monitoramento da dinâmica dos recursos do planeta Terra e na compreensão dos processos climáticos e ecológicos, possibilitando antecipação de perturbações ambientais e eficiência no gerenciamento desses recursos (Schollaert et al., 2019; Hendges et al., 2020).

Ao atingir a Terra, a radiação eletromagnética solar interage com os objetos, que são chamados de alvos. Os alvos possuem diferentes propriedades, resultando em diferentes padrões de absorção, reflexão e transmissão das ondas eletromagnéticas e a partir desse padrão é possível identificar os diferentes tipos de alvos da superfície terrestre (Retallack, 1977).

Emami et al. (2016) relataram a eficiência dos sensores infravermelhos dos satélites orbitais Landsat 5 e 8, dado as suas medidas de temperatura terem precisão comparável às obtidas *in situ*, o que foi corroborado por outras pesquisas (Hendges et al., 2020; Moradi & Darant, 2022; Karbalaee, 2023), trazendo robustez aos dados espaciais gerados via Sistema de Informação Geográfica e imagens de satélite, nesta pesquisa.

Entre os anos de 1960 e 1970, o governo federal estimulou o avanço do processo de colonização na região Centro-Oeste por meio de políticas de expansão da fronteira agrícola. A implantação de rodovias, como a MT-126, contribuiu para a aceleração da substituição da vegetação natural dos biomas Cerrado e Pantanal por pastagens (Souza & Sousa, 2014). Na municipalidade de Cáceres, próximo à área urbana, a ocupação ocorreu por meio de chácaras, sendo que a área do baixo curso da BHCP começou a ser utilizada como pasto natural, para criação extensiva de gado durante o período da estiagem (Da Silva Andrade et al., 2013).

Atualmente, Cáceres desempenha a função de polo regional nas áreas de saúde, educação superior e prestação de serviços, sendo que a atividade base de sua economia é a pecuária. A forma desordenada de ocupação e uso da terra da

região sudoeste do estado de Mato Grosso, em que a BHCP está inserida, se deu por meio do desmatamento da vegetação natural para a instalação de pastagens e de lavouras, originando áreas com alto grau de degradação (Nunes et al., 2012). Os relatórios de 2019 a 2022 sobre desmatamento no Brasil têm indicado que mais de 99% do desmatamento ocorre de forma ilegal, sendo importante detectar sua ocorrência a fim de identificar padrões e tendências de uso da terra (MapBiomas, 2023).

As bacias hidrográficas são unidades geográficas utilizadas na gestão e planejamento de corpos hídricos brasileiros, considerando que deve, para a gestão efetiva, haver integração entre todos os aspectos da paisagem, ou seja, os seus componentes físicos, biológicos e antrópicos (OMM, 1992). Devido à importância socioeconômica da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga (BHCP) para a sociedade cacerense e dos municípios próximos, o Ministério Público Estadual de Mato Grosso (MPE/MT) tem realizado ações de monitoramento da qualidade da água e fiscalização das áreas de APP (Alcântara, 2019). Neste contexto, os dados gerados por esse estudo

contribuem para o arcabouço de dados e informações sobre a bacia, por apresentarem informações quanto à temperatura superficial média apresentada por diferentes coberturas vegetais e usos da terra.

Estudos da dinâmica espaço-temporal servem de ferramenta para compreender as mudanças físicas no ambiente, assim como suas causas, quer sejam naturais ou antrópicas (Oliveira Silva et al., 2021; Lorenzon et al., 2022).

Face ao exposto, o objetivo desta pesquisa é investigar a variação da Temperatura Superficial do Solo nas fitofisionomias de cobertura vegetal e usos da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT, no início e final da estação seca, do período de 1990 a 2020.

Material e métodos

Área de Estudo

A BHCP está localizada no município brasileiro de Cáceres, integrante da região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2017).

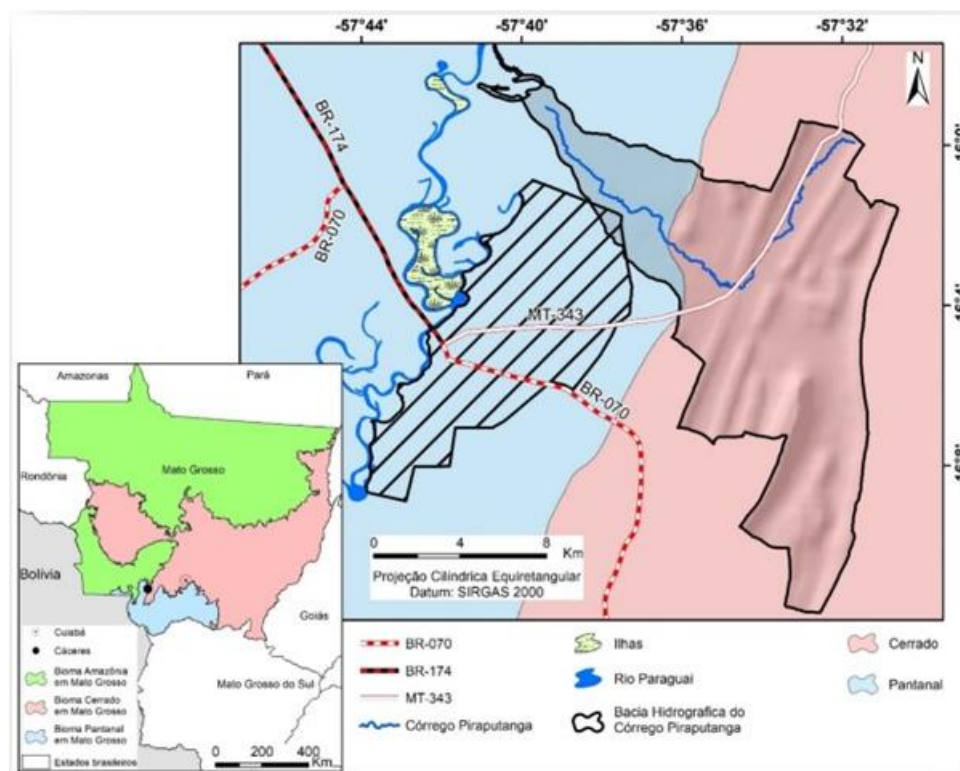


Figura 1. BHCP nos contextos estadual e dos biomas em Mato Grosso (posição inferior à esquerda) e urbano (à direita). Fonte: Rodrigues et al. (2021).

A bacia possui área de 161,40 km², situada entre as coordenadas geográficas 15° 57' e 16° 12' de latitude Sul e 57° 30' e 57° 42' de longitude Oeste. Cuja extensão territorial de 96,22%

encontra-se no bioma Cerrado e 3,78% no Pantanal (Rodrigues et al., 2021).

As nascentes do córrego situam-se na Serra da Piraputanga, que integra a Província Serrana, e sua foz está na Baía do Salobra, que deflui em uma planície de inundação, na margem esquerda do Rio Paraguai (Figura 1), que é o principal curso responsável pela inundação da planície pantaneira, que confere singularidade ao bioma Pantanal.

Procedimentos metodológicos

Geração de mapas temporal de cobertura vegetal e uso da terra

Para elaboração dos mapas espaço-temporal da cobertura vegetal e usos da terra da área de pesquisa, contemplando o início e final da estação seca, dos anos investigados, foram obtidas as imagens dos satélites Landsat-5, sensor TM

(*Thematic Mapper*) e Landsat-8, sensor OLI (*Operational Terra Imager*), (Tabela 1), disponíveis no catálogo de imagens do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2015), considerando para seleção das imagens, as que continham menor percentual de cobertura de nuvens.

As imagens foram trabalhadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 5.2.6 do INPE (Câmara et al., 1996). Foi criado um projeto com os seguintes parâmetros cartográficos: projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum Sirgas 2000, fuso 21S, retângulo envolvente Long 1 (57° 42' 00") e Long 2 (57° 30' 00") e Lat 1 (16° 12' 00") e Lat 2 (15° 57' 00").

Tabela 1. Dados das imagens utilizadas na geração dos mapeamentos de cobertura vegetal e uso da terra da BHCP.

