

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**EFEITO DOS USOS DA TERRA E DA COBERTURA
VEGETAL NA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO
SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
PIRAPUTANGA/MT-BRASIL**

SOPHIA LEITÃO PASTORELLO DE PAIVA

**PROF. DR. DENILTON CARLOS GAIO
PROF. DRA. SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES**

**Cuiabá, MT
Julho 2023**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**EFEITO DOS USOS DA TERRA E DA COBERTURA
VEGETAL NA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO
SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
PIRAPUTANGA/MT-BRASIL**

SOPHIA LEITÃO PASTORELLO DE PAIVA

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Física Ambiental.*

PROF. DR. DENILTON CARLOS GAIO
PROF. DRA. SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES

Cuiabá, MT
Julho 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P149e Paiva, Sophia Leitão Pastorello de.

Efeito dos usos da terra e da cobertura vegetal na temperatura superficial do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT-Brasil [recurso eletrônico] / Sophia Leitão Pastorello de Paiva. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 63 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Denilton Carlos Gaio.

Coorientadora: Sandra Mara Alves da Silva Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Cobertura vegetal. 2. dinâmica temporal. 3. temperatura superficial do solo. I. Gaio, Denilton Carlos, *orientador*. II. Neves, Sandra Mara

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeito dos usos da terra e da cobertura vegetal na temperatura superficial do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT-Brasil.

AUTORA: MESTRANDA SOPHIA LEITÃO PASTORELLO DE PAIVA

Dissertação defendida e aprovada em 27 de JUNHO de 2023.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Prof. Dr. DENILTON CARLOS GAIO (Presidente Banca / **ORIENTADOR**)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. Profa. Dra. SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES (Coorientadora)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO

3. Prof. Dr. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

4. Prof. Dr. LUIS PHILLIPPE DE ARRUDA LIMA (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

5. Prof. Dr. JEFERSON DE OLIVEIRA (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CUIABÁ, 27/06/2023.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SACARDI BIUDES**, Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT, em 14/07/2023, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIS PHILIPPE DE ARRUDA LIMA**, Gerente de Apoio Pedagógico - GAP/CFD/PROEG - UFMT, em 14/07/2023, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JEFERSON DE OLIVEIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 14/07/2023, às 14:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/07/2023, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **DENILTON CARLOS GAIO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 17/07/2023, às 14:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandra Mara Alves da Silva Neves, Usuário Externo**, em 17/07/2023, às 18:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5892736** e o código CRC **BB762C1B**.

AGRADECIMENTOS

- Aos professores doutores Denilton Carlos Gaio e Sandra Mara Alves da Silva Neves pela orientação.
- Aos professores doutores Sérgio Roberto de Paulo e Luis Philippe de Arruda Lima por aceitarem fazer parte da banca e contribuir com o trabalho.
- À Thais Costa Brunelli, ao Jesã Pereira Kreitlow e Charles Caioni, por toda a contribuição ao longo da pesquisa, desde sua idealização à execução.
- A todos os colegas de curso pelas trocas.
- Ao Maurício Rodrigues Pinto e à Anne Mathilde de Jorge pelo apoio.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT pelo apoio financeiro durante a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA	2
1.3. OBJETIVO GERAL	4
1.4. OBJETIVO ESPECÍFICOS	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. FÍSICA AMBIENTAL	5
2.1.1. Radiação Solar	5
2.1.2. Fenômenos ópticos de reflexão, transmissão e dispersão da luz	6
2.1.3. Assinatura espectral dos alvos	7
2.1.4. Resolução das imagens de satélite	8
2.2. TEMPERATURA DO SOLO	9
2.3. COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA	10
2.4. GEOTECNOLOGIA	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. ÁREA DE ESTUDO	16
3.2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	17
3.2.1. Caracterização geoambiental da área de estudo	17
3.2.2. Mapeamento espaço-temporal de cobertura vegetal e uso da terra	19
3.2.3. Estimativa da temperatura superficial das classes de cobertura vegetal e uso terra	21
3.2.4. Análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA	23
4.2. DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA/MT	29
4.3. ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA/MT	34

5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - BHCP nos contextos nos contextos nacional (posição superior à direita), estadual (posição inferior à direita) e municipal (à esquerda).	16
Figura 2 - Biomas presentes na BHCP.	23
Figura 3 - Geomorfologia da BHCP.	25
Figura 4 - Declividade do relevo da BHCP, com suas respectivas fases.	26
Figura 5 - Geologia da BHCP.	26
Figura 6 - Pedologia da BHCP.	27
Figura 7 - Susceptibilidade a deslizamentos da BHCP.	29
Figura 8 - Cobertura vegetal e uso da terra na BHCP nos anos 1990, 2000, 2010 e 2020.	31
Figura 9 - Temperatura superficial da BHCP em maio de 1990, setembro de 1990, abril de 2000 e setembro de 2000.	35
Figura 10 - Temperatura superficial da BHCP em abril de 2010, julho de 2010, abril de 2020 e setembro de 2020.	36
Figura 11 - BHCP com as áreas de cobertura vegetal e uso da terra inalteradas entre 1990 e 2020.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, que foram utilizadas para o mapeamento da temperatura superficial da BHCP.	21
Tabela 2 - Informações das imagens do satélite Landsat 8, sensor TIRS-OLI, que foram utilizadas para o mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra da BHCP....	21
Tabela 3 - Quantificação das classes cobertura vegetal e uso da terra na BHCP.....	29
Tabela 4 - Temperatura superficial média das classes de usos da terra e cobertura vegetal para início e fim da seca em 1990, 2000, 2010 e 2020, e média de todas as datas.....	37
Tabela 5 - Temperatura superficial média das classes de usos da terra e cobertura vegetal para início e fim da seca em 1990, 2000, 2010 e 2020, e média de todas as datas.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

TST -	Temperatura superficial da terra
APP -	Área de Preservação Permanente
MPE -	Ministério Público Estadual
REM -	Radiação eletromagnética
ND -	Números digitais
L_{λ} -	Radiância espectral no topo da atmosfera
ML -	Fator multiplicativo de redimensionamento
Q_{cal} -	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN
AL -	Fator de redimensionamento aditivo específico
SR -	Sensoriamento Remoto
SIG -	Sistemas de Informação Geográfica
UTM -	Universal Transversa de Mercator
SRTM -	Shuttle Radar Topography Mission
OLI -	Operational Land Imager

RESUMO

PAIVA, S. L. P. **Efeito dos usos da terra e da cobertura vegetal na temperatura superficial do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT-Brasil.** 2023. 60f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2023.

A supressão da vegetação natural e sua substituição por monoculturas implica em mudanças nos processos climáticos. O objetivo deste trabalho foi investigar a temperatura média dos diferentes tipos de cobertura vegetal natural e usos da terra e a variação temporal da temperatura superficial total na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT. A caracterização geoambiental da área de estudo envolveu a geração de mapas e dados geoestatísticos a partir de imagens do satélite Geoeye e bases cartográficas oficiais. Os dados de uso do solo e cobertura vegetal e de temperatura superficial média de cada classe de uso do solo e cobertura vegetal foram obtidos a partir de imagens dos satélites Landsat 5 e 8 que foram processadas, classificadas e utilizadas para gerar mapas temáticos e tabelas sobre a bacia. Para verificar a significância da diferença da temperatura média entre cada classe de vegetação e uso do solo foi realizado o teste de Kruskal-Wallis e o pós-teste de Dunn, ambos testados com nível de significância de 5%. Ao analisar a temperatura média de cada uso, observa-se que pastagens e vegetação natural do tipo savana apresentam maiores temperaturas quando comparadas às superfícies florestadas. A maior temperatura média de superfície foi registrada nas pastagens, alcançando 41,71°C. Em contraste, a Floresta Estacional Sempre Verde Aluvial com dossel emergente apresentou uma temperatura média superficial de 38,91°C, quase 3°C mais baixa que nas pastagens. Na dinâmica temporal entre os anos 1990, 2000, 2010 e 2020 foi identificado aumento das áreas destinadas à pastagem, inclusive em áreas de preservação permanente hídricas, resultando na diminuição das áreas recobertas por vegetação natural, o que afetou a temperatura superficial média da bacia. É essencial que as atividades econômicas desenvolvidas na região sejam orientadas pelo poder público, que deve fomentar práticas de uso da terra produtivas que dialoguem com a conservação ambiental.

Palavras-chave: cobertura vegetal, dinâmica temporal, temperatura superficial do solo.

ABSTRACT

PAIVA, S. L. P. **Effect of land use and vegetation cover on soil surface temperature in Córrego Piraputanga Watershed/MT-Brazil.** 2023, 60f. Dissertation (Master in Environmental Physics) - Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2023.

The suppression of natural vegetation and its replacement by monocultures implies changes in climate processes. The objective of this work was to investigate the average temperature of the different types of natural vegetation cover and land uses and the temporal variation of the total surface temperature in the Córrego Piraputanga Watershed/MT. The geoenvironmental characterization of the study area involved the generation of maps and geostatistical data from Geosy satellite images and official cartographic bases. Land use and vegetation cover and average surface temperature data for each land use and vegetation cover class were obtained from Landsat 5 and 8 satellite images that were processed, classified and used to generate thematic maps and tables on the basin. To verify the significance of the average temperature difference between each class of vegetation and land use, the Kruskal-Wallis test and the Dunn post-test were performed, both tested with a significance level of 5%. When analyzing the average temperature of each use, it is observed that pastures and natural vegetation of the savannah type present higher temperatures when compared to forested surfaces. 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, almost 3°C lower than the pastures. In the temporal dynamics between the years 1990, 2000, 2010 and 2020, an increase in areas destined for pasture was identified, including in areas of permanent water preservation, resulting in a decrease in areas covered by natural vegetation, which affected the average surface temperature of the basin. It is essential that the economic activities carried out in the region are guided by the public authorities, which must encourage productive land use practices that dialogue with environmental conservation.

Keywords: vegetation cover, temporal dynamics, soil surface temperature.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A atividade humana de supressão da vegetação natural e sua substituição por monoculturas, pastagens e áreas urbanas, ocasionam a transformação da superfície terrestre (STEPHENS et al., 2019; SCHOLLAERT UZ et al., 2019). Tal alteração implica em mudanças nos processos climáticos, visto que diferentes coberturas vegetais resultam na ocorrência de temperaturas superficiais diferentes do solo (CALLEJAS, 2011; KLEMP, 2015; KAFY et al., 2020; CAIONI et al., 2017a).

Fenômenos como aquecimento global e mudanças climáticas regionais são compreendidos a partir de estudos, a exemplo daqueles que investigam a temperatura superficial da terra (TST) e sua relação com outros parâmetros, por exemplo, os tipos de usos da terra (NEJAD; ZORATIPOUR, 2019). Pesquisas têm apontado a dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra como principal causa da alteração da TST, devido às maiores temperaturas serem encontradas em áreas desmatadas, quando comparadas com áreas de vegetação natural conservada (HUNG et al., 2006; CALLEJAS, 2011; KLEMP, 2015; KAFY et al., 2020).

A crescente degradação dos componentes naturais das paisagens demanda da sociedade providências urgentes, visando a sua recuperação e conservação. No caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga (BHCP), situada no município de Cáceres, a supressão de vegetação, principalmente na 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 da terra e aumento de ventos (CAIONI et al., 2017a).

As bacias hidrográficas são unidades geográficas utilizadas na gestão e planejamento de recursos 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).

Com o avanço tecnológico do sensoriamento remoto por satélite é possível realizar monitoramento de longo prazo, com alta resolução temporal e em escalas regionais ou até mesmo globais (WU et al., 2018; LI et al., 2019). Além disso, ferramentas geotecnológicas possibilitam a aquisição, manipulação e a integração de dados temáticos preexistentes que subsidiam a caracterização espacial-temporal de áreas susceptíveis à

degradação (VALÉRIO FILHO; ARAÚJO JÚNIOR, 1995). Do mesmo modo, a geração de novos dados, a partir de sensoriamento remoto, possibilitam a identificação e quantificação temporal das alterações antrópicas derivadas dos usos da terra, que, em sua maioria, modificam a temperatura superficial, possibilitando corroborar ou refutar hipóteses formuladas a respeito das correlações entre as variáveis que caracterizam a área de estudo e a ação antrópica.

Há ainda a necessidade de o poder público e a coletividade, enquanto instituições e população civil, manterem o acesso democrático ao meio ambiente ecologicamente equilibrado para as gerações presentes e futuras, como preconizado no artigo 225 da Constituição Federal:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998).

Com base na literatura em que se encontram casos semelhantes (CALLEJAS et al., 2011; KLEMP, 2015; CAIONI et al., 2017b; HENDGES et al., 2020), parte-se da premissa 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 implicou no aumento da temperatura superficial do solo.

1.2. JUSTIFICATIVA

Estudos sobre a TST têm se tornado cada vez mais comuns nas pesquisas dos processos climáticos, devido à forte relação dessa variável com a troca de calor entre a superfície terrestre e a atmosfera, sendo importante para subsidiar pesquisas sobre processos como fluxos de energia e água e o balanço energético da superfície terrestre (LONG et al., 2020).

Emami, Mojaradi e Safari (2016) apontam 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.

Devido à importância socioeconômica da BHCP para o município de Cáceres, o Ministério Público Estadual (MPE) 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 teórico de informações sobre a

bacia, por apresentarem informações quanto à temperatura superficial média apresentada por diferentes coberturas vegetais e usos da terra. Os mapas, gerados a partir da interpretação de imagens de satélites e validados por meio de pesquisa de campo, com uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS), são indispensáveis quando se busca representar e mensurar as áreas com água superficial, vegetação natural ou ocupadas pelos diferentes tipos de usos.

A estimativa remota da TST 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 UZ et al., 2019).

Emami, Mojaradi e Safari (2016) evidenciaram a eficiência dos sensores infravermelhos dos satélites Landsat 5 e 8, dado as suas medidas de temperatura terem precisão comparável às obtidas *in situ*, o que traz robustez aos dados gerados via Sistema de Informação Geográfica e imagens de satélite, nesta pesquisa.