Satélite	Data	Hora da captura		Elevação do Sol	Cobertura de nuvens
		Início	Final		
Landsat 5	21/05/1990	13:11:49	13:12:15	49.83917486	5
	14/04/2000	13:26:03	03:26:31	56.75406742	1
	26/04/2010	13:42:24	13:42:51	51.27144911	0
Landsat 8	05/04/2020	13:51:12	3:51:43	54.62986196	2,5

Fonte: os autores (2023).

As imagens do satélite Landsat 5, foram georreferenciadas no modo tela-a-tela, a partir da marcação de pontos de controle obtidos na imagem ortorretificada GeoCover, disponível gratuitamente no sítio da National Aeronautics and Space Administration (NASA). Esse processo não foi necessário para as imagens do satélite Landsat 8, pois são georreferenciadas. As imagens de ambos satélites possuem resolução espacial de 30m.

As bandas das imagens dos satélites Landsat 5 e 8 passaram por recorte pela máscara da área de estudo. As imagens recortadas pela área da bacia passaram pelas seguintes fases de processamento: segmentação (método de crescimento de regiões e classificador Bhattacharya), treinamento, classificação supervisionada e mapeamento para classes temáticas. Os limiares de similaridade e área utilizados para as imagens do Landsat 5 foram de 8 e 8, respectivamente, enquanto do Landsat 8 foram de 100 e 100. Esta diferença de parâmetro é devido

às resoluções radiométricas das imagens serem distintas.

Os parâmetros utilizados para interpretação dos objetos contidos na imagem foram os sugeridos por Florenzano (2002), os quais são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização geográfica. A elaboração dos layouts dos mapas e as quantificações das classes temáticas foram realizadas no SPRING.

Para definição das classes temáticas de cobertura vegetal e uso da terra foi utilizado o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2013), conforme consta na tabela 2.

A validação dos mapeamentos de cobertura vegetal e uso da terra anteriores a 2020, com intuito de sanar dúvidas derivadas da fase de classificação das classes ocorreu por meio de comparação visual de mapas gerados por órgãos públicos e do grupo de pesquisa Serpegeo da Unemat e o de 2020 por meio de trabalho de campo.

Tabela 2. Classes temáticas de cobertura vegetal e usos da terra da BHCP

Classes	Legendas
I - Floresta Estacional	F
Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial	Fa
Floresta estacional Sempre verde aluvial com dossel emergente	Fe
II - Savana (Cerrado)	S
Savana arborizada sem floresta-de-galeria	Sas
Savana parque sem floresta-de-galeria	SPs
III - Áreas Antrópicas	A
Agricultura	Ag
Pecuária (pastagem)	Ap
Florestamento/Reflorestamento	Re
Vegetação secundária sem Palmeiras	Vsp

Fonte: os autores (2023).

Estimativa da temperatura superficial das classes de cobertura vegetal e uso terra

Para geração dos dados de temperatura superficial demandou o uso das bandas infravermelho termal, com resolução de 120 m, geradas pelos satélites Landsat 5 e 8. Inicialmente foram obtidos os valores de radiância do solo que,

então, foram convertidos em temperaturas na escala Celsius.

Para calcular a emissividade da banda termal das imagens do Landsat 5 e 8 foi utilizado o método proposto pela USGS (2015) para as datas apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Informações das imagens do satélite Landsat 5 e 8, utilizadas no mapeamento da Temperatura Superficial do Solo da BHCP

Satélite/ Sensor	Data	Hora de aquisição		Cobertura de nuvens
		Início	Fim	
Landsat 5/ TM	21/05/1990	13:11:49	13:12:15	5
	10/09/1990	13:11:25	13:11:52	0
	14/04/2000	13:26:03	03:26:31	1
	05/09/2000	13:29:41	13:30:08	1
	26/04/2010	13:42:24	13:42:51	0
	31/07/2010	13:42:00	13:42:26	0
Landsat 8/ TIRS-OLI	05/04/2020	13:51:12	13:51:43	2,5
	12/09/2020	13:52:02	13:52:37	0

Fonte: os autores (2023).

O cálculo do valor da TSS em graus Celsius requer os dados de emissividade, informados nas bandas termal das imagens dos satélites Landsat 5 e 8 (Tabela 3), nos quais é aplicada a equação 1, disponibilizada no sítio do Serviço Geológico Americano (USGS, 2015):

$$L_{\lambda} = ML \times Q_{cal} + AL \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

L_{λ} : Radiância espectral no topo da atmosfera, em Watts por metro quadrado por esferorradiano por micrômetro,

ML: Fator multiplicativo de redimensionamento ($3,3420 \times 10^{-4}$ Watts por metro quadrado por esferorradiano por micrômetro). É o coeficiente de

ganho da banda espectral (constante fornecida nos metadados da imagem para cada banda espectral).

Q_{cal} : Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN
AL: Fator de redimensionamento aditivo específico (0,10000), também fornecido nos metadados da imagem para cada banda espectral.

Esta equação converte os valores digitais (Q_{cal}) capturados pelos sensores do satélite em medidas de radiância espectral. Q_{cal} representa a quantidade de energia captada pelo sensor, que é função da radiância espectral da superfície terrestre, da atmosfera e da geometria de iluminação e observação.

Os valores de radiância das bandas dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 foram expressos em temperatura (Equação 2), indicada nos trabalhos de Callejas et al. (2011), Coelho e Correa (2013),

Klemp (2015), Silva et al. (2016), Caioni et al. (2017b) e Santana et al. (2022):

$$T = \frac{k_2}{\ln \left(\frac{k_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \quad (\text{Equação 2})$$

A equação 2 descreve a Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera obtida pelos sensores

Tabela 4. Descrição das variáveis da Equação 2.

Eq.	Descrição	Landsat 5	Landsat 8
T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)	-	-
K ²	Constante de calibração 2	1260,56 (K)	1.321,08 (K)
K ¹	Constante de calibração 1	607,76 (K)	774,89 (K)
L _λ	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m ² sr μm)	Banda 6	banda 10

Fonte: os autores (2023).

A temperatura na escala kelvin (K) é convertida para Celsius (°C), conforme a expressão:

$$T_c = T_k - 273,15 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

T_c: Temperatura em graus Celsius
T_k: Temperatura em Kelvin

No ArcGis, versão 9.2 (Esri, 2007), os dados de cobertura vegetal e uso da terra de 1990, 2000, 2010 e 2020 foram combinados entre si, e as áreas, nas quais as classes de cobertura vegetal e uso da terra não foram alteradas ao longo do período analisado, foram recortadas e identificadas, como áreas de pixels iguais para cada classe.

A partir dos pixels puros realizou-se o processamento da TSS, identificando a temperatura média para o início e para o final do período seco e a média geral da temperatura superficial proveniente de cada classe.

Análise estatística

Os dados de temperatura média para o início e final do período seco foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS) e de Shapiro-Wilk (SW), ao nível de significância de 5%. O teste KS utiliza as funções de distribuição empírica para testar a normalidade, cuja estatística do teste é dada por:

$$D = \max |F_n(x) - F(x)|$$

Em que:

de Infravermelho Térmico do Landsat 8. Temperatura de brilho é a temperatura equivalente (em kelvin) de um corpo negro ideal com a mesma radiância espectral. As grandezas k₁ e k₂ são constantes de calibração específicas da banda térmica do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor), também fornecidos nos metadados da imagem. A Tabela 4 traz os valores para os satélites Landsat 5 e Landsat 8.

D é a estatística de teste Kolmogorov-Smirnov,

F_n(x) é a função de distribuição empírica da primeira amostra, e

F(x) é a função de distribuição empírica da segunda amostra

O teste de Shapiro-Wilk, cuja hipótese nula é de que os dados seguem distribuição normal, é baseado na estatística abaixo:

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

Em que:

n é o número de observações na amostra,

x_i são as observações ordenadas da menor para a maior,

a_i são constantes calculadas a partir dos valores esperados das ordenações sob a distribuição normal, e

$\bar{x}$ é a média das observações da amostra.