1.3. OBJETIVO GERAL

Investigar a temperatura média dos diferentes tipos de cobertura vegetal natural e usos da terra e a variação temporal da temperatura superficial total na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os atributos da paisagem da área de estudo;
- Elaborar os mapeamentos espaço-temporal da cobertura vegetal e dos usos da terra da BHCP, em quatro datas distintas;
- Estimar a temperatura superficial do início e do fim do período seco e a temperatura média de cada unidade de cobertura vegetal e uso da terra da área de estudo;
- Analisar a significância da diferença da temperatura entre as classes de cobertura vegetal e uso da terra na bacia de pesquisa;
- Realizar o mapeamento espaço-temporal da temperatura média da Bacia nas datas de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FÍSICA AMBIENTAL

Os estudos em física ambiental se encarregam de interpretar fenômenos ambientais, tais como o clima e o tempo, utilizando instrumentos da física, e têm subsidiado a compreensão sobre transformações ambientais como as mudanças climáticas. Os fenômenos relacionados com o comportamento atmosférico, que são estudados em diferentes escalas de tempo e espaço, são os elementos meteorológicos quantificáveis, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação, pressão atmosférica e radiação solar, e os fatores, que “são agentes causais que condicionam os *elementos* climáticos (...) tais como latitude, altitude, continentalidade/oceanalidade, tipo de corrente oceânica...” (PEREIRA et al., 2007, p. 4).

2.1.1. Radiação Solar

Todos os corpos, independentemente de sua composição ou forma, emitem radiação eletromagnética (REM), de modo que a potência irradiada por metro quadrado (E), em $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta de sua superfície (T), em K. Os corpos negros (absorvedores-emissores ideais) respeitam a Lei de Stefan-Boltzmann:

$$E = \sigma T^4$$

em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann e vale $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

Para corpos reais, a equação pode ser alterada com a inclusão da emissividade do corpo (ϵ):

$$E = \epsilon \sigma T^4$$

O comportamento do Sol é muito próximo de um corpo negro ideal dada sua emissividade ser próxima de 1. Assim, o Sol emite uma grande quantidade de energia para o espaço, não apenas devido ao tamanho da superfície emissora que é de aproximadamente 12 mil vezes a superfície terrestre ($6,0877 \times 10^{18} \text{ m}^2$), mas também à alta temperatura superficial (aproximadamente 5800K), o que importa em aproximadamente $6,31 \times 10^7 \text{ W/m}^2$ (KEPLER; SARAIVA, 2014).

A quantidade de energia que o planeta Terra intercepta de incidência normal é da ordem de $3,7 \text{ kW/m}^2$ (constante solar), muito superior à energia geotérmica, de modo

que a radiação solar que incide sobre o planeta Terra é a principal fonte de radiação disponível para todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos da atmosfera e da superfície (SOARES; BATISTA, 2004).

O Sol emana ondas em todo o espectro eletromagnético, porém, seu máximo de emissão está no centro do espectro visível, sendo importantes também as quantidades de radiação infravermelha e ultravioleta emitidas.

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; NASCIMENTO, 1984). Porém tal porcentagem varia de acordo com as propriedades da superfície na qual as ondas incidem.

Ayoade (1996) explica que a quantidade de insolação recebida pela superfície da Terra nos trópicos é, em média, mais elevada que nas regiões temperadas, considerando também que em baixas latitudes há maior variação diurna que variações sazonais de temperatura.

Em se tratando do relevo, é importante ressaltar que em áreas de encosta ou demais tipos de declividade a incidência solar é menos uniforme que em áreas planas horizontais, o que gera a tendência de que a temperatura superficial, quando medida ao meio do dia, como é o caso da captura de dados dos satélites Landsat 5 e 8, seja menor em áreas cuja face do relevo esteja voltada para o Sol poente.

2.1.2. Fenômenos ópticos de reflexão, transmissão e dispersão da luz

A radiação solar incide de forma desigual sobre a superfície terrestre, devido principalmente à sua forma esférica e à inclinação do eixo terrestre ($23^{\circ}26'$), ocasionando as estações do ano. A altitude e o relevo também influenciam a incidência da radiação solar. Ao atingir a Terra, a REM 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). A radiação solar que é absorvida pela superfície da Terra é reemitida na forma de ondas eletromagnéticas do espectro do infravermelho, aquecendo a atmosfera.

2.1.3. Assinatura espectral dos alvos

Cada alvo da superfície terrestre possui um padrão de reflectância e absorbância que pode ser identificado e definido como a assinatura espectral do alvo. Alvos semelhantes irão apresentar o mesmo padrão de reflectância e absorbância, possibilitando a observação dos conjuntos de alvo que mais se assemelham e os que mais se diferenciam entre si.

A partir do sensoriamento remoto é possível identificar as propriedades ópticas dos alvos da superfície. Os radares capturam informação dentro das janelas atmosféricas, ou seja, com as regiões do espectro eletromagnético em que a absorção atmosférica é tão pequena ou nula que a radiação eletromagnética interage principalmente com a superfície terrestre (Quadro 1).

Quadro 1. Intervalos espectrais de transparência atmosférica usados em sensoriamento remoto orbital.

Banda	Intervalo espectral	Fonte da radiação	Propriedades da medida
Visível	450-760 nm	Sol	Reflectância
Infravermelho próximo	760-910 nm	Sol	Reflectância
Infravermelho de ondas curtas	1190-1340 nm 1550-2500 nm	Sol	Reflectância
Infravermelho médio	3,5-4,2 μm 4,5-5,0 μm	Corpos terrestres com altas temperaturas, como florestas em situação de incêndios ou vulcões ativos	Emitância
Infravermelho termal	8,0-9,2 μm 10,2-12 μm	Terra	Emitância
Micro-ondas (radar)	3,2-100cm	Artificial	Reflectância retroespelhada

FONTE: Meneses; Almeida; Baptista (2019, p. 14).

A composição de absorção, reflexão e emissão de cada intervalo espectral é dada para cada pixel que compõe uma imagem de satélite. A resolução da imagem varia de acordo com os radares dos satélites e são disponibilizados na forma de dados matriciais, ou seja, formado por um conjunto de pixels que contém informações específicas.

2.1.4 Resolução das imagens de satélite

Os dados matriciais são, geralmente, gerados pelos sensores remotos orbitais e se diferenciam uns dos outros pelas resoluções. A resolução espectral é definida pelo número

de bandas que um sensor pode captar em uma imagem multiespectral e pela amplitude de comprimentos de onda do espectro eletromagnético de cada uma das bandas. Quanto menor a amplitude espectral da banda e maior o número de bandas, maior será a resolução espectral, porque possibilita aumento da acurácia na detecção da reflectância de diferentes objetos (MESSIAS, 2012). Cada sensor possui a sua resolução espectral, porém Meneses, Almeida e Baptista (2019) mostram a amplitude de comprimento de ondas do espectro eletromagnético que podem compor as bandas mais comumente capturadas pelo sensoriamento remoto orbital (Quadro 1).

A resolução espacial especifica o tamanho das células do dado matricial e informa o tamanho mínimo da célula na qual um objeto pode ser identificado em uma imagem (FERREIRA, 2018); a resolução temporal se refere à periodicidade do sensor para visitar o mesmo local ao longo de sua vida útil (INPE, 2020) e a resolução radiométrica “é dada pelo número de valores digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor” (FERREIRA, 2018, p. 41), sendo melhor a resolução radiométrica quanto maior for o número de valores digitais, ou números digitais (ND).

2.2. TEMPERATURA DO SOLO

A TST é resultado da troca de energia eletromagnética entre o solo e a atmosfera. Para calcular o valor da temperatura da superfície do solo em grau Celsius, utiliza-se o dado de emissividade informado na banda termal das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, a partir da equação publicada pelo Serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2015), com as colaborações de Coelho e Correa (2013), Silva et al. (2016) e Caioni et al. (2017b), expresso na Equação 1:

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

Em que:

Quadro 2. Descrição dos símbolos da Equação 1.

Símbolo	Descrição	Valor tabelado
L_{λ}	Radiância espectral no topo da atmosfera	-
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento	$3,3420 \times 10^{-4}$

Q _{cal}	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN	-
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico	0,10000

FONTE: elaborado pela autora (2023).

Os valores de radiância, tanto do Landsat 5 quanto do Landsat 8, podem ser expressos em temperatura (Equação 2), segundo Callejas et al. (2011), Coelho e Correa (2013), Klemp (2015), Silva et al. (2016) e Caioni et al. (2017b):

$$T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Em que:

Quadro 3. Descrição dos símbolos da Equação 2.

Símbolo	Descrição	landsat 5	Landsat 8
T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)	-	-
K2	Constante de calibração 2	1260,56 (K)	1.321,08 (K)
K1	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: elaborado pela autora (2023).

A temperatura na escala Celsius (°C) pode ser então obtida da escala Kelvin pela expressão da Equação 3:

$$T_c = T_k - 273,15 \quad (3)$$

Em que:

Quadro 4. Descrição dos símbolos da Equação 3.

Símbolo	Descrição
T _c	Temperatura em graus Celsius
T _k	Temperatura em Kelvin

FONTE: elaborado pela autora (2023).

2.3 COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA

A maior parte da superfície da Terra é recoberta por vegetação natural ou reflorestada ou com os usos da terra, como cidades, agricultura, pecuária, mineração e

etc. O levantamento e o monitoramento de sua dinâmica constituem relevantes instrumentos de orientação e planejamento:

O conhecimento sobre o uso da terra ganha relevo pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável (IBGE, 2013, p. 17).

O solo mato-grossense começou a ser colonizado no início da navegação fluvial no Rio Paraguai, no século XVI, mas, só no fim do século XVII, passou a ser explorado por bandeirantes paulistas em busca de ouro (SIQUEIRA, 2009). Depois da guerra do Paraguai, surge na administração colonial a preocupação com o povoamento colonialista do território, fomentando a expansão da pecuária (DAN, 2010).

Os primeiros registros de atividade da colonização europeia na bacia derivam do século XVIII, quando era realizada a extração vegetal da poaia [*Cephaeles ipecapuanha*], o comércio de peles de animais silvestres e a pecuária extensiva (SOUZA; SOUZA, 2014).

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 de cerrado e pantanal por pastagens (SOUZA; SOUZA, 2014), modificando intensamente o padrão de cobertura do solo principalmente no alto e médio curso da bacia do Rio Paraguai (ANDRADE et al, 2013). Próximo à área urbana, houve o processo de ocupação por pequenas chácaras, e a região do baixo curso da BHCP, no município de Cáceres, começou a ser utilizada como pasto natural, para criação extensiva de gado durante o período da estiagem.

Atualmente, Cáceres desempenha a função de polo regional nas áreas de saúde, educação superior e prestação de serviços, sendo que sua economia é sustentada pela atividade pecuária. A forma desordenada de ocupação da região sudoeste do estado de Mato Grosso, com intenso desmatamento de grande parte da vegetação natural para a instalação de pastagens e de lavouras, tem originado áreas com alto grau de degradação (NUNES et al., 2012).

A Prefeitura Municipal de Cáceres destinou, no período de 2000 a 2016, o lixo coletado na área urbana a um aterro sanitário localizado no limite da área da BHCP, com cerca de 40 toneladas/dia em 2010 (ALCÂNTARA; PIERANGELI, 2010). A paisagem da bacia tem sido modificada de forma antiecológica desde o início da colonização. E a

prática comum no lixão é, eventualmente, queimar os resíduos depositados em valas sem proteção contra poluição do lençol freático e ficam a céu aberto (ALCÂNTARA, 2010).

Estudos da dinâmica espaço-temporal servem de ferramenta para compreender as mudanças físicas no ambiente, assim como suas causas, quer sejam naturais, como terremotos e intemperismo ou antrópicas, como o crescimento demográfico (VIADANA et al., 2006).

2.4 GEOTECNOLOGIA

Geotecnologia é “a arte e a técnica de estudar a superfície da Terra e adaptar as informações às necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos” (SILVA, 2003, p. 35), cujas ferramentas possuem grande potencial para avaliação dos componentes biofísicos em larga escala (TEIXEIRA et al., 2019), sendo:

[...] utilizadas por diferentes áreas do conhecimento: Geografia, Agronomia, Arquitetura, Engenharias, Biologia, dentre outras. Seus representantes comuns são: [...] Sensoriamento Remoto (SR), [...] Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o Geoprocessamento. No ensino, as geotecnologias também estão presentes, principalmente nos conteúdos da disciplina de geografia (RIBEIRO, 2018, p. 07).

Dentre as geotecnologias disponíveis, o sensoriamento remoto constitui-se na obtenção de informações de objetos a partir da detecção e registro da radiação eletromagnética refletida/emitida por eles (NOVO, 2010). É uma ferramenta que auxilia na caracterização do meio físico (SILVA; NEVES; BASOTTI, 2017) e, atualmente, é o método mais eficiente na medição de temperatura superficial de grandes áreas (HENDGES; FOLLADOR; ANDRES, 2020). Assim como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são instrumentos essenciais na produção de dados geoespaciais (CEBALHO et al., 2017), processando dados geográficos e não geográficos (alfanuméricos).

Segundo Pantigoso (1998), SIG são sistemas nos quais é possível utilizar dados georreferenciados, que são aqueles atribuídos de informações quanto à sua localização, forma e dimensão espacial ou georreferenciáveis, que são aqueles aos quais tais informações podem ser atribuídas, como, por exemplo, fotografias aéreas.

Um SIG deve armazenar e organizar dados espaciais gráficos (vetoriais ou matriciais) ou alfanuméricos, de modo a ser possível manipulá-los para proceder análises espaciais e representar os resultados gerados (BISNETO, 2018; JANKOWSKI, 1995).

O georreferenciamento é “a atribuição de coordenadas a determinado objeto no espaço em relação a um Sistema Geodésico de Referência” (ROJAS et al., 2019, p. 77), de modo que uma imagem passa a se constituir de propriedades cartográficas. O georreferenciamento “[...] é feito através de parâmetros de transformação, os quais podem ser determinados por meio de pontos de controle [...]” (MANENTI; GUGLIELMI; LADWIG, 2019). Tais pontos de controle podem ser obtidos por meio do processo tela-a-tela de marcação de pontos na imagem que está sendo georreferenciada e na imagem ortorretificada, isto é, aquela cujas distorções provenientes da geometria de imageamento e do relevo foram corrigidas (IBGE, 2020).

Para georreferenciar um dado, é necessária a definição do sistema de projeção no qual os dados geoespaciais serão representados. Um dos sistemas de projeção utilizado no mapeamento sistemático brasileiro é o Universal Transversa de Mercator (UTM). No referido sistema, a projeção é conforme, o que significa que mantêm ângulos e formas, porém funciona apenas em pequenas áreas. Além do sistema de projeção, é necessária a definição do datum, que corresponde ao modelo matemático utilizado em cada lugar para representação de sua superfície. Em 1993, o sistema SIRGAS 2000 foi definido como o datum horizontal geocêntrico oficial para todo o território sul-americano (IBGE, 2011).