Confirmada a não normalidade dos dados (p-valor<0,05), as classes foram comparadas no mesmo período por meio do teste não paramétrico (H) de Kruskal-Wallis (nível de significância de 5%), que compara 3 ou mais amostras independentes e indica se há diferença em ao menos 2 grupos. A estatística do teste H é:

$$H = \left(\frac{12}{N(N-1)} \sum_{i=1}^g \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(N+1)$$

Em que:

N é o número total de observações em todos os grupos,

g é o número de grupos,
 R_i é a soma dos ranks para o i -ésimo grupo,
 n_i é o número de observações do i -ésimo grupo
 Em seguida, aplicou-se o pós-teste de Dunn (nível de significância de 5%) para comparações múltiplas entre os grupos, o que possibilitou a comparação em pares entre as classes. A estatística do teste para cada comparação é calculada usando a diferença entre os ranks médios dos dois grupos em questão, dividida pelo erro padrão dessa diferença.

Resultados e discussão

Na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga estão presentes quatro fitofisionomias de cobertura vegetal e quatro classes de uso da terra (Tabela 5). A cobertura vegetal natural ainda é predominante na área, sendo as maiores áreas recobertas pela Savana arborizada sem floresta-de-galeria, seguida da Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente, Floresta estacional semidecidual aluvial e Savana parque sem floresta-de-galeria.

A Pastagem é o uso predominante na bacia, contudo pode ser encontrada áreas de Agricultura Florestamento/Reflorestamento e de Vegetação secundária sem Palmeiras.

A Floresta estacional Semidecidual Aluvial agrupa fitofisionomias aluviais que ocorrem ao longo dos cursos hídricos (Oliveira Silva et al., 2021) e compõe a mata ciliar da bacia do médio curso até próximo à foz) sendo encontradas nas depressões pantaneiras margeando o Rio Paraguai e seus afluentes (IBGE, 2013).

Na foz da Bacia ocorre a Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente, onde o Rio principal da BHCP se encontra com o Rio Paraguai. Tal formação apresenta emergência de dossel, com árvores de 25

metros de altura, em média. “Este tipo de vegetação, que apresenta alto verdor no período de estiagem, ocorre no estado de Mato Grosso e se estende por toda a região da Bacia Sedimentar dos Parecis, parte das Depressões do Guaporé, do Paraguai, do Araguaia e do Planalto de Tapirapuã” (IBGE, 2013, p. 84).

Ambas as florestas estacionais ocorrem em área de mata ciliar, que, segundo o Código Florestal (Brasil, 2012), é definida como Área de Preservação Permanente proibindo a sua supressão. A APP hídrica da bacia compreende 6,7686 km² (4,21% da área total).

Em 1990, 28,02% de sua vegetação era substituída por pecuária. Já em 2020, esse percentual subiu para 44,22%, evidenciando o desenvolvimento da atividade pecuária como um fator de degradação das APP dos cursos hídricos, em especial das nascentes. Tal resultado aponta desacordo do uso da bacia com a Lei 12.65/2012 (BRASIL, 2012), que prevê que em cursos de 10 metros de largura deve-se ter no mínimo 30 metros de APP (Chaves et al., 2023). Ramos et al. (2018) analisaram as APP hídricas e de declividade, que totalizam 27,49% da bacia e das quais 23,18% estavam em desconformidade com a legislação ambiental.

Rodrigues et al. (2021) expuseram que tais usos da terra podem produzir erosão no solo das margens dos rios, assoreamento e até contaminação das águas. A conservação da vegetação, principalmente de mata ciliar, influencia na qualidade da água, diminuindo o escoamento superficial, amenizando a erosão e possibilitando a infiltração da água da chuva no solo Sartorio & Maier, 2024), além de que a vegetação captura carbono atmosférico durante o processo de fotossíntese, o que contribui na estabilidade da temperatura superficial da Terra (Caballero et al., 2022).

Tabela 5. Quantificação das classes cobertura vegetal e uso da terra na BHCP.

Classes	Área (km ²)							
	1990		2000		2010		2020	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial	3,39	2,11	3,75	2,33	2,18	1,36	2,22	1,38
Floresta estacional Sempre verde aluvial com dossel emergente	2,81	1,75	2,59	1,61	2,57	1,60	2,50	1,56
Savana arborizada sem floresta-de-galeria	109,54	68,29	94,13	58,68	93,88	58,53	94,60	58,96
Savana parque sem floresta-de-galeria	5,91	3,68	1,13	0,70	0,18	0,11	0,22	0,14
Agricultura	0,71	0,44	2,76	1,72	4,84	3,02	3,91	2,43
Pecuária (pastagem)	38,01	23,69	56,02	34,92	55,62	34,67	55,97	34,88
Florestamento/Reflorestamento	--	--	--	--	0,10	0,07	0,12	0,07
Vegetação secundária sem Palmeiras	--	--	--	--	0,97	0,60	0,82	0,53
Total	160,40	100	160,40	100	160,40	100	160,40	100

Fonte: os autores (2023).

A Savana arborizada sem floresta-de-galeria possui uma fitofisionomia constituída por um estrato graminóide contínuo e um estrato

arbustivo e arbóreo ralo, podendo conter espécimes de grande porte como pequizeiros e ipês (IBGE, 2013).

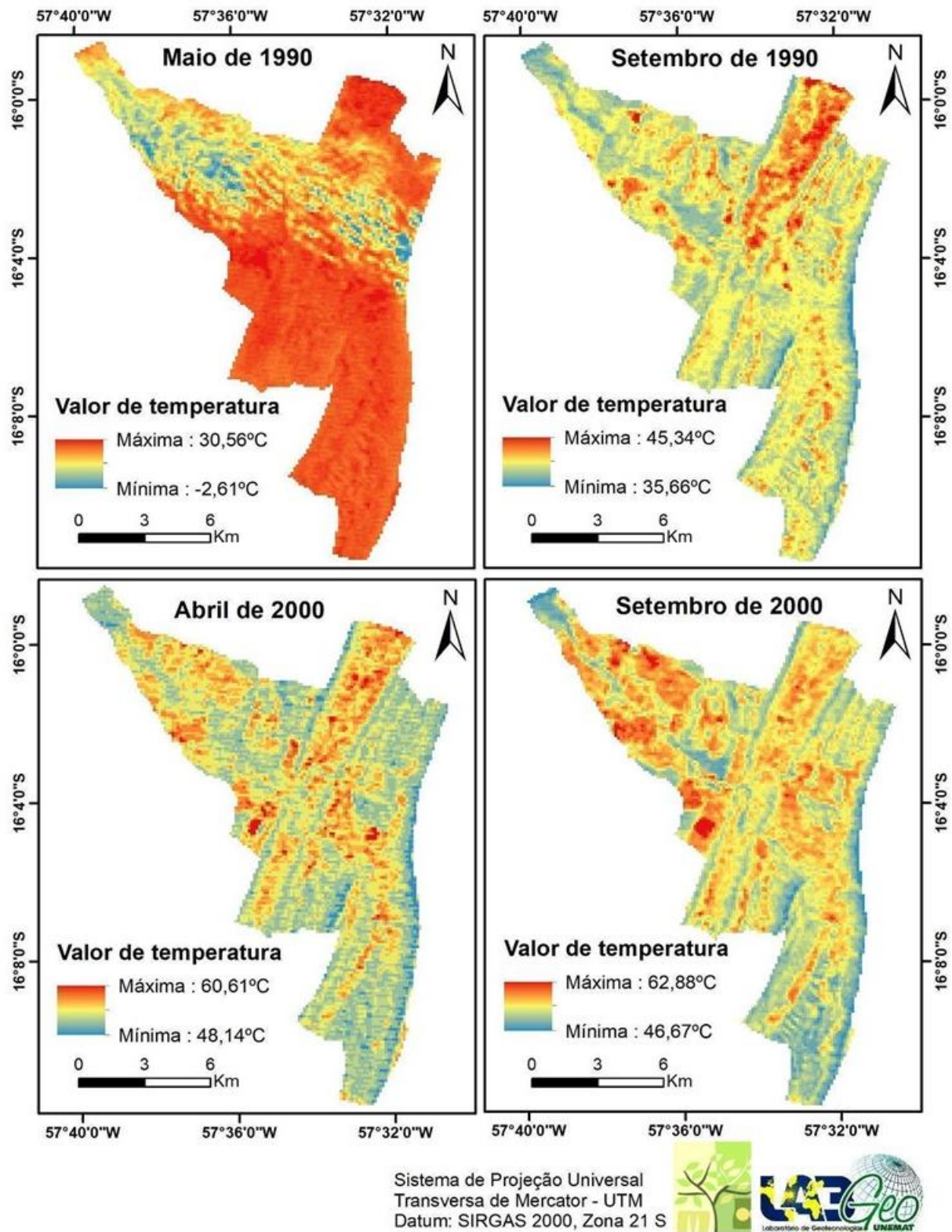


Figura 2. Temperatura Superficial do Solo da BHCP. Fonte: os autores (2023).