A superfície de projeção é um cilindro cujo eixo é coincidente ao eixo polar terrestre dividido em 60 fusos ou zonas de 6° de amplitude (TIMBÓ, 2001). O fuso 21 Sul é o fuso definido para a construção do banco de dados geográficos da Bacia Hidrográfica do Córrego da Piraputanga devido estar contida na área desse fuso.

Outra informação essencial para que os SIG interpretem os dados matriciais ou vetoriais é a informação do referencial geodésico, que consiste em um conjunto de pontos cujas posições dependem da posição da origem dos eixos de coordenadas (PILAR et al., 2020).

Os dados matriciais ou *raster* são aqueles representados por uma malha quadriculada, onde cada célula ou *pixel* detém informação geoespacial de determinada área, a qual varia com a resolução espacial dos sensores de obtenção dos dados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Os dados vetoriais ou *shapes* representam os elementos ou os objetos da realidade por meio de pontos, linhas ou polígonos (PACHECO, 2014). Dados vetoriais são gerados a partir de dados matriciais, os quais geralmente são obtidos por satélites.

Os sensores Thematic Mapper e OLI estão a bordo dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, respectivamente, e se assemelham quanto à resolução espacial de 30 m, resolução temporal de 16 dias e área imageada de 185 km². O Landsat 5 possui sensores com resolução de 8 bits, enquanto que o Landsat 8 apresenta dados com 12 bits de resolução radiométrica (Quadros 5 e 6).

Quadro 5. Resolução espectral de cada banda espectral dos sensores do satélite Landsat 5.

Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)
(B1) Azul	0,45 - 0,52
(B2) Verde	0,52 - 0,60
(B3) Vermelho	0,63 - 0,69
(B4) Infravermelho Próximo	0,76 - 0,90
(B5) Infravermelho Médio	1,55 - 1,75
(B6) Infravermelho Termal	10,4 - 12,5
(B7) Infravermelho Médio	2,08 - 2,35

FONTE: EMBRAPA (2020).

Quadro 6. Resolução espectral de cada banda espectral dos sensores do satélite Landsat 8.

Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)
(B1) Costal	0,43 - 0,45
(B2) Azul	0,45 - 0,51
(B3) Verde	0,52 - 0,60
(B4) Vermelho	0,63 - 0,68
(B5) Infravermelho Próximo	0,84 - 0,88
(B6) Infravermelho Médio	1,56 - 1,66
(B7) Infravermelho Médio	2,10 - 2,30
(B8) Pancromático	0,50 - 0,68
(B9) Cirrus	1,36 - 1,39

FONTE: EMBRAPA (2020).

O Satélite Geoeye possui um sensor pancromático e um multiespectral com 4 bandas (Quadro 7). O sensor pancromático possui resolução espacial de 41 cm, resolução temporal de 3 dias e resolução radiométrica de 11 bits. Já o sensor multiespectral possui resolução espacial de 1,65 m, resolução temporal de 3 dias e também possui 11 bits de resolução radiométrica (EMBRAPA, 2018).

Quadro 7. Sensores e resolução espectral de cada banda espectral do satélite Geoeeye.

Sensor	Resolução Espectral (μm)
Pancromático	0,45 - 0,51
Multiespectral	0,51 - 0,58
	0,65 - 0,69
	0,78 - 0,92

FONTE: EMBRAPA (2018).

As geotecnologias, dentre elas o SR, são ferramentas capazes de subsidiar a identificação e a avaliação dos diferentes tipos de uso do solo e de cobertura vegetal, na medida em que contribuem para a discriminação de alvos com diferentes assinaturas espectrais presentes nas imagens (SILVA et al., 2021). Os alvos são os objetos presentes e discerníveis na imagem, que no caso das imagens de satélite são, por exemplo, vegetação, solo e água. O SR possibilita identificar variações ocorridas entre duas ou mais datas (SHALABY; TATEISHI, 2007).

Para análise do efeito da fragmentação, as geotecnologias são de fundamental importância, pois através de imagens de sensoriamento remoto pode-se averiguar as condições atuais do ambiente, se há presença ou ausência de vegetação e a atividade econômica desenvolvida, observando o presente, o passado e realizando projeções futuras (COCHEV et al., 2016, p. 161).

Para gerar os dados de uso e cobertura vegetal, as imagens georreferenciadas precisam ser segmentadas, isto é, os objetos constituintes da imagem precisam ser divididos em células (LACERDA et al., 2019). Tal divisão é feita de forma automatizada pelo SIG, que segmenta a imagem a partir do reconhecimento da assinatura espectral de cada pixel e agrupamento de pixels com informação espectral similar.

Para classificar as coberturas vegetais e os tipos de usos da terra, a partir da imagem segmentada, se realiza a etapa de treinamento no SIG, que consiste em selecionar algumas células (pixel) representativas de cada uma das classes de modo que, a partir das referências do treinamento, o programa realize a classificação de todas as células da imagem (FORNAZIEIRO; PANCHER, 2017). O método de classificação supervisionada Bhattacharya agrupa as células próximas, utilizando a distância Bhattacharya para quantificar a separabilidade estatística de regiões espectrais semelhantes (SANTOS; MOURA; TRENTIN, 2017).

Para identificar a dinâmica espaço temporal da paisagem, ou seja, como o espaço se modifica com o passar do tempo, é necessário comparar os resultados da classificação da cobertura vegetal em diferentes anos. Diante de mudanças mais lentas que ocorrem em

ambientes rurais, em comparação com ambientes urbanos, muitos autores optam por definir intervalos de 10 anos entre as datas analisadas (MIRANDA; NEVES, 2019; MENDES et al., 2021; RODRIGUES et al., 2021; ;SILVA et al., 2021; LORENZON et al., 2022).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A BHCP está localizada no município de Cáceres, integrante da região sudoeste de planejamento de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2017). A bacia está situada entre as coordenadas geográficas 15° 57' e 16° 12' de latitude Sul e 57° 30' e 57° 42' de longitude Oeste (Figura 1). 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, que é o principal curso responsável pela inundação da planície pantaneira e que confere singularidade ao bioma Pantanal.

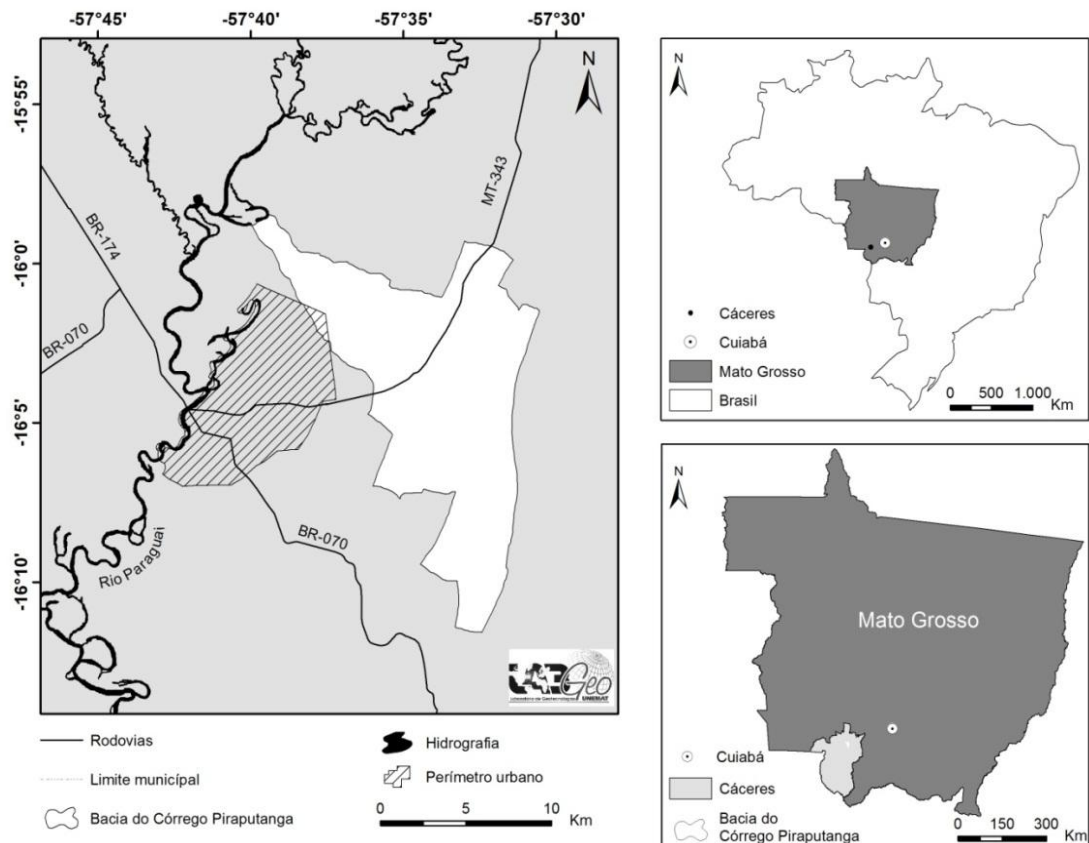


Figura 1. BHCP nos contextos nos contextos nacional (posição superior à direita), estadual (posição inferior à direita) e municipal (à esquerda). **FONTE:** Labgeo UNEMAT (2013).

A fauna e a flora da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga são típicas do Cerrado. Na BHCP, são desenvolvidas diversas atividades econômicas, como a pecuária, o turismo, a apicultura, a piscicultura e o extrativismo vegetal (SILVA et al., 2013). Em um levantamento realizado em 2012, foram identificadas na BHCP vinte e sete propriedades, com distintos usos (balneários, pousadas, pisciculturas, etc.). Os

moradores, que constituem a Associação dos Produtores Rurais da Piraputanga (APROPIRA) geram renda, principalmente, pela agricultura de subsistência e pelo turismo (SILVA et al., 2013).

Parte da extensão territorial do assentamento rural Facão/Bom Jardim, composto pelas fumas Bom Jardim, São José e Boa Esperança, está situada na BHCP e é composto por 168 famílias, distribuídas em 4.782,47 ha (MENDES et al., 2016; RODRIGUES et al., 2020).

3.2. MÉTODO

3.2.1. Caracterização geoambiental da área de estudo

Para a realização da caracterização dos atributos abióticos e bióticos da paisagem da bacia, os dados vetoriais e alfanuméricos foram gerados a partir de imagens de satélite e as bases cartográficas obtidas em sítios dos órgãos oficiais. Esses foram analisados em conjunto com o referencial bibliográfico disponível sobre a área de estudo, que foi tratado conforme a metodologia de pesquisa bibliográfica, proposta por Marconi e Lakatos (2017).

Para a organização da pesquisa, o Banco de Dados Geográfico (BDG) da bacia foi construído a partir da proposta de Neves e Cruz (2007), de organização do material em pastas, de acordo com o formato de cada arquivo, como textos, planilhas, mapas, imagens de satélite e arquivos vetoriais (arquivo com extensão .shp, em inglês, shapefile, arquivo de forma).

O levantamento de dados geoespaciais foi iniciado a partir da geração da máscara de área da bacia hidrográfica. Para isso, foram obtidas imagens geradas pelo radar interferométrico *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas no sítio do Serviço Geológico Americano (USGS, 2015), as quais foram processadas no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS, versão 9.2 (ESRI, 2007), conforme proposto por Sobrinho et al. (2010). Usando as mesmas imagens e SIG, também foi gerado os *shapefiles* clinográfico e altimétrico da área da bacia, tendo sido definidas as classes de relevo considerando as seguintes fases do relevo (Quadro 8):

Quadro 8. Classes de declividade e relevo.

Declividade (%)	Relevo
0 a 3	plano
3,1 a 8	suave ondulado
8,1 a 20	ondulado
30,1 a 45	forte ondulado
45,1 a 75	montanhoso
>75	escarpado

FONTE: IBGE (2009).

Os *shapefiles* referentes a biomas, geomorfologia, geologia, pedologia e clima foram obtidos do sítio do IBGE (2018). Os componentes abióticos foram, então, recortados pela área da bacia e a partir desses dados foram gerados mapas temáticos e tabelas informando as classes encontradas e suas respectivas áreas.

Para a produção do *shapefile* da rede hidrográfica da BHCP, foi realizada a vetorização manual, utilizando uma imagem do satélite GeoEye de 01/06/2012, com resolução de 2,5m e tendo como referência a hidrografia disponibilizada pelo IBGE em parceria com a Agência Nacional de Águas - ANA (BRASIL, 2021). A partir do dado da rede hidrográfica foi gerado o *shapefile* da APP hídrica da bacia, adotando como critério de seleção da área a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Foi gerado também o *shapefile* de susceptibilidade a deslizamentos, que é obtido pela macrocaracterização dos recursos naturais, realizada pelo IBGE (2020), quantificada sobre uma grade estatística composta por quadrantes de 1 por 1 km² e que considera seis aspectos ambientais, os quais são geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, pluviosidade e declividade, tendo este último maior peso no cálculo.

Após a organização e tabulação dos dados vetoriais, os mesmos foram organizados em mapas temáticos, com a sobreposição de informações como estradas e rios, a fim de promover a interpretação dos resultados.

3.2.2. Mapeamento espaço-temporal de cobertura vegetal e uso da terra

No Sistema de Informação Geográfica 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").

Foram obtidas imagens dos satélites *Landsat-5* e *Landsat-8*, conforme consta no Quadro 9, disponíveis no catálogo de imagens do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2020) do final do período chuvoso, quando a vegetação ainda é facilmente identificada nas imagens de sensoriamento remoto orbital, considerando para sua seleção as que continham menor percentual de nuvens na área imageada.

Quadro 9. Informações das imagens utilizadas para o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da BHCP.

Satélite/Sensor	Data	Hora da captura		Elevação do Sol	Cobertura de nuvens
		início	final		
Landsat 5/TM	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/OLI	05/04/2020	13:51:12	3:51:43	54.62986196	2,5

FONTE: elaborado pela autora (2023).

As imagens do satélite Landsat 5 foram georreferenciadas pelo modelo tela-a-tela, a partir da marcação de pontos de controle tendo como referência a imagem ortorretificada GeoCover, obtida gratuitamente no sítio da National Aeronautics and Space Administration (NASA). Esse processo não foi necessário para as imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), com resolução espacial de 30m, pois são georreferenciadas.

As bandas B3 a B5 (Quadro 5) e as bandas B4 a B6 (Quadro 6) dos satélites Landsat 5 e 8, respectivamente, passaram por recorte pela máscara da área de estudo e então foi realizado o processamento digital constituído pelas seguintes fases: 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 do *design* gráfico dos mapas e as quantificações foram realizadas no Sistema de Informação Geográfica.

Foram adotadas as classes temáticas de cobertura vegetal e uso da terra propostas no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2013), conforme consta no Quadro 10.

Quadro 10. Cobertura vegetal e usos da terra que foram classificados na BHCP.

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

FONTE: elaborado pela autora (2023).

A validação das classes do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra de 2020, que suscitaram dúvidas na etapa de classificação, ocorreu por meio de trabalho de campo.

3.2.3. Estimação da temperatura superficial das classes de cobertura vegetal e uso terra

Para gerar os dados de temperatura superficial, a partir de imagens do Landsat 5 e 8, foi necessário utilizar a banda de infravermelho termal, com resolução de 120 m, obtendo, inicialmente, os valores da radiância do solo que, então, foram convertidos em temperaturas na escala Celsius.

Para calcular a emissividade da banda termal das imagens do Landsat 5, foi utilizado o método proposto pela USGS (2015) para as datas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, que foram utilizadas para o mapeamento da temperatura superficial da BHCP

Data	Hora início captura	Hora final captura	Cobertura de nuvens
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

FONTE: elaborado pela autora (2023).

O mesmo método foi utilizado para calcular a emissividade da banda termal das imagens do Landsat 8 (Tabela 2).

Tabela 2. Informações das imagens do satélite Landsat 8, sensor TIRS-OLI, que foram utilizadas para o mapeamento do Uso do solo e cobertura vegetal da BHCP

Data	Hora início captura	Hora final captura	Cobertura de nuvens
05/04/2020	13:51:12	13:51:43	2,5
12/09/2020	13:52:02		0

FONTE: elaborado pela autora (2023).

No SIG ArcGis, versão 9.2 (ESRI, 2007), os dados geoespaciais de cobertura vegetal e uso da terra de 1990, 2000, 2010 e 2020 foram sobrepostos entre si, e as áreas, nas quais a classe de uso e cobertura não foi alterada ao longo do período analisado, foram recortadas e identificadas como áreas de pixels iguais para cada classe. A partir dos pixels puros, iniciou-se o processamento da temperatura superficial do solo, identificada a temperatura média para o início e para o final do período seco e a média geral da temperatura superficial proveniente de cada tipo de uso.

3.2.4. Análise estatística

Para verificar a significância da diferença da temperatura média de cada uma das classes de cobertura vegetal e uso da terra foram realizados dois testes de normalidade, os quais foram Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk; ambos, a um nível de significância de 5%. Verificado que o conjunto de dados não apresentou distribuição normal (p -valor $< 0,05$), foram realizados testes não-paramétricos para comparação entre os grupos.

Inicialmente realizou-se o teste de Kruskal-Wallis, a um nível de significância de 5% e, ao atestar diferenças significativas entre as classes, foi realizado o pós-teste de Dunn, também a um nível de significância de 5%, para verificação de diferenças entre pares de classes, possibilitando identificar as classes que mais diferem entre si.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA

A extensão territorial de 161,40 km² da BHCP está distribuída nos biomas Cerrado (82,80%) e Pantanal (17,20%), conforme pode ser observado na figura 2 (NEVES et al., 2014). Ocorrem na bacia duas fitofisionomias de Savana (Cerrado): Savana arborizada e Savana Parque, com ocorrência de Floresta aluvial nas margens dos cursos d'água (RODRIGUES et al., 2021).

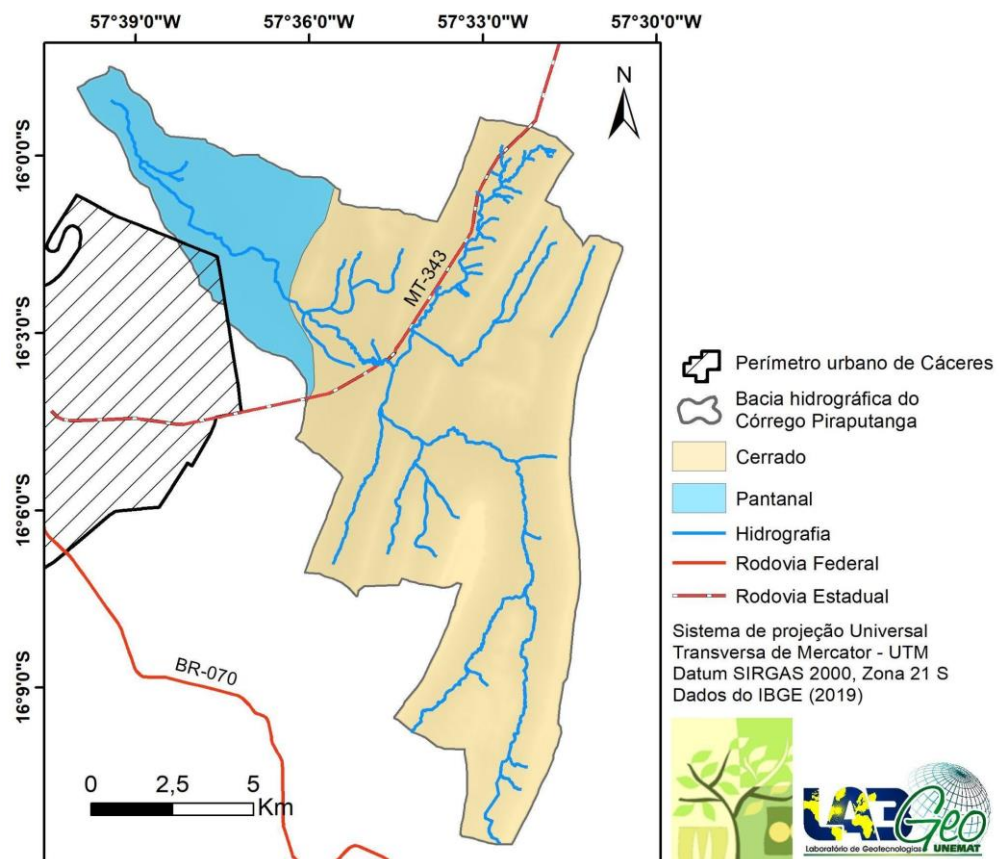


Figura 2. Biomas presentes na BHCP. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

No município de Cáceres, segundo classificação de Köppen, o clima é Tropical quente e úmido, com inverno seco, com duas estações bem definidas: sendo que a estação chuvosa ocorre de novembro a abril e a seca de maio a outubro. O total anual de precipitação é de 1335 mm, em média, com período de maior concentração pluvial média (62,68%) de dezembro a março. A temperatura média anual de Cáceres é de 26,24° C,

sendo a média da temperatura mínima 21°C e a média da temperatura máxima 32°C, podendo a máxima diária chegar a 41°C e a mínima a 1°C (NEVES et al., 2011).

As unidades geomorfológicas presentes na bacia são: Planícies e os Pantanaís do Rio Paraguai, Depressão do Rio Paraguai e Província Serrana (Figura 3).

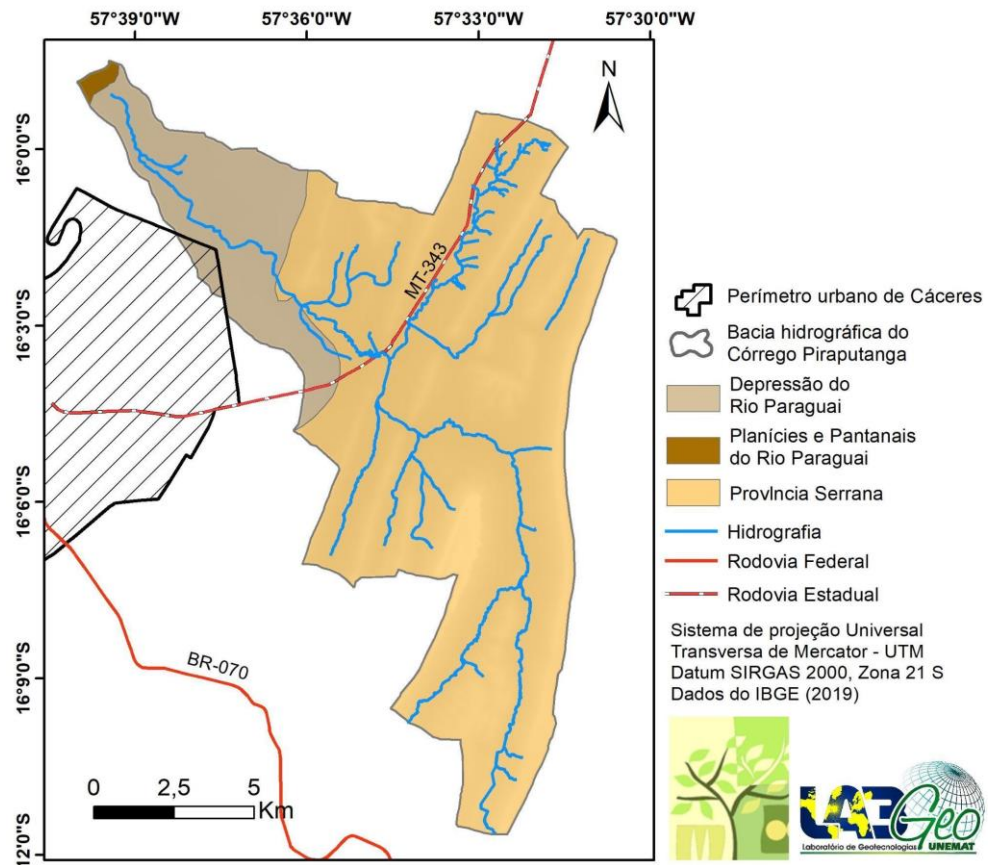


Figura 3. Geomorfologia da BHCP. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

As planícies e os pantanaís do Rio Paraguai possuem declividade muito baixa e altimetria que varia de 80 a 150 m, o que suscita o surgimento de feições de padrão meandrante. O Córrego Piraputanga deságua em uma dessas feições, que é a Baía Salobra, a qual tem uma influência direta do Rio Paraguai, sendo conectada a ele durante a cheia (RADAMBRASIL, 1982).

A Depressão do Rio Paraguai é formada por sedimentos pertencentes à Formação Pantanal de três diferentes idades: aluviões antigos, aluviões sub-recentes e aluviões recentes. Possui uma superfície de relevo pouco dissecada com topos planos e drenagem pouco profunda em um nível altimétrico entre 100 e 150 m (RADAMBRASIL, 1982).

A Província Serrana é formada por um relevo originalmente dobrado e posteriormente erodido, constituído por uma série de alinhamento de cristas paralelas,

com cotas altimétricas que variam de 300 a 700 m (RADAMBRASIL, 1982). Souza e Souza (2014, p. 93) destacam as serras “Bebedouro, Facão, Morro Grande, Piraputanga, Pirizal, Pita Canudo, Ponta do Morro, Primavera e Quilombo” e indicam que esse conjunto de serras apresenta cotas que variam de 280 a 629 m em pontos isolados.

Com relação à geologia da bacia, há predominância do Grupo Araras, ocupando 40,46% da área total da bacia, constituído por rochas do Pré-Cambriano Superior, pertencentes à Formação Alto Paraguai e encontradas na região da Província Serrana. Também foram mapeadas as Formações Pantanal em 20,46% da área, Raizama em 22,36%, Sepotuba em 11,86% e Aluviões Holocênicos em 4,38% (Figura 4).

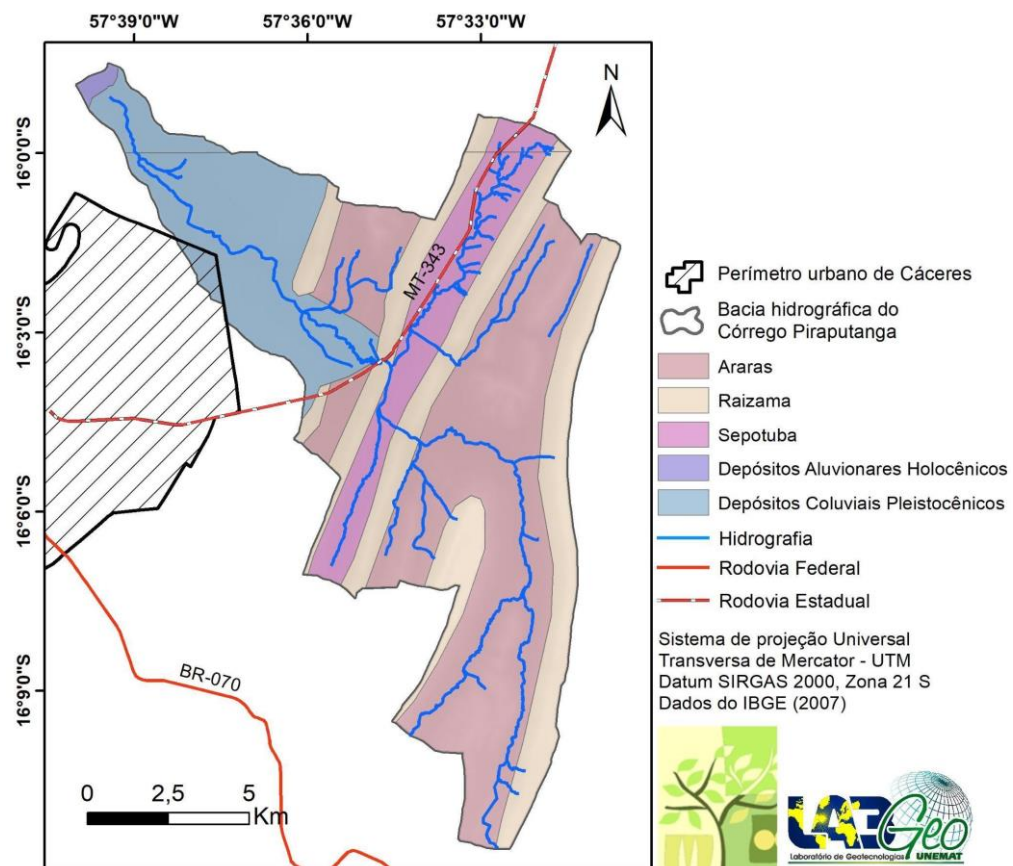


Figura 4. Geologia da BHCP. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Na Província Serrana, onde estão localizadas as nascentes da Bacia, existem áreas com declividade acentuada, incluindo escarpas, que possuem relevo igual ou superior a 75%, recoberta pela vegetação de Savana (Cerrado), enquanto no baixo curso, a vegetação é de Floresta estacional semidecidual aluvial. Nessa porção, a declividade se aproxima dos 3%, se caracterizando como um terreno plano (Figura 5). A classe de relevo predominante na bacia é a Forte ondulado (20,7%) seguida pelo Ondulado (20,16%).