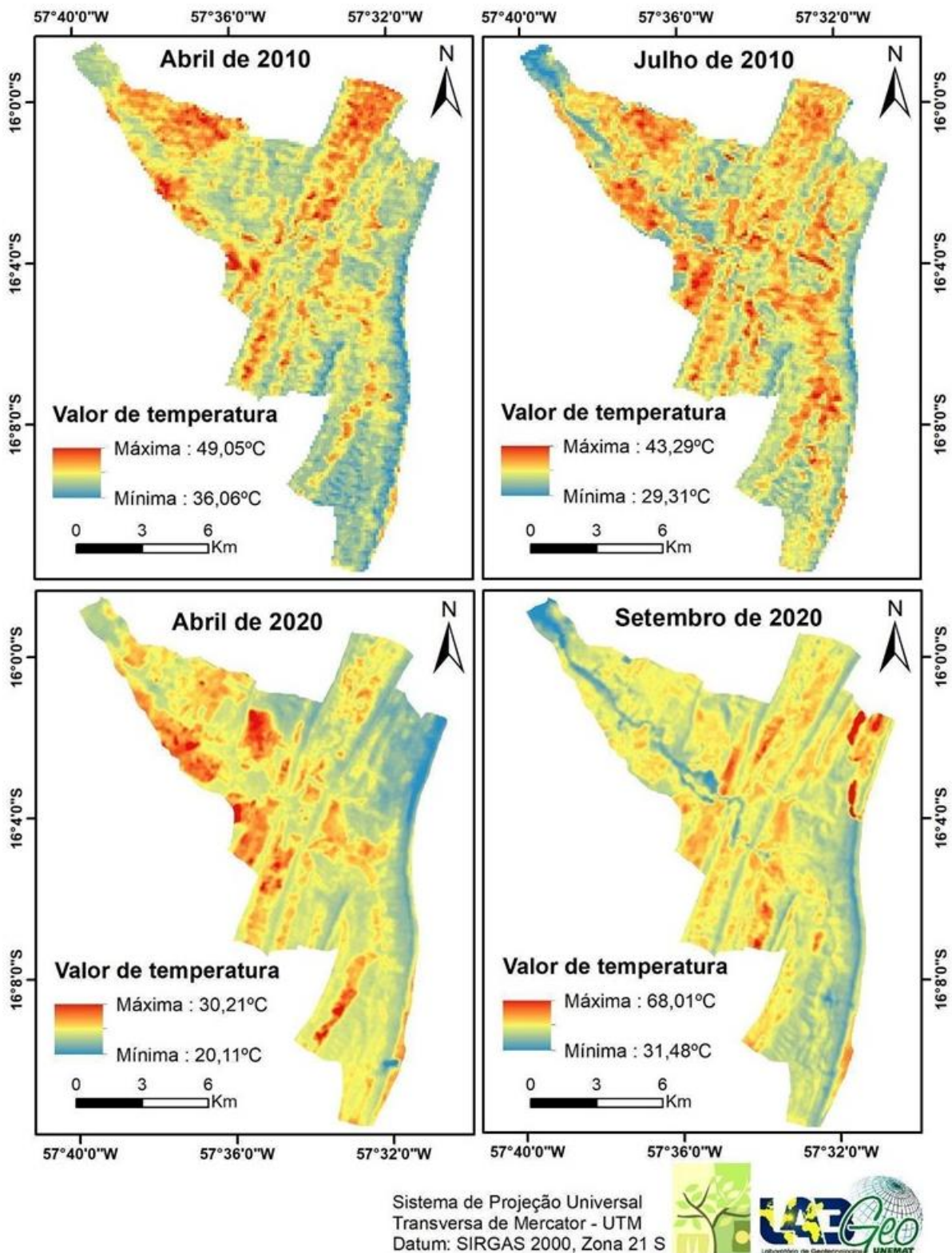


Figura 3. Temperatura Superficial do Solo da BHCP. Fonte: os autores (2023).

A Savana parque sem floresta-de-galeria é formada por um estrato graminóide contínuo e espécimes arbustivos e arbóreos dispostos de forma mais esparsa e isolada que na Savana arborizada sem floresta-de-galeria.

As Savanas são formações naturais que se adequam ao desenvolvimento de atividades

agropecuária, porém ao analisar a dinâmica da cobertura vegetal e usos da terra da bacia foi possível verificar que as Savanas foram as áreas de cobertura vegetal predominantemente convertidas em pastagem, entre 1990 e 2020, nos vales das serras da Província Serrana.

As menores TSS ocorreram nas áreas de relevo escarpado na bacia, constituídas pelas serras pertencentes a Província Serrana e nas Áreas de Preservação Permanente hídricas (APP), recoberta pela Floresta aluvial, que ocorrem ao longo dos cursos fluviais, conforme pode ser observado nas figuras 2 e 3, relativas a espacialização da TSS da BHCP do início e do final do período seco, dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

Os valores de temperatura destoantes podem ser explicados pelas condições meteorológicas locais no dia em que as imagens de satélite foram capturadas. Pode-se observar que em maio de 1990, houve áreas em que as temperaturas obtidas pelo satélite foram inferiores à 0° C devido

à presença de nuvens na região no momento da captura da imagem. Em setembro de 2020 houve partes da superfície da BHCP que apresentaram temperaturas de quase 70°C, devido à alteração de albedo causada pela queimada.

Na tabela 6 são apresentadas as médias da temperatura de cada classe de cobertura vegetal e uso da terra encontrados na bacia para cada uma das datas analisadas.

Devido a presença de nuvens na imagem de maio de 1990, a média da temperatura de cada classe do início do período seco de 1990 são discrepantes das demais, fato que pode ser atribuído às baixas temperaturas das áreas cobertas por nuvens, que alteraram o valor médio dos dados.

Tabela 6. Temperatura média Superficial Solo das classes cobertura vegetal e usos da terra do início e fim do período seco, nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 e a média em todas as datas.

Classes*	Área (km ²)	1990		2000		2010		2020		Média		Geral
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	
Fa	101,07	11,37	38,97	51,45	53,47	40,84	35,94	24,81	35,58	39,03	40,99	40,01
Fe	200,95	15,48	38,6	50,9	51,15	40,07	33,96	24,15	34,07	38,37	39,45	38,91
Sas	6645,89	18,94	39,75	51,45	52,99	40,53	37,01	24,76	53,64	38,91	43,25	41,08
Sps	10,6	19,21	39,93	51,77	54,98	42,03	36,18	24,22	36,51	39,34	41,9	40,62
Ag	58,76	21,35	38,32	50,79	49,5	40,24	36,24	24,31	37,79	38,44	40,46	39,45
Pe	2255,01	17,89	40,62	52,37	54,87	42,87	38,45	26,03	38,06	40,43	43,01	41,71

*Classes: **Fa** - Floresta estacional Semidecidual Aluvial; **Fe** - Floresta estacional Sempre verde aluvial com dossel emergente; **Sas** - Savana arborizada sem floresta-de-galeria; **Sps** - Savana parque sem floresta-de-galeria; **Ag** - Agricultura; **Pe** - Pecuária (pastagem); **Re** - Florestamento/Reflorestamento; **Vsp** - Vegetação secundária sem Palmeiras. A unidade de medida da área está em km² e das temperaturas está em °C. Fonte: os autores (2023).