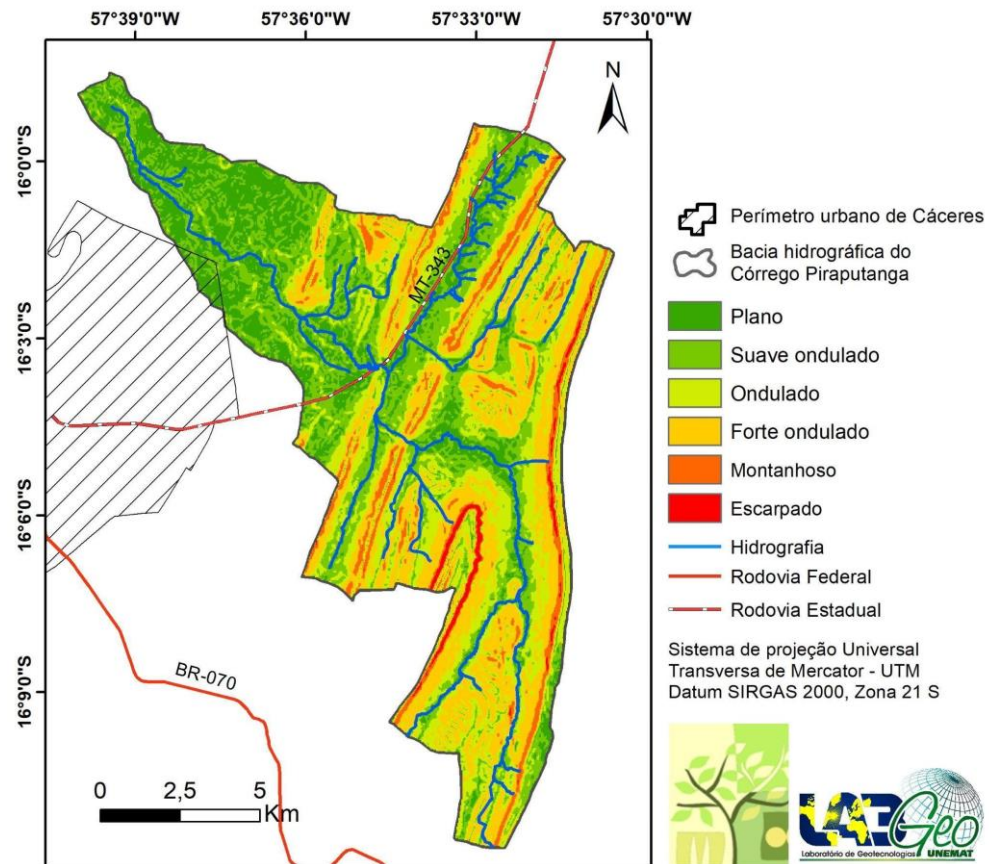


Figura 5. Declividade do relevo da BHCP, com suas respectivas fases. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Na BHCP ocorrem os seguintes solos e seus percentuais de ocupação em relação à área total da bacia: Latossolos vermelho-amarelo (29,44%), Latossolos vermelho (1,87%), Argissolos vermelho amarelo (35,37%), Neossolos litólico (44,34%) e Neossolos flúvico (0,44%) (Figura 6).

Os Latossolos são encontrados nas superfícies mais velhas e estáveis da bacia, tendo passado por intenso processo de intemperização, sendo solos profundos e pobres.

Argissolos são constituídos por areia e argila e têm fertilidade variável; na bacia são encontrados nos vales da Província Serrana.

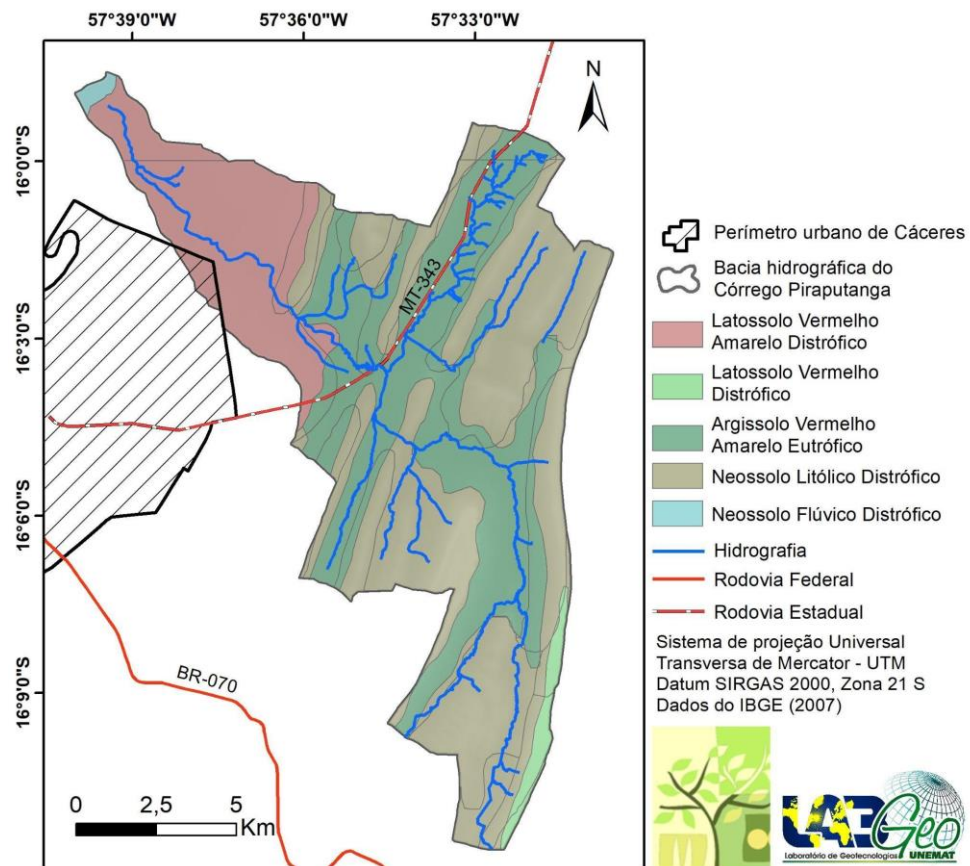


Figura 6. Pedologia da BHCP. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Os Neossolos são solos em processo de pedogênese, sendo que na bacia correspondem ao tipo Neossolo Flúvico, formado por matéria orgânica em decomposição na região da foz do Córrego e Neossolo Litólico, constituído principalmente por minerais e presente na Província Serrana (SANTOS, 2018).

Dentre os elementos mais dinâmicos da Bacia estão as margens dos rios, que são constantemente modificadas pela erosão, resultando em migração e mesmo alargamento dos canais fluviais. Na BHCP, o processo de erosão não é contínuo e, sim, relacionado à dinâmica de cheia e estiagem da região.

Além de erosão, outra característica que pode ser útil no reconhecimento e planejamento ambiental é a susceptibilidade a deslizamento (Figura 7).

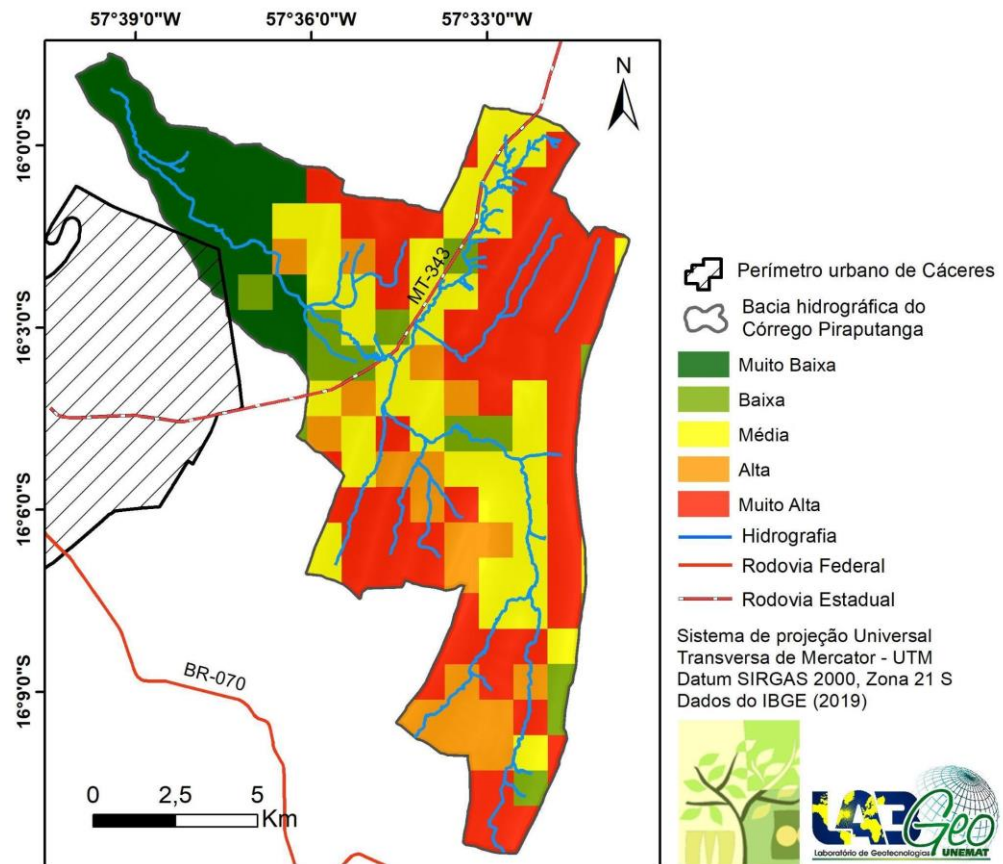


Figura 7. Susceptibilidade a deslizamentos da BHCP. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Na bacia há predominância de média susceptibilidade (43,90%), seguida da classe muito alta susceptibilidade (37,70%), a muito baixa susceptibilidade (14,51%) ocorrendo na porção da Depressão do Rio Paraguai e na Planícies e aos pantanaís do Rio Paraguai, devido a predominância de declividade igual ou menor a 3%, a alta (13,21%) e a baixa susceptibilidade (7,2%).

4.2. DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA/MT

Na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga estão presentes quatro fitofisionomia de cobertura vegetal e quatro classes de uso da terra. A cobertura vegetal natural ainda é predominante na área da BHCP, sendo, as maiores áreas, as de Savana arborizada sem floresta-de-galeria, seguida de Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente, Floresta estacional semidecidual aluvial e Savana parque sem floresta-de-galeria. A Pastagem é a cobertura antrópica mais frequente na bacia, porém também são encontradas áreas com Agricultura, Florestamento/Reflorestamento e Vegetação secundária sem Palmeiras (Tabela 3).

Tabela 3. Quantificação das classes cobertura vegetal e uso da terra na BHCP.

Classe	Área (Km²)							
	1990		2000		2010		2020	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Fa	3,39	2,11	3,75	2,33	2,18	1,36	2,22	1,38
Fe	2,81	1,75	2,59	1,61	2,57	1,60	2,50	1,56
Sas	109,54	68,29	94,13	58,68	93,88	58,53	94,60	58,96
Sps	5,91	3,68	1,13	0,70	0,18	0,11	0,22	0,14
Ag	0,71	0,44	2,76	1,72	4,84	3,02	3,91	2,43
Pe	38,01	23,69	56,02	34,92	55,62	34,67	55,97	34,88
Re	--	--	--	--	0,10	0,07	0,12	0,07
Vsp	--	--	--	--	0,97	0,60	0,85	0,53
Total	160,40	100	160,40	100	160,40	100	160,43	100

* **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. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Os mapas de cobertura vegetal e usos da terra das datas analisadas mostraram alterações na bacia derivadas do crescimento das atividades humanas, que avançaram sobre áreas antes recobertas por vegetação natural (Figura 8).

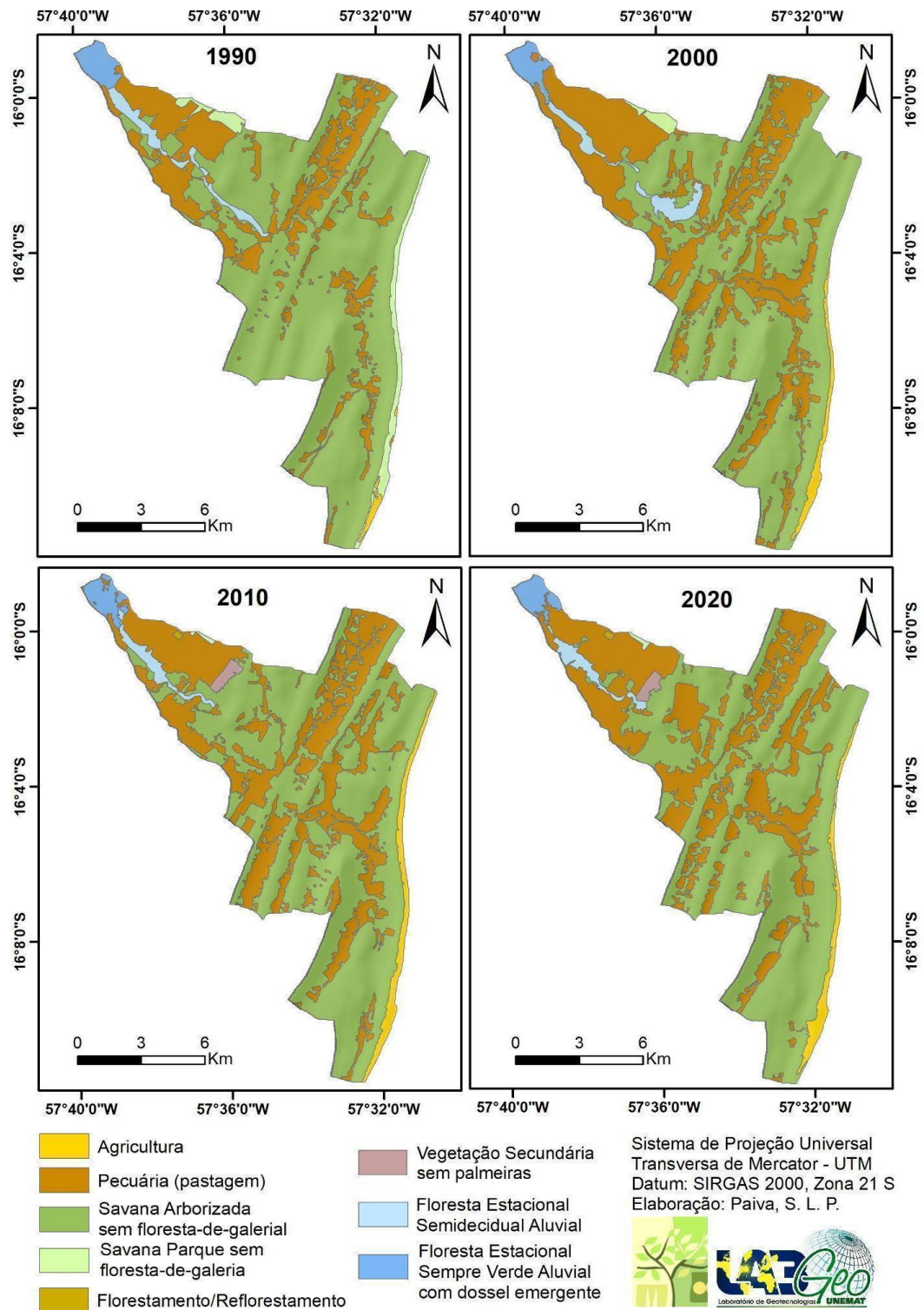


Figura 8. Cobertura vegetal e uso da terra na BHCP nos anos 1990, 2000, 2010 e 2020.
FONTE: elaborado pela autora (2023).

A Floresta estacional Semidecidual Aluvial agrupa fitofisionomias aluviais que ocorrem ao longo dos cursos hídricos (SILVA et al., 2021) e compõe a mata ciliar da

bacia do médio curso até próximo à foz (Figura 8) 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 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que prevê que em cursos de 10 metros de largura deve-se ter no mínimo 30 metros de APPs. 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.

No trabalho de campo, observou-se que a área de Floresta aluvial, situada ao longo dos cursos hídricos, está sendo antropizada, com a supressão da vegetação para construção de balneários, tanques de piscicultura e captação de água. 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 (PAIVA et al., 2015), além de que a vegetação captura carbono atmosférico durante o processo de fotossíntese, o que contribui na estabilidade da temperatura superficial da Terra (PACHECO e HELENE, 1990).

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).

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

As savanas são formações naturais que se adequam ao desenvolvimento de atividades agropecuária (AQUINO et al. 2017), porém ao analisar a dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal da bacia é possível observar que as Savanas foram as áreas naturais predominantemente convertidas em pastagem entre 1990 e 2020.

A atividade Pecuária, desenvolvida desde a ocupação pós-colonial da Bacia, apresentou crescimento na primeira década de análise e estabilizou nas duas seguintes (Tabela 10), contribuindo para a transformação estrutural da paisagem devido à intensa redução e fragmentação da vegetação (SOUZA; SOUZA, 2014). A expansão da atividade pecuária, no modelo atual de produção, depende do desmatamento de novas áreas (SILVA, 2020), 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.

Desmatar as savanas, que possuem gramíneas naturais adequadas para o forrageio bovino (RODRIGUES et al., 2021), para plantio de pastagens exóticas, causa uma modificação da paisagem que não é essencial à produção pecuária na região e causa prejuízos ambientais tais como perda de biodiversidade e deterioração do solo (CAIONI et al., 2017a; RAMOS et al., 2018; PICOLLI et al., 2018).

A agricultura cresceu apenas 2% durante o período observado, e atualmente compõe apenas 3,91% da área. Devido ao relevo de formação geológica serrana que ocorre em parte da bacia, sua fragmentação em pequenas propriedades e assentamentos rurais a área é favorável para produção agrícola e olerícola, porém Mendes et al. (2017) explicam que a baixa produção agrícola na bacia pode estar associada à ausência de políticas públicas do governo federal à produção camponesa.

Reflorestamento e áreas com vegetação secundária representam parcelas pequenas de área, correspondendo a 0,07% e 0,5% da área da bacia, respectivamente. Em 2000 e 2010, áreas que antes eram desmatadas foram reflorestadas ou abandonadas, onde pôde se desenvolver então vegetação secundária sem palmeiras. O procedimento ideal para reflorestamentos é levantar a fauna nativa da área de acordo com sua importância na sucessão ecológica, proporcionando condições de um ressurgimento vegetal em condizente com as características ambientais da região (RODRIGUES et al., 2021), contudo, as áreas de reflorestamento são esparsas e são formadas principalmente por teca (*Tectona grandis*).

Além dos usos do solo e da cobertura vegetal, tipos de solo e características do relevo são importantes fatores para se compreender a capacidade de uso da terra e sua susceptibilidade à erosão. Parte dessa área foi antropizada, mesmo sendo contraindicado, para cultivo de pastagem, gerando conflito de uso na Bacia (RAMOS et al., 2018). As pastagens estão dentre os usos mais afetados pela erosão, sendo fortemente contraindicadas em locais com solo de textura grosseira e desmatamento em áreas de maior declividade.

Neves et al. (2014) e Ramos et al. (2018) já haviam apontado uma tendência de substituição da vegetação natural 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.

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 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. 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 (KATEMA; YIMER, 2014; BEULE et al., 2019; MUCHANE et al., 2020; GOMES et al., 2021; SILVA et al., 2021).

4.3. ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA/MT

As menores temperaturas ocorreram nas áreas de relevo escarpado na bacia, constituídas pelas serras pertencentes a Província Serrana, e nas Áreas de Preservação Permanente recoberta pela Floresta aluvial, que ocorrem ao longo dos cursos fluviais. As figuras 9 e 10 são relativas a espacialização da temperatura superficial da BHCP, no início e no final do período seco entre 1990 e 2020.

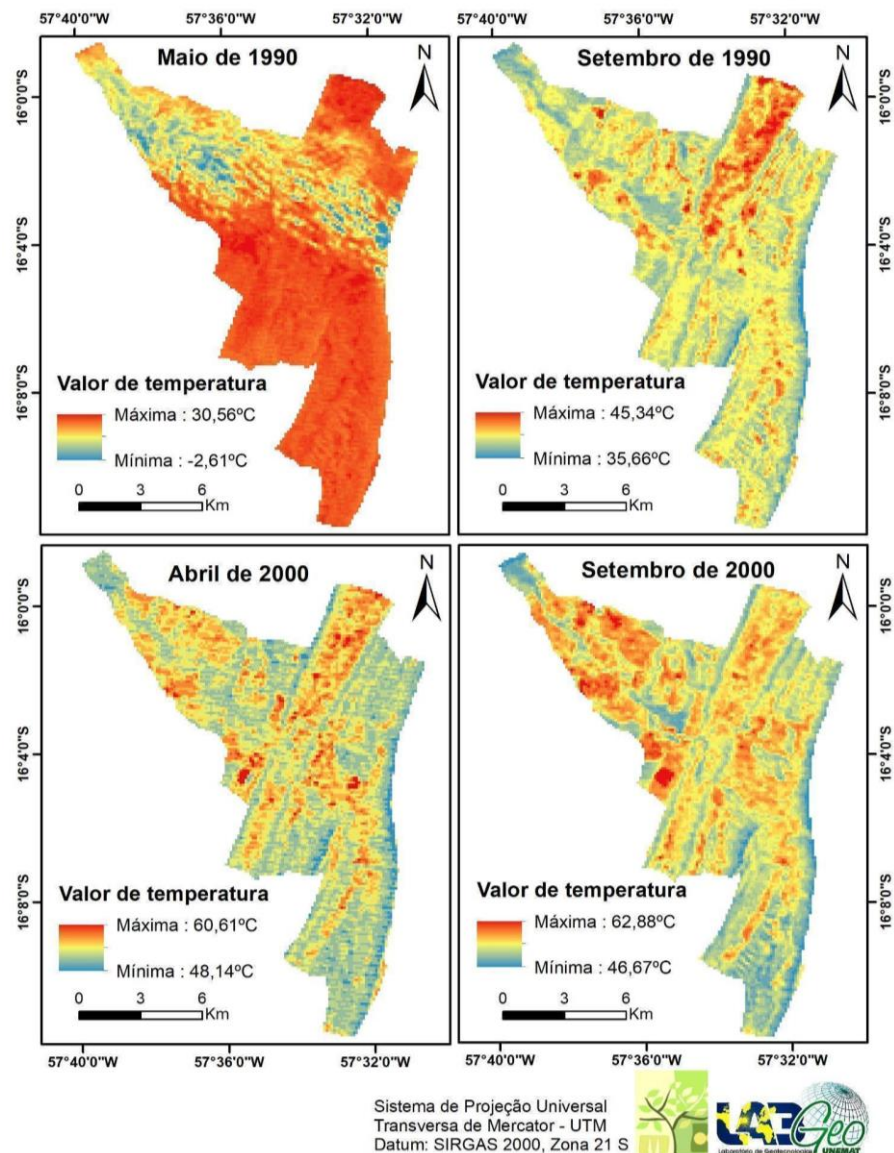


Figura 9. Temperatura superficial da BHCP em maio de 1990, setembro de 1990, abril de 2000 e setembro de 2000. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

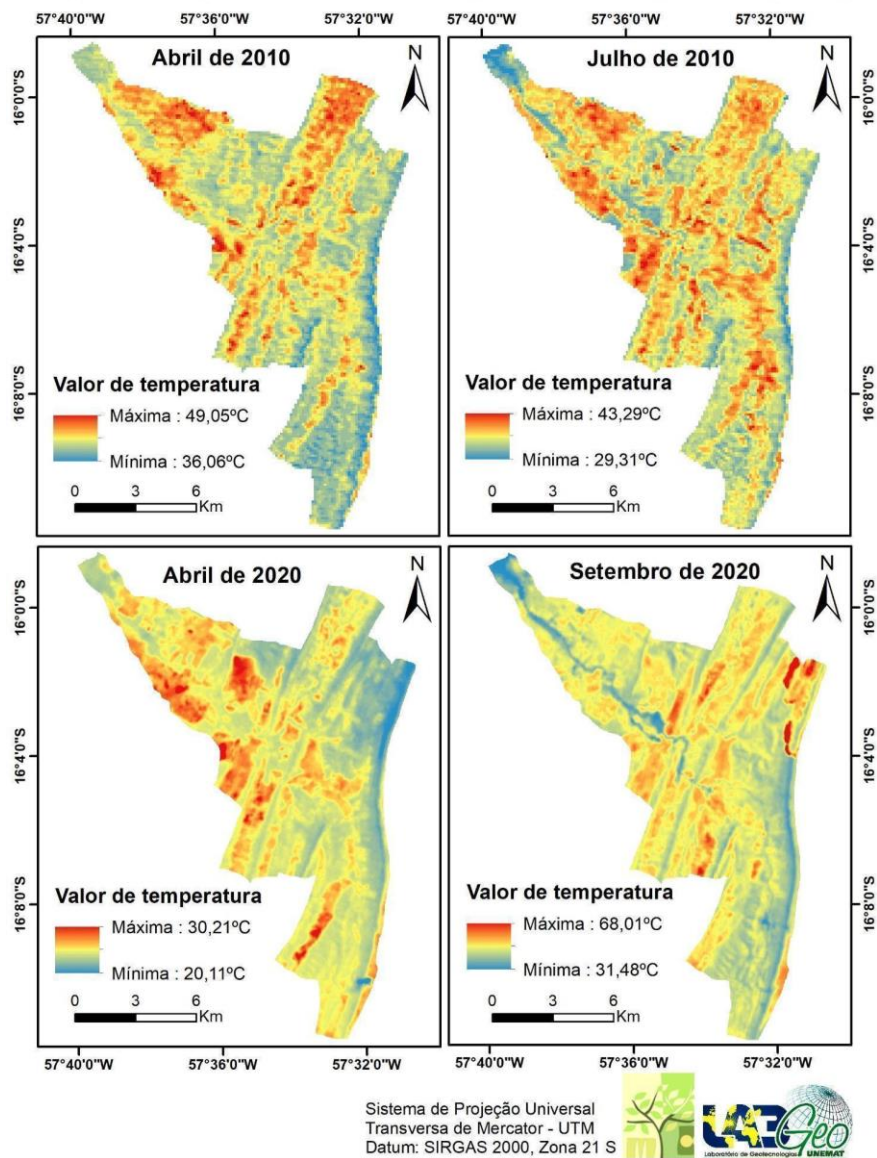


Figura 10. Temperatura superficial da BHCP em abril de 2010, julho de 2010, abril de 2020 e setembro de 2020. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Os valores de temperatura destoantes dos demais 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 pode-se observar que houve partes da superfície que apresentaram temperaturas de quase 70°C, devido à alteração de albedo causada pela queimada.

A tabela 4 apresenta a média da temperatura de cada classe de uso do solo e cobertura vegetal 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 4. Temperatura superficial média das classes de usos do solo e coberturas vegetais para início e fim da seca em 1990, 2000, 2010 e 2020, e média de todas as datas.

Cobertura vegetal e usos da terra	Área	1990		2000		2010		2020		Média		
		Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim	Geral
Floresta estacional semidecidual aluvial	101,07	-	38,97	51,45	53,47	40,84	35,94	24,81	35,58	39,03	40,99	40,01
Floresta estacional sempre verde Aluvial com dossel emergente	200,95	-	38,6	50,9	51,15	40,07	33,96	24,15	34,07	38,37	39,45	38,91
Savana arborizada sem floresta de galeria	6645,89	-	39,75	51,45	52,99	40,53	37,01	24,76	53,64	38,91	43,25	41,08
Savana parque sem floresta de galeria	10,6	-	39,93	51,77	54,98	42,03	36,18	24,22	36,51	39,34	41,9	40,62
Agricultura	58,76	-	38,32	50,79	49,5	40,24	36,24	24,31	37,79	38,44	40,46	39,45
Pastagem	2255,01	-	40,62	52,37	54,87	42,87	38,45	26,03	38,06	40,43	43	41,71

A unidade de medida da área está em km² e das temperaturas está em °C. Os dados da coluna do início de 1990 foram desconsiderados pela presença de nuvens na imagem. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Independentemente da diferença dos valores de temperatura máxima e mínima, encontrados entre as imagens analisadas, foi possível identificar que as menores temperaturas ocorrem em áreas predominantemente de vegetação mais adensada e próximas aos cursos hídricos, enquanto que em superfícies com vegetação menos espessa, como pastagem ou Savana, as temperaturas apresentaram valores maiores. Tal padrão é consoante ao encontrado em estudos de Klemp (2015), Caioni et al. (2018), Caioni et al. (2021); Silva et al. (2017), que atribuíram os resultados obtidos 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.