A TSS da bacia apresentou a média total de 39,08 °C no início da estação seca e de 39,70 °C no final, evidenciando entre os dois períodos o aumento da temperatura média de 0,62 °C.

Diferença essa que pode ser explicada pela diferença de umidade presente no ambiente, visto que parte da energia solar que chega na atmosfera é transformada em calor latente pelos processos de evaporação e evapotranspiração e retornam para a atmosfera (Ayoade, 1996), de modo que a maior umidade presente no solo e na matéria vegetal está relacionada à uma menor energia térmica na superfície do solo (Santana et al., 2022).

Notavelmente, a maior temperatura média de superfície foi registrada em pastagens, chegando a 41,71°C. Em contraste, a Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente apresentou uma temperatura superficial média mais baixa de 38,91°C, quase 3°C menor que a temperatura nas pastagens. Esses resultados suportam a 37 ideia de que as classes com mais cobertura vegetal experimentam temperaturas

médias de superfície mais baixas do que aquelas com menos vegetação.

As classes de Floresta estacional apresentaram diferença de temperatura média entre início e fim do período seco de cerca de 1 °C, enquanto as classes de Savana e as de Uso da terra diferiram em aproximadamente 2°C, na média da temperatura entre os períodos. Tal fato pode ser atribuído às fitofisionomias de Savana possuírem menor densidade vegetal e a pastagem, principal uso da terra, recobrirem a maior parte da superfície do solo. Pois, na bacia as espécies de gramíneas e herbáceas, passam por um processo de secagem no período de seca maior do que espécies de maior porte (Gohain et al., 2021). A interação da matéria vegetal seca com a energia emitida pelo Sol resulta em maior TSS, seja pela ausência de processos de evaporação e evapotranspiração, ou seja, pela diferença do albedo entre a vegetação verde e seca (Wanderley et al., 2019).

Independentemente da diferença dos valores entre as temperaturas máxima e mínima

encontrados foi identificado que as menores temperaturas ocorreram em áreas predominantemente de vegetação mais adensada e próximas aos cursos hídricos, enquanto que em superfícies com vegetação menos espessa, como pastagem ou Savana (constituída por espécie semi-caducifólia ou caducifólia), as temperaturas apresentaram valores maiores. Tal padrão é consoante ao encontrado nos estudos de Klemp (2015), Silva et al. (2016), Caioni et al. (2018), Nejad et al. (2019), Caioni et al. (2021); Guilherme

et al., (2020) e de Souza Pereira et al. (2024) que atribuíram o fato à diferença de albedo entre diferentes tipos de vegetação, ao sombreamento que o dossel faz sobre o solo ou ainda à maior atividade fotossintética de áreas com vegetação mais densa.

Na figura 4 estão representadas as áreas da bacia que não tiveram a cobertura vegetal alterada ao longo do período analisado, portanto foi mantida o mesmo tipo de fitofisionomia de 1980 a 2020

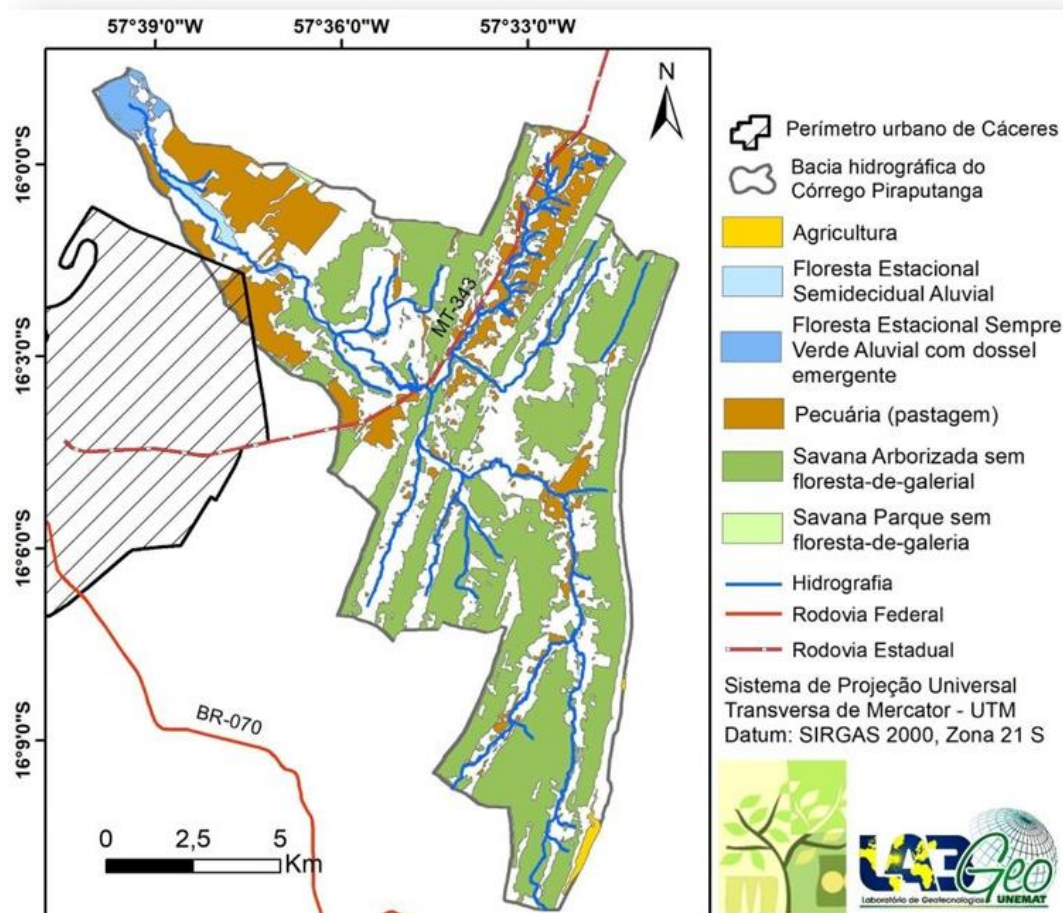


Figura 4. Áreas de cobertura vegetal e uso da terra da BHCP inalterados nos anos analisados. Fonte: os autores (2023).

As classes de Reflorestamento e de Vegetação secundária não constam no mapeamento, pois ocorreram na bacia a partir de 2000. As partes em branco no interior da bacia representam áreas em que ocorreram alteração no tipo de cobertura vegetal entre uma data e outra, impossibilitando a identificação da dinâmica da temperatura por classe de uso da terra e cobertura vegetal ao longo do tempo.

Ao testar a significância da diferença entre as temperaturas predominantes em cada classe de cobertura vegetal e uso da terra da área de estudo, pelo teste kruskal-Wallis, que foi utilizado devido a não normalidade confirmada para os dados pelos

testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, a um nível de significância de 5%, possibilitam afirmar que há diferença significativa de temperatura entre as classes. Ressalta-se que devido à presença de nuvens na bacia no momento da captura da imagem, em maio de 1990, os resultados estatísticos para essa data foram desconsiderados na análise dos resultados.

As classes de Reflorestamento e de Vegetação secundária não constam no mapeamento, pois ocorreram na bacia a partir de 2000. As partes em branco no interior da bacia representam áreas em que ocorreram alteração no tipo de cobertura vegetal entre uma data e outra,

impossibilitando a identificação da dinâmica da temperatura por classe de uso da terra e cobertura vegetal ao longo do tempo.

Ao testar a significância da diferença entre as temperaturas predominantes em cada classe de cobertura vegetal e uso da terra da área de estudo, pelo teste *kruskal-Wallis*, que foi utilizado devido a não normalidade confirmada para os dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, a um nível de significância de 5%, possibilitam afirmar que há diferença significativa de temperatura entre as classes. Ressalta-se que devido à presença de nuvens na bacia no momento da captura da imagem, em maio de 1990, os resultados estatísticos para essa data foram desconsiderados na análise dos resultados.

As classes de Reflorestamento e de Vegetação secundária não constam no mapeamento, pois ocorreram na bacia a partir de 2000. As partes em branco no interior da bacia representam áreas em que ocorreram alteração no tipo de cobertura vegetal entre uma data e outra, impossibilitando a identificação da dinâmica da temperatura por classe de uso da terra e cobertura vegetal ao longo do tempo.

Ao testar a significância da diferença entre as temperaturas predominantes em cada classe de cobertura vegetal e uso da terra da área de estudo, pelo teste *kruskal-Wallis*, que foi utilizado devido a não normalidade confirmada para os dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, a um nível de significância de 5%, possibilitam afirmar que há diferença significativa de temperatura entre as classes. Ressalta-se que devido à presença de nuvens na bacia no momento da captura da imagem, em maio de 1990, os resultados estatísticos para essa data foram desconsiderados na análise dos resultados.

A partir da significância da diferença entre as classes, gerada por meio dos pós-teste de *Dunn*, constatou-se que, por terem um *p*-valor menor que 0,05, algumas classes foram marcadamente diferentes entre si, ou seja, todos os resultados da tabela 7, cujo valor seja menor que 0,05, indicam diferença significativa de temperatura entre as classes.

Todas as combinações entre classes resultaram em pelo menos uma data com diferença significativa da temperatura superficial. As combinações entre classes que menos apresentaram diferenças significativas foram: Floresta estacional semidecidual aluvial e Savana arborizada sem floresta de galeria, quando comparadas com Savana parque sem floresta de galeria (Tabela 7).

A comparação estabelecida entre as classes Pastagem com a Floresta estacional semidecidual aluvial, Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente e a Savana arborizada sem floresta de galeria evidenciou a existência de diferença significativa nas sete combinações entre classes.

A classe Pecuária (pastagem) apresentou diferença significativa com a Agricultura em seis das sete combinações.

Uma maior temperatura na classe de Pecuária (pastagem) em relação à de cobertura vegetal é comumente encontrada e justificada pelo fato de que áreas de pastagem têm menor capacidade de refletância do que as áreas florestadas, devido a uma maior incidência de solo exposto, que é caracterizado pela ausência de cobertura vegetal e estar relacionado a uma maior absorção da radiação solar pelo solo (de Souza Moraes et al., 2022).

A atividade Pecuária, desenvolvida desde a ocupação pós-colonial da Bacia, apresentou crescimento na primeira década de análise e estabilizou nas duas seguintes, contribuindo para a transformação estrutural da paisagem devido à intensa redução e fragmentação da vegetação (Souza; Sousa, 2014). A expansão da atividade pecuária, no modelo atual de produção, depende do desmatamento de novas áreas (Oliveira Silva, 2021, Pilatti et al., 2022), como ocorreu na Bacia, cuja supressão de vegetação se deu em virtude da implementação de áreas de pastagem, principalmente, nas áreas recobertas pela Savana arborizada sem floresta-de-galeria.

Neves et al. (2014) e Ramos et al. (2018) haviam apontado uma tendência de substituição da vegetação natural por usos, que foram confirmadas por essa pesquisa, pois as Savanas, que possuem gramíneas naturais adequadas para o forrageio bovino (Rodrigues et al., 2021), são suprimidas para o plantio de pastagens exóticas, situação que causa modificação da paisagem. Tal procedimento não é essencial à produção pecuária na região e causa prejuízos ambientais, tais como perda de biodiversidade e deterioração do solo (Sartorio & Maier, 2024).

Neves et al. (2014) e Ramos et al. (2018) haviam apontado uma tendência de substituição da vegetação natural da Bacia hidrográfica do Córrego Piraputanga por usos. Rodrigues et al. (2021) também identificaram a substituição da vegetação natural por pastagem como principal pressão antrópica na bacia, resultando em um índice de transformação antrópica regular para a bacia como um todo, porém alto onde ocorrem atividades pecuárias.

Tabela 7. Comparação da Temperatura Superficial Solo média das classes da cobertura vegetal e uso da terra, no início e fim do período seco, nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

Classes do teste	1990		2000		2010		2020	
	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
1 - 2	0	0,662	0,187	0*	1	1	1	0*
1 - 3	0	1	1	0,053	1	0*	0,112	0*
1 - 4	0,004	0*	0*	0*	0*	0*	0*	1
1 - 5	0,279	0*	0,08*	0*	1	0,027	1	1
1 - 6	1	0,008*	0,152	0*	0,07	1	0,313	1
2 - 3	0	1	0,121	0*	0,117	0*	0,188	0,763
2 - 4	0	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
2 - 5	0	0*	1	0,473	1	0*	1	0*
2 - 6	0,009	0,251	1	0,188	0,737	1	0,433	1
3 - 4	0	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
3 - 5	0	0*	0,002*	0*	0,301	0*	0,019	0*
3 - 6	0,859	0,027*	0,126	0*	0,008*	0,083	1	0,455
4 - 5	0	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0,005*
4 - 6	1	1	1	1	1	0*	0*	0,761
5 - 6	1	1	1	0,012*	0,107	1	0,119	0,202

Legenda das classes dos testes: 1 Agricultura, 2 Floresta estacional semidecidual aluvial, 3 Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente, 4 Pecuária (Pastagem), 5 Savana arborizada sem floresta de galeria, 6 Savana parque sem floresta de galeria. A coluna do início de 1990 (destacada a coluna em cinza) foi desconsiderada na análise devido a presença de nuvens na imagem. (*) indicam os campos com diferença significativa (p -valor $<0,05$) entre as classes, conforme pós-teste de Dunn. Fonte: os autores (2023).

A pastagem apresentou semelhanças tanto com a Savana parque sem floresta de galeria quanto com a Savana arborizada sem floresta de galeria com relação à temperatura superficial do solo. Tal característica pode ser esclarecida por haver uma semelhança na densidade de matéria vegetal verde entre essas classes (Gohain et al., 2021).

Mildrexler et al. (2011) explicaram em uma comparação global de diferença de temperatura entre classes de vegetação, que as áreas com mais estratos vegetais apresentam maior rugosidade superficial, o que aumenta a superfície de contato da energia solar com o topo dos dosséis das árvores, aumentando também a condução de calor sensível e latente da superfície para a atmosfera, diminuindo a temperatura da superfície.

Ao comparar a Floresta estacional semidecidual aluvial com a Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente foi encontrada diferença significativa apenas no fim da seca de 2000 e 2010. A Savana arborizada sem floresta de galeria e a Savana parque sem floresta de galeria apresentaram diferença significativa apenas no fim da seca do ano 2000. O que pode explicar a ausência de diferença significativa entre essas classes para a maior parte das datas analisadas é a semelhança de densidade vegetacional que ocorre ao comparar florestas estacionais aluviais entre si e Savanas entre si (Mildrexler et al., 2011).

Neves et al. (2014) ressaltam ainda que os usos indevidos na bacia podem comprometer a produtividade a longo prazo, inclusive da produção agropecuária. Krenak (2019) por exemplo, evidencia que na cultura ocidentalizada, comumente, as formas atuais de uso da terra são justificadas como sendo necessárias à manutenção da economia, construindo junto à população a ideia equivocada de que a manutenção dos ecossistemas esteja dissociada do desenvolvimento social.

Porém, as evidências arqueológicas têm comprovado que a humanidade vem mudando os ecossistemas terrestres nos últimos 12.000 anos, porém com o processo de colonização europeia as formas tradicionais de uso da terra foram substituídas pela exploração da natureza, causando o imenso impacto ambiental negativo que vivemos hoje (Ellis et al., 2021).

A vista disso há necessidade urgente de medidas de fiscalização para conservação das APP e manejo das áreas degradadas, assim como propostas alternativas de produção que considerem a paisagem natural e sua dinâmica anual para um desenvolvimento econômico em consonância com as características ambientais da bacia.