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

ideia de que as classes com mais cobertura vegetal experimentam temperaturas médias de superfície mais baixas do que aquelas com menos vegetação.

A figura 11 apresenta as áreas da bacia que não tiveram sua cobertura alterada ao longo do período analisado, tendo permanecido com o mesmo tipo de fitofisionomia de 1980 a 2020. As classes de Reflorestamento e de Vegetação secundária não constam no mapeamento pois só passam a constar na bacia a partir de 2000. As partes em branco no interior da bacia representam áreas em que houve alteração do tipo de cobertura entre uma data e outra, impossibilitando a identificação da dinâmica da temperatura por classe de uso do solo e cobertura vegetal ao longo do tempo.

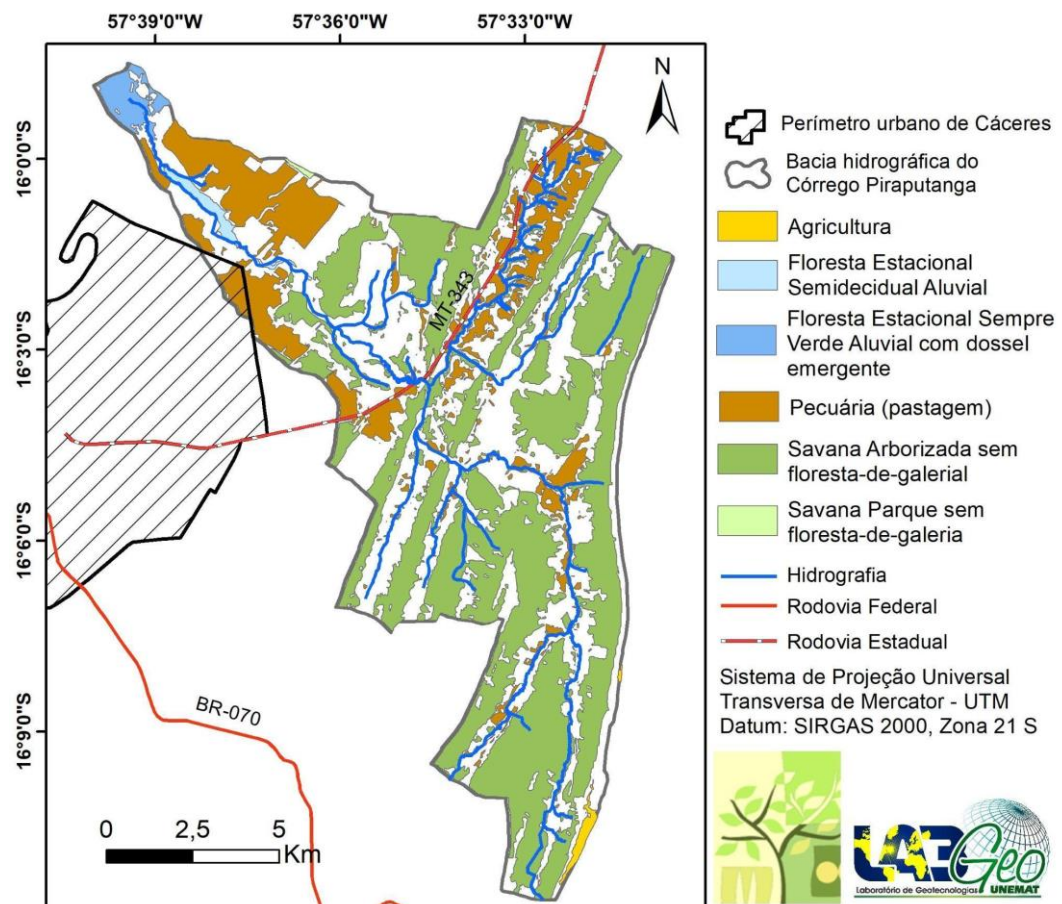


Figura 11. BHCP com as áreas de cobertura vegetal e uso da terra inalteradas entre 1990 e 2020. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

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%, foi obtido o resultado de que existe uma diferença significativa de temperatura entre as classes.

Devido à presença de nuvens na região, no momento da captura da imagem em maio de 1990, os resultados estatísticos para essa data não foram considerados na descrição dos resultados.

A Partir da significância da diferença entre as classes, gerada por meio do pós teste de *Dunn*, foi possível constatar que, por terem um p-valor menor que 0,05, algumas classes foram marcadamente diferentes entre si, ou seja, todos os resultados da Tabela 5 cujo valor seja menor que 0,05 indica 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 5).

Tabela 5. Comparação da temperatura superficial média das classes de usos do solo e coberturas vegetais para início e fim da seca em 1990, 2000, 2010 e 2020, para a qual p-valor menor que 0,05 indica diferença significativa entre as classes (p-valor<0,05).

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

Legenda: resultado do teste estatístico da significância da diferença entre as classes: 1 Agricultura, 2 Floresta estacional semidecidual aluvial, 3 Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente, 4 Pastagem, 5 Savana arborizada sem floresta de galeria, 6 Savana parque sem floresta de galeria. A coluna do início de 1990, identificada em cinza, não foi considerada na análise devido a presença de nuvens na imagem. Os campos de diferença significativa (p-valor<0,05) entre as classes

estão com asterisco (*) para destacar onde houve diferença. Os dados da coluna do início de 1990 foram desconsiderados pela presença de nuvens na imagem. **FONTE:** elaborado pela autora (2023).

Ao comparar Pastagem com a Floresta estacional semidecidual aluvial, a Floresta estacional sempre verde aluvial com dossel emergente e a Savana arborizada sem floresta de galeria foi encontrada diferença significativa nas sete combinações entre classes. Pastagem também apresentou diferença significativa de Agricultura em seis das sete combinações.

Uma maior temperatura na classe de pastagem (uso da terra) em relação à de cobertura vegetal é comumente encontrada e se justifica pelo fato de que áreas de pastagem têm menor capacidade de refletância que 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 (CAIONI, 2017b). Mildrexler et al. (2011) também explicam, 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).

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 explicada por haver uma semelhança na densidade de matéria vegetal verde entre essas classes (WANDERLEY et al., 2019).

5. CONCLUSÕES

Nas áreas de relevo movimentado, relativo às serras da Província Serrana, encontram-se as cabeceiras de drenagem, situadas no bioma Cerrado, e no relevo plano da bacia, no bioma Pantanal, elucidam as principais áreas que se diferenciam dentro da bacia.

A análise multitemporal da cobertura vegetal e do uso da terra na área de estudo evidenciou aumento das áreas destinadas à pastagem, resultando na diminuição das recobertas por vegetação natural, principalmente as savanas. Tal fato ocorre em consequência de as áreas de Savana terem sido desmatadas e convertidas em classes de uso da terra.

A análise da temperatura superficial das classes de cobertura vegetal de uso da terra mostrou que classes com menor densidade de cobertura vegetal apresentaram temperaturas superiores às classes de maior densidade, demonstrando haver significância na diferença da temperatura entre as classes de cobertura vegetal, que conservam uma maior densidade de vegetação, e as classes de uso, que tendem a diminuir ou mesmo remover a cobertura vegetal do solo.

Portanto, se faz necessário que medidas sejam tomadas para possibilitar a preservação e conservação da cobertura vegetal natural e da biodiversidade da bacia. Assim sendo, é essencial que as atividades econômicas desenvolvidas na área de estudo sejam orientadas pelo 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. A utilização dos saberes dos povos originários, que vem tendo comprovação científica pode ajudar a promover a conservação e coabitação com o ambiente na Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga/MT, em atendimento ao preconizado na constituição brasileira, relativo ao direito das gerações presentes e futuras população ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA A. J. O.; PIERANGELI M. A. P. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT. In: SANTOS, J. E, GALBIATI, C., MOSCHINI, L. E. **Gestão e Educação Ambiental: água, biodiversidade e cultura**. São Carlos, SP: Editora Rima, 2010. p. 1-30.

ALCÂNTARA, A. J. O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2010.

ALCÂNTARA, S. **Águas de balneários e cachoeira da Piraputanga estão impróprias para consumo e recreação**. Cáceres notícias. 23 jul. 2019. Disponível em: https://www.caceresnoticias.com.br/cidade/aguas-de-balnearios-e-cachoeira-da-piraputanga-estao-improprias-para-consumo-e-recreacao/652068?fb_comment_id=1902164603217253_1902493223184391. Acesso em: 24 jan.2023.

ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola [online]**, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.

ANDRADE, L. N. P. S.; LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. 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**. v. 6, n. 2, p. 253-270. 2013.

ARCGIS. ArcGIS: **Software**. 2007. Disponível em < <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acessado em 10 fev. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 320 p.

BEULE, L.; CORRE, M.D.; SCHMIDT, M.; GÖBEL L.; VELDKAMP, E.; KARLOVSKY, P. Conversion of monoculture cropland and open grassland to agroforestry alters the abundance of soil bacteria, fungi and soil-N-cycling genes. **Revista PLoS ONE**. v. 14, n. 6. 2019.

BISNETO, A. **Modelo de decisão espacial para seleção de aterros sanitários**. Monografia (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade federal rural do semi-árido. 76 p. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 01 set 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Institui o novo código florestal brasileiro.**

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto Radambrasil.** Folha SE 21 Corumbá e parte da folha SE. 20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto Radambrasil.** Levantamentos dos Recursos Naturais, Folha SD 21. Cuiabá, Rio de Janeiro: Secretaria Geral, 1982. 448 p.

CAIONI, C. Dinâmica da temperatura superfície do perímetro urbano de Alta Floresta, Mato Grosso. **Agrarian Academy**, v. 8, p. 31-39, 2021.

CAIONI, C., NEVES, S. M. A. S., CAIONI, S., PARENTE, T. L., RODRIGUES, B. P. Uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente no município Alta Floresta, mato grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 14, n. 25; p. 1221-1230, 2017a.

CAIONI, C.; NEVES, S. M. A. S. ; COCHEV, J. S. Análise da temperatura aparente dos elementos da paisagem da microbacia Pedra do Índio em Alta Floresta-MT. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina/PR, v. 39, n. 1, p. 11-18, jan./jul., 2018.

CAIONI, C.; NEVES, S. M. A. S.; SEABRA JÚNIOR., S.; NEVES, R. J. Análise multitemporal da temperatura superficial do município de Carlinda - Mato Grosso. **Boletim de geografia (ONLINE)**, v. 35, p. 26-40, 2017b.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S. de; A. NOGUEIRA, M. C. de J. Uso do Solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. **Modelagem de dados em geoprocessamento.** In: CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. (Coord). Geoprocessamento para projetos ambientais. 2 ed. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1998. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf. Acesso em: 17 out 2020.

CEBALHO, D. A.; MIRANDA, M. R. S.; MACHADO, T. S.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Análise do uso da terra e da estrutura da paisagem do município de Porto Esperidião/MT. **Revista ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, p.179-193, 2017.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; BARSÍ, J. A. Revised Landsat-5 thematic mapper radiometric calibration. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 4, n. 3. p. 490-494. 2007

COCHEV, J. S.; NEVES, S. M. A. S.; MENDES, M. F.; ROSSI, A. P. B.; PAIVA, S. L. P. Análise da fragmentação e estrutura populacional de *Dipterix atala* em dois assentamentos rurais no município de Cáceres no Mato Grosso, por meio das geotecnologias. *In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 6., 2016, Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá, 2016. p. 160-171.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S.C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/LandSat – 8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

DAN, V. L. C. **O acesso à cidade**: questões sócio-econômicas da cidade de Cáceres com enfoque na Praça da Feira. 2010. Dissertação (Mestrado em história, poder e práticas sociais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Londrina, PR, 2010.

EMAMI, H.; MOJARADI, B.; SAFARI, A. An Alternative Scaling Method for Cross-Validation of Land Surface Temperature from Remote Sensing Data: a case study of Fars Province. **Geomatics Science and Technology**. v. 6, n. 4, p. 1- 17, 2016.

EMBRAPA. LANDSAT – **Land Remote Sensing Satellite**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 17 out 2020.

EMBRAPA. **Geoeye**, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/geoeye> >. Acesso em: 13 Jun. 2023.

FERREIRA, R. S. **Viabilidade de um Segmento Espacial Dedicado ao Monitoramento da Floresta Amazônica**. Monografia – Universidade de Brasília, Engenharia aeroespacial, Brasília. 2018, p. 108.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.

FORNAZIEIRO, M. P. A.; PANCHER, A. M. Dinâmica do uso e cobertura das terras na bacia hidrográfica do Rio itaqueri/SP, utilizando-se métodos de classificação digital de imagem. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia física aplicada*. Instituto de geociência, 17., 2017, Campinas. **Anais [...]**, Campinas: UNICAMP, 2017. p. 6936-6947.

GOMES, M. F.; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; COSTA, A. N. M.; BARROS, P. C.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C. Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. **Land degradation and development**. v. 32 , n. 15, p. 4313-4326, 2021.

GÓMEZ PANTIGOSO, J. F. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para a integração da gerência de pavimentos urbanos com as atividades das concessionárias de serviços públicos**. 1998. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1998.

HENDGES, E. R.; FOLLADOR, F. A. C.; ANDRES, J. Estudo de correlação entre o uso e cobertura da terra com a temperatura de superfície registrada pelo satélite Landsat 8. **Revista sociedade & Natureza**, v. 32, n. 1, p. 357-366, 2020.

HUNG, T.; UCHIHAMA, D.; OCHI, S.; YASUOKA, Y. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 8, p. 34–48, 2006.

IBGE, **Imagens ortorretificadas**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/imagens-do-territorio/imagens-corrigidas/10851-imagens-ortorretificadas.html?=&t=o-que-e>. acesso em: 17 out 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**, Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=510250&search=matogrosso|caceres>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 175p.

IBGE. **MAPA ÍNDICE DIGITAL**: Mapeamento geral do Brasil. 4 ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 2011. 30 p.

RUDORFF, B, F. T. Brasil (Org.) **Produtos de sensoriamento remoto**. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: 17 out 2020.

IRIARTE, J.; ELLIOTT, S. S.; MAEZUMI, Y.; ALVES, D.; GONDA, R.; ROBINSON, M.; SOUZA, J. G.; WATLING, J.; HANDLEY, J. The origins of Amazonian landscapes: Plant cultivation, domestication and the spread of food production in tropical South America. **Quaternary Science Reviews**, v. 248, n. 15, e- 106582, 2020.

JANKOWSKI, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 9, n. 1, p. 251–273, 1995.

Kafy, A.-A., Hasan, MM, Faisal, A.-A., Islam, M., & Rahman, MS. Modelagem de mudanças futuras na cobertura da terra no uso da terra e seus impactos nas temperaturas da superfície da terra em Rajshahi, Bangladesh. **Aplicações de Sensoriamento Remoto: Sociedade e Meio Ambiente**, 2020.

KETEMA, Haile; YIMER, Fantaw. Soil property variation under agroforestry based conservation tillage and maize based conventional tillage in Southern Ethiopia. **Soil and Tillage Research**, v. 141, p. 25-31, 2014.

KLEMP, S. M. **Dinâmica espaço temporal da temperatura superficial da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral-MT por sensoriamento remoto**. 2015. 145 fls. Tese (Doutorado em Física ambiental) – Instituto de física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

KRENAK, A. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. 85 p.

LACERDA, M. G.; ANJOS, C. S.; SHIGUEMORI, E. H.; DAMIÃO, A. J. Influência dos parâmetros de segmentação de imagens em ortofotomosaicos confeccionados a partir de fotografias obtidas por aeronaves remotamente pilotadas de pequeno porte. *In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 19., 2019, Santos. **Anais [...]** Santos, 2019. p. 3323-3326.

LI, X.; ZHOU, Y.; ASRAR, G.; ZHU, Z. Criando um conjunto de dados diários de temperatura da superfície terrestre com resolução contínua de 1 km para áreas urbanas e vizinhas nos Estados Unidos. **Sensor Remoto Ambiente**. 2018 , 206 , 84-97.

LONG, D.; YAN, L.; BAI, L.; ZHANG, C.; LI, X.; LEI, H.; SHI, C. Generation of MODIS-like land surface temperatures under all-weather conditions based on a data fusion approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 246, 2020. Disponível em: doi:10.1016/j.rse.2020.111863. Acesso em: 11 fev 2023.

LORENZON, T. H. ; GALVANIN, E. A. S. ; NEVES, S. M. A. S. ; KREITLOW, J. P. ; MIRANDA, M. R. S. . Spatial-temporal dynamics of vegetation cover, land use and anthropogenic transformations of landscape in the Cabaçal river basin, Mato Grosso state, Brazil. **International Journal of Hydrology**, v. 6, p. 79-86, 2022.

MAEZUMI, S. Y.; ELLIOTT, S.; ROBINSON, M.; BETANCOURT, C. J.; GREGORIO, S. J.; ALVES, D.; GROSVENOR, M.; HILBERT, L.; URREGO, D. H.; GOSLING, W. D.; IRIARTE, J. Legacies of Indigenous land use and cultural burning in the Bolivian Amazon rainforest ecotone. **Philosophical transactions of the Royal society**. v. 377, n. 1849, 2022.

MANENTI, V. D.; GUGLIELMI, M. P. K.; LADWIG, N. I. Georreferenciamento de mapas históricos no autocad map 3D. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 25, n. 1, p. 83-94, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**: projetos de pesquisa, pesquisa bibliográfica, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso. 8. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso**: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes. Cuiabá-MT: Central de Texto, 2017. 108 p.

MENDES, M. F.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Políticas públicas, agroecologia e agroextrativismo nos assentamentos rurais do município de Cáceres, região Sudoeste Mato-grossense. **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 89-104, 2016.

MENDES, M. F. 235f. **POLÍTICAS PÚBLICAS EM ASSENTAMENTOS RURAIS: potencialidades e limitações do PAA e do PNAE em Mato Grosso**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás – IESA/UFG.

MENESES, P. R.; DE ALMEIDA, T.; DE MELLO BAPTISTA, G. M. **Reflectância dos materiais terrestres**. Oficina de textos, 2019.

MESSIAS, C. G. Análise comparativa entre o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal utilizando imagens de média e alta resolução espacial. **Revista Geonorte**, Edição especial, v. 2, n. 4, p. 1230-1243, 2012.

MILDREXLER, D. J.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 116, n. G3, 2011.

MINAMI, P.; RIBEIRO, E. S.; MARTINS, V. G.; MOREIRA, E. L. Florística e fitossociologia em mata de galeria e cerrado no município de Nova Mutum – MT, Brasil. **Revista biodiversidade**. v. 6, n.1, 2017.

MIRANDA, M. R. S. ; NEVES, S. M. A. S. . Dinâmica da estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Jauru/Mato Grosso. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, v. 20, p. 63-77, 2019.

MUCHANE, M. N.; SILESHI, G. W.; GRIPENBERG, S.; JONSSON, M.; PUMARIÑO, L.; BARRIOS, E. Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. Volume 295, 15 June 2020.

NEJAD, M. F.; ZORATIPOUR, A. Assessment of LST and NDMI indices using MODIS and Landsat images in Karun riparian forest. **Journal of Forest Science**, v. 65, p. 27–32, 2019.

NEVES, L. F. S. ; NEVES, S. M. A. S. ; CANALE, G. . 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 (UFG)**, v. 8, p. 130-149, 2014.

NEVES, R. J.; CRUZ, C. B. M. O uso de representações gráficas geradas a partir de ferramentas de geoprocessamento nos estudos em sala de aula – Pantanal de Cáceres/MT. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 59. p. 45-53, 2007.

NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; PAIVA, S. L. P.; FREITAS, L. E.; KREITLOW, J. P.; MUNIZ, C. C. Análise, subsidiada nas geotecnologias, dos compartimentos morfopedológicos da bacia hidrográfica do rio Piraputanga/MT, Brasil. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 10., 2014, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: SINAGEO; 2014. p. 402-406.

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio as atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

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. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4., 2012,

Bonito/MS: **Anais** [...]. Embrapa Informática Agropecuária/INPE/UNEMAT/UFMS, 2012. p. 1181-1192.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. D. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre, Departamento de Astronomia - IF-UFRGS, 2014.

OLIVEIRA, E. M. D.; SANTOS, W. M. B.; MORAIS, J. L. D.; BASSETTI, F. D. J.; BERGAMASCO, R. Percepção ambiental e sensibilização de alunos de colégio estadual sobre a preservação de nascente. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 30, n. 1, p. 23-37, 2013.

OMM. **Organização Meteorológica Mundial**. Conferência internacional sobre água e meio ambiente: o desenvolvimento na perspectiva do século 21. Relatório da Conferência internacional sobre água e meio ambiente, Dublin, Irlanda. 26 a 31 de janeiro de 1992. Disponível em: <https://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/documents/english/icwedece.html>. Acesso em: 06 set 2020.

PACHECO, M. N. O uso do SIG – **Sistema de Informações Geográficas na gestão de dados de monitoramento ambiental**. 2014. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia ambiental). Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma, 2014.

PACHECO, M. R. P. dos S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos avançados [online]**. v. 4, n. 9, p. 204-220, 1990.

PAIVA, S.; NEVES, S.; NEVES, R.; MIRANDA, M. Ações antrópicas na área de preservação permanente do córrego Sangradouro em Cáceres/MT, e suas implicações nos aspectos físico-químico da água. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 56, p. 49-61, 2015.

PICOLI, M. C. A.; CAMARA, G.; SANCHES, L.; SIMÕES, R.; CARVALHO, A.; MACIEL A.; COUTINHO, A.; ESQUERDO, J.; ANTUNES, J.; BEGOTTI, R. A.; ARVOR, D.; ALMEIDA, C. Big earth observation time series analysis for monitoring Brazilian agriculture. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. v. 145, p. 328-339, 2018.

PILAR, T.; SOUSA SANTOS, J.; VINICIO VIEIRA VITA, M.; KEIVISON MOREIRA DE SOUZA, E.; JORGE DE OLIVEIRA, M. Implementação de pontos materializados na Universidade Federal do Pampa – Campus Itaquí - RS. *In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 10, 2018, Santana do Livramento. **Anais** [...] Santana do Livramento, 2018. p. 328-339.

POLLO, R. A.; SILVA, C. O. F.; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, B. T. **Geotecnologias aplicadas ao manejo de bacias hidrográficas: o caso da bacia do Rio Lavapés em Botucatu (SP)**. *In: AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M.* Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações. ANAP, 220 p. 2018.

RAMOS, A. W. P.; LUZ, C. C. S.; NEVES, S. M. A. S.; FREITAS; NEVES, L. F. S. Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 55, p. 812- 827. 2018.

RETALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

RIBEIRO, C. M. **As geotecnologias no ensino de geografia: análise das coleções didáticas do ensino médio do PNLD 2015**. 2018. 185 f. Dissertação (pós-graduação em geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2018.

RODRIGUES, L. C. ; NEVES, S. M. A. S. ; SILVA, M. B. ; KREITLOW, J. P. ; PAIVA, S. L. P. . Análises da transformação antrópica e morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Piraputanga, Mato Grosso, Brasil. **GEO UERJ (2007)**, v. 39, p. 2021.

RODRIGUES, L., NEVES, S., MENDES, M., SCHAFFRATH, V., & KREITLOW, J. Antropização em assentamentos rurais de Cáceres/MT e suas repercussões no estado de conservação da paisagem. **ACTA Geográfica**, v. 14, n.35, p.165-184, 2020.

ROJAS, M. B.; SILVA, R. N. F.; MELO, E. I.; NETO, J. V.; RESENDE, G. C.; MAXIMO, L. F. Análisis ambiental preliminar y georreferenciamiento del Rio Munbuca em Monte Carmelo – MG, Brasil. **Revista de ciência y tecnologia**, v. 21, n. 32. p. 76-81, 2019,

SANTOS, G. A. M.; MOURA, W. N.; TRENTIN, A. B. Análise comparativa algoritmos para classificação do uso do solo no município de Santa Catarina. **Anais 9º Salão Internacional de ensino, pesquisa e extensão – SIEPE**, Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, p. 3-18, 2017.

SANTOS, H. G. (org.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 5. ed., rev. e ampl., Brasília: EMBRAPA, p. 531, 2018.

SCHOLLAERT UZ, 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. Earth Observations and Integrative Models in Support of Food and Water Security. **Remote Sensing in Earth Systems Sciences**. v. 2. p. 18-38, 2019.

SHALABY, A.; TATEISHI, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. **Applied Geography**, v. 27, n. 1. p. 28–41, 2007.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações geo-referenciadas**. Campinas: Unicamp, 2003. 236 p.

SILVA, G. J. O. ; CAIONI, C. ; SOUZA, V. L. ; RAMOS, A. W. P. ; NEVES, S. M. A. S. ; GALVANIN, E. A. S. Ilhas de calor nas cidades contidas na Bacia do Alto Paraguai,

Brasil. In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2016, Cuiabá/MT. **Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 2016. p. 433-441.

SILVA, G. J. O. ; NEVES, S. M. A. S. ; RAMOS, A. W. P. ; GALVANIN, E. A. S. . 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, 2021.

SILVA, G. J. O.; NEVES, S. M. A. S.; RAMOS, A. W. P.; GALVANIN, E. A. S. Dinâmica da cobertura vegetal e Uso da terra da Bacia hidrográfica do Rio Sepotuba-MT, Brasil. **Revista Caminhos de geografia**, v.22, n.80, p. 81-96, 2021.

SILVA, J. S. V.; NEVES, S. M. A. S.; BASOTTI, I. S. Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Paraná no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. In: Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL), 2017, La Paz. **Anais Geografía viva desde el corazón de América Latina**. La Paz: Instituto de Investigaciones Geográficas, 2017. v. 1. p. 1-14.

SILVA, M. A.; NEVES, R. J.; NEVES, S. M. A. S.; MENDES, M. F.; NEVES, L. F. S. Avaliação da infraestrutura dos empreendimentos rurais de Cáceres/MT, para fins turísticos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 2570-2582, 2013.

SIQUEIRA, E. M. **História de Mato Grosso**: Seleção de Conteúdo para o Concurso Público do Governo de Mato Grosso. 1 Ed. Editora Entrelinhas. 2009. p. 4-7.

SOARES, R.V. e BATISTA, A.C. **Meteorologia e Climatologia Florestal**. UFPR. 2004. 195 p.

SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B. Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga, Cáceres, Mato Grosso – Brasil: caracterização ambiental e dinâmica fluvial. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, v. 4, n. 1, p. 83 - 103. 2014.

STEPHENS, L. et al. Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use. **Science**, v. 365, n. 6456, p. 897-902, 2019.

TAVARES, C. C. **Bacia do córrego Piraputanga, Cáceres, Mato Grosso**: aspecto físico-químico do solo, qualidade da água e a capacidade de uso da terra. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Cáceres, MT, 2019.

TEIXEIRA, A. H. C.; QUARTAROLI, C. F.; LEIVAS, J. F.; ALVAREZ, I. A.; TAKEMURA, C. M.; GARÇON, E. A. M. Geotecnologias para caracterização biofísica da região do circuito das frutas de São Paulo. In: XVIII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 18., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Universidade federal do Ceará. p. 1-12, 2019.

TIMBÓ, M. A. **Elementos de Cartografia**. Departamento de Cartografia, UFMG. 59 p., 2001.

TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. Nobel, 1984. 374 p.

USGS. Geological Survey. **Serviço de Levantamento Geológico Americano**, 2020. Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 04/08/2013 EUA. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov>. Acesso em: 15 Out. 2020.

USGS. 2015. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. EROS Sioux Falls, South Dakota. 105 p. Disponível em: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-data-users-handbook>. Acesso em: 24 de Ago de 2020.

VALÉRIO FILHO, M.; ARAÚJO JUNIOR, G. J. L. Técnicas de geoprocessamento e modelagem aplicadas no monitoramento de áreas submetidas aos processos erosão do solo. *In*: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 5., 1995, Bauru. **Anais [...]**. Bauru, 1995, p. 279-82.

VIADANA, A. G.; MARQUES NETO, R. Abordagem biogeográfica sobre a fauna silvestre em áreas antropizadas: O sistema atibaia-jaguari em americana (SP). **Revista Sociedade e Natureza