Os conhecimentos tradicionais acerca de modos de produção que coadunam com a conservação ambiental são referências importantes no planejamento e execução de práticas de promoção um desenvolvimento social econômico e ambiental (Iriarte et al., 2020). Por isso é

importante a elaboração de estratégias de intervenção que considerem as evidências e propostas científicas e resgatem a sabedoria ancestral dos povos originários, os quais produzem comida não só em roçados mas também em meio à floresta (Maezumi et al., 2022) e que são, inclusive, capazes de restaurar a qualidade do solo (Muchane et al., 2020; Ellis et al., 2021, Gomes et al., 2021; Oliveira Silva et al., 2021).

Conclusão

Há um padrão na variação da TSS nas fitofisionomias de cobertura vegetal e usos da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT, pois nas classes com menor densidade de cobertura vegetal (Pastagem e Savanas), ocorrem temperaturas mais altas em comparação com as classes com maior densidade de vegetação (Floresta estacional semidecidual aluvial e Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente), indicando que a conservação da vegetação contribui para que as TSS sejam mais baixas.

Faz imperativa a implementação de medidas de salvaguarda e conservação da cobertura vegetal natural e da biodiversidade da área investigada.

Isso requer a orientação e participação ativa do poder público, para que seu desenvolvimento ocorra em consonância com a conservação da cobertura vegetal natural em Áreas de Preservação Permanente ou de vulnerabilidade ambiental, fomentando boas práticas no uso da terra, em atendimento ao preconizado na Constituição Brasileira, relativo ao direito das gerações presentes e futuras usufruírem de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT pelo apoio financeiro desta pesquisa.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão da bolsa de doutorado.

Referências

Alcântara, S. (2019, 23 de julho). Águas de balneários e cachoeira da Piraputanga estão impróprias para consumo e recreação. Cáceres notícias.
<https://www.caceresnoticias.com.br/cidade/aguas-de-balnearios-e-cachoeira-dapiraputanga-estao-improprias-para-consumo->

[erecreacao/652068?fb_comment_id=1902164603217253_19024932231843911](https://www.facebook.com/erecreacao/652068?fb_comment_id=1902164603217253_19024932231843911).

da Silva Andrade, L. N. P., dos Santos Leandro, G. R., & de Souza, C. A. (2013). Geoformas deposicionais e sedimentos de fundo na foz da baía Salobra confluência com o rio Paraguai Pantanal de Cáceres-Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(02), 253-270.
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbge/article/view/232949/26919>.

Ayoade, J. O. (1986). Introdução à climatologia para os trópicos. Bertrand Brasil.

Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (25 de maio de 2012). Institui o novo código florestal brasileiro. Constituição da República Federativa do Brasil.
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

Caballero, C. B., Ruhoff, A., & Biggs, T. (2022). Land use and land cover changes and their impacts on surface-atmosphere interactions in Brazil: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 808, 152134.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152134>.

Caioni, C. (2021). Dinâmica da temperatura superfície do perímetro urbano de Alta Floresta, Mato Grosso. *Agrarian Academy*, 8(15).
<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5280>.

Caioni, C., Neves, S. M., Caioni, S., Parente, T., & Rodrigues, B. (2017a). Uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente no município Alta Floresta, Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 14(25).
<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/927>.

Caioni, C., da Silva Neves, S. M. A., & Cochev, J. S. (2018). Análise da temperatura aparente dos elementos da paisagem da microbacia Pedra do Índio em Alta Floresta-MT. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, 39(1), 11-18.
<https://doi.org/10.5433/1679-0375.2018v39n1p11>.

Caioni, C., da Silva Neves, S. M. A., Junior, S. S., & Neves, R. J. (2017b). Análise multitemporal da temperatura superficial do município de Carlinda-Mato Grosso. *Boletim de Geografia*, 35(3), 26-40.
<https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v35i3.27779>.

Callejas, I. J. A., Durante, L. C., de Oliveira, A. S., & Nogueira, M. C. D. J. A. (2011). Uso do solo e temperatura superficial em área urbana (relation between land use and land cover and superficial temperature in urban

- areas). *Mercator*, 10(23), 207-223. <https://doi.org/10.4215/RM2011.1023.0015>.
- Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas, U. M., & Garrido, J. (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & graphics*, 20(3), 395-403. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8).
- Chaves, L. A., Neves, S. M. A. D. S., Pierangeli, M. A. P., Castrillon, S. K. I., & Kreitlow, J. P. (2023). Change in the protection regime of Permanent Preservation Areas in the 2012 Forest Code. *Ambiente & Sociedade*, 26, e02112. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190211r2vu2023L1OA>.
- Coelho, A. L. N., & Correa, W. D. S. C. (2013). Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 31-45. <https://revista.ufr.br/rga/article/view/2996/0>.
- de Souza Morais, A., José, J. V., Pereira, L. B., da Silva Barros, T. H., Leite, K. N., & Leite, H. M. F. (2022). Relação entre variáveis climáticas e o uso de cobertura do solo na Bacia hidrográfica do Alto Juruá. *Research, Society and Development*, 11(10), e259111032361-e259111032361. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32361>.
- de Souza Pereira, L., Angelini, L. P., de Morais Danelichen, V. H., & Fernando Gomes, L. (2024). Avaliação espaço-temporal da transformação do uso e ocupação da terra e seus impactos na temperatura da superfície em Rio Verde - GO. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 17(1), 494-507. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p494-507>.
- Ellis, E. C., Gauthier, N., Klein Goldewijk, K., Bliege Bird, R., Boivin, N., Díaz, S., ... & Watson, J. E. (2021). People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(17), e2023483118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023483118>.
- Emami, H., Mojaradi, B., & Safari, A. (2016). An alternative scaling method for cross-validation of land surface temperature from remote sensing data: A case study of Fars province. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 6(1), 1-17. https://www.researchgate.net/publication/292995967_An_Alternative_Scaling_Method_for_Cross-Validation_of_Land_Surface_Temperature_from_Remote_Sensing_Data_A_Case_Study_of_Fars_Province_arayh_rwshy_bray_arzyaby_dqt_w_atbarsnjy_dmay_sth_zmyn_hasl_az_dad.
- Esri. (2007). Software ArcGis. <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>.
- Ferreira, F. L., Pereira, E. B., & Labaki, L. C. (2020). Fatores associados à distribuição da temperatura das superfícies em áreas urbanas: zonas climáticas locais e características espectrais. *Ambiente Construído*, 21, 237-262. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100504>.
- Florenzano, T. G. (2002). Imagens de satélite para estudos ambientais (pp. 97-97).
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A. (2021). Assessing the impact of land use land cover changes on land surface temperature over Pune city, India. *Quaternary International*, 575, 259-269. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052>.
- Gomes, M. F., Vasconcelos, S. S., Viana-Junior, A. B., Costa, A. N. M., Barros, P. C., Ryohei Kato, O., & Castellani, D. C. (2021). Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. *Land Degradation & Development*, 32(15), 4313-4326. <https://doi.org/10.1002/ldr.4038>.
- Guilherme, A. P., Biudes, M. S., Mota, D. D. S., & Musis, C. R. D. (2020). Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. *Sociedade & Natureza*, 32, 515-525. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47462>.
- Hendges, E. R., Follador, F. A. C., & Andres, J. (2020). Correlation study between land use and covering with surface temperature registered by Landsat 8 satellite. *Sociedade & Natureza*, 32, 338-347. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-42828>.
- Hung, T., Uchiyama, D., Ochi, S., & Yasuoka, Y. (2006). Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International journal of applied Earth observation and Geoinformation*, 8(1), 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.05.003>.
- IBGE. (2013). Manual técnico de uso da terra. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=281615&view=detalhes>.
- Iriarte, J., Elliott, S., Maezumi, S. Y., Alves, D., Gonda, R., Robinson, M., ... & Handley, J. (2020). The origins of Amazonian landscapes: Plant cultivation, domestication and the spread of food production in tropical South America. *Quaternary Science Reviews*, 248, 106582.

- <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106582>.
- Kafy, A. A., Rahman, M. S., Hasan, M. M., & Islam, M. (2020). Modelling future land use land cover changes and their impacts on land surface temperatures in Rajshahi, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100314>.
- Karbalaee, A. R., Hedjazizadeh, Z., & Masoodian, S. A. (2023). Dependency of LSA and LST to topographic factors in Iran, based on remote sensing data. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04489-y>.
- Klemp, S. M. (2015). Dinâmica espaço temporal da temperatura superficial da bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral-MT por sensoriamento remoto. <http://ri.ufmt.br/handle/1/2185>.
- Krenak, A. (2019). Ideias para adiar o fim do mundo (Nova edição). Editora Companhia das Letras.
- Lorenzon, T. H., & Galvanin, E. A. D. S. (2022). Spatial-temporal dynamics of vegetation cover, land use and anthropogenic transformations of landscape in the Cabaçal river basin, Mato Grosso state, Brazil. *Int J Hydro*, 6(2), 79-86. . <https://medcraveonline.com/IJH/IJH-06-00305.pdf>.
- Maezum, S. Y., Elliott, S., Robinson, M., Betancourt, C. J., Gregorio de Souza, J., Alves, D., ... & Iriarte, J. (2022). Legacies of Indigenous land use and cultural burning in the Bolivian Amazon rainforest ecotone. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377(1849), 20200499. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0499>.
- MapBiomass. 2023. Relatório Anual do Desmatamento 2022. São Paulo, Brasil-MapBiomass. <http://alerta.mapbiomas.org/>.
- Mato Grosso (Estado). (2017). Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes. Editora Central de Texto. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral.
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., & Running, S. W. (2011). A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 116(G3). <https://doi.org/10.1029/2010JG001486>.
- Moradi, M., & Darand, M. (2022). Spatiotemporal and physiographic relationship between MODIS land surface temperature and air temperature over Iran. *Climate Research*, 87, 99-116. <https://doi.org/10.3354/cr01686>.
- Muchane, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Jonsson, M., Pumariño, L., & Barrios, E. (2020). Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 295, 106899. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106899>.
- Nejad, M. F., & Zoratipour, A. (2019). Assessment of LST and NDMI indices using MODIS and Landsat images in Karun riparian forest. https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/121_2018-JFS.pdf.
- Neves, L. F. S. , Neves, S. M. A. S. & Canale, G. (2014). Análise da fragmentação de Cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem. *Ateliê Geográfico*, 8(2), 130-149. <https://doi.org/10.5216/ag.v8i2.21557>.
- Nunes, M. C. M., Neves, S. M. A. S., Kreitlow, J. P., Neves, R. J., & Chimello, A. M. Geotecnologias aplicadas à avaliação do potencial à erosão hídrica dos solos do município de Salto do Céu-MT. <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2012/cd/p202.pdf>.
- Oliveira Silva, G. D. J., Alves da Silva Neves, S. M., Perlandim Ramos, A. W., & dos Santos Galvanin, E. A. (2021). Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra da bacia hidrográfica do rio Sepotuba-MT, Brasil. *Caminhos da Geografia (UFU. Online)*, v. 22, p. 81-96. <https://doi.org/10.14393/RCG228054618>.
- OMM. 1992. Organização Meteorológica Mundial. Conferência internacional sobre água e meio ambiente: o desenvolvimento na perspectiva do século 21. Dublin: OMM. <https://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>.
- Pilatti, H. D. S. C., dos Santos Alves, W., Oliveira, L. D., Pereira, M. A. B., Morais, W. A., & de Moura, D. M. B. (2022). Analysis of the transition of the land use and cover: subsidy to public policies of soil use in the Brazilian Savannah. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(03), 1587-1609. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1587-1609>.
- Ramos, A. W. P., da Silva Luz, C. C., da Silva Neves, S. M. A., de Freitas, L. E., & de Souza Neves, L. F. (2018). Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil/Analysis of the capacity and conflict of land use in the

- Piraputanga-MT river basin, Brazil. *Caderno de Geografia*, 28(55), 812-827. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n55p812-827>.
- Retallack, B. (1977). Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV. Brasília: DNMET/MMA.
- Rodrigues, L. C.; Neves, S. M. A. S.; Silva, M. B.; Paiva, S. L. P. & Kreitlow, J. P. (2021). Análises da transformação antrópica e morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga, Mato Grosso, Brasil. *Geo UERJ*, (39), 57306. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2021.57306>.
- Santana, J. R., De Farias Gomes, H., & Freitas De Oliveira, M. (2022). Análise temporal de Ilha de calor em Arapiraca-Alagoas, Brasil com base em geoprocessamento. *Diversitas Journal*, 7(4). <https://doi.org/10.48017/dj.v7i4.2034>.
- Sartorio, L. F., & Bayer Maier, Éder L. (2024). Land Use and Cover Changes in Brazilian Biomes between 1985 and 2018. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 17(1), 508–528. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p508-528>.
- Schollaert, U. Z. S., Ruane, A. C., Duncan, B. N., Tucker, C. J., Huffman, G. J., Mladenova, I. E., Osmanoglu, B., Holmes, T., McNally, A., Peters-Lidard, C., BOLTEN, J., Das, N., Rodell, M., McCartney, S., Anderson, M. & Doorn, B. (2019). Earth observations and integrative models in support of food and water security. *Remote sensing in earth systems sciences*, 2, 18-38. <https://doi.org/10.1007/s41976-019-0008-6>.
- Silva, G. J. O., Caioni, C., Souza, V. L., Ramos, A. W. P., Neves, S. M. A. S. & Galvanin, E. A. S. (2016). Ilhas de calor nas cidades contidas na Bacia do Alto Paraguai, Brasil. *Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 6, 433-441. https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Webber-Perlandim-Ramos/publication/336012800_Ilhas_de_calor_nas_cidades_contidas_na_Bacia_do_Alto_Paraguai_Brasil/Heat_islands_in_the_cities_contained_in_the_Alto_Paraguay_Basin_Brazil/link/s/5d8a4e7f458515202b657d84/Ilhas-de-calor-nas-cidades-contidas-na-Bacia-do-Alto-Paraguai-Brasil-Heat-islands-in-the-cities-contained-in-the-Alto-Paraguay-Basin-Brazil.pdf.
- Silveira, P. C. da, Campos, C. G. C., Sá, E. A. S., Biffi, L. J., & Dalri, J. C. (2023). Análise das superfícies urbanas para identificação de ilhas de calor através da aplicação de índices radiométricos e da temperatura da superfície. *Revista Brasileira De Climatologia*, 33(19), 329–353. <https://doi.org/10.55761/abclima.v33i19.16322>.
- Soares, G. A. S., de Santana Lima, A., de Almeida Bandim, C. G., Barros, J. P. F. G., & Galvêncio, J. D. (2022). Annual surface temperature variability with thermal images from landsat 8: a case study from the Boa Viagem NEIGHBORHOOD, RECIFE-PE. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing v*, 12(2), 75-87. <https://doi.org/10.29150/2237-2202.2022.252392>.
- Souza, C. A. & Sousa, J. B. (2014). Bacia hidrográfica do Córrego Piraputanga, Cáceres, Mato Grosso–Brasil: caracterização ambiental e dinâmica fluvial. *Revista Geoaraguaia*. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4875>.
- Stephens, L., Fuller, D., Boivin, N., Rick, T., Gauthier, N., Kay, A., ... & Ellis, E. (2019). Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use. *Science*, 365(6456), 897-902. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax1192>.
- Tubelis, A. & Nascimento, F. J. L. (1988). *Meteorologia descritiva; fundamentos e aplicações brasileiras*. Nobel.
- USGS. (2020). Serviço Geológico Americano. Landsat 8. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-data-users-handbook>.
- USGS. (2015). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. EROS Sioux Falls, South Dakota. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-datausers-handbook>.
- Wanderley, R. L. N., Domingues, L. M., Joly, C. A. & Rocha, H. R. (2019). Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic forest region, Brazil. *PloS one*, 14(12), e0225443. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225443>.
- Zalles, V., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Parker, D., Stehman, S. V., Pickens, A. H., & Kommareddy, I. (2021). Rapid expansion of human impact on natural land in South America since 1985. *Science advances*, 7(14), eabg1620. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg1620>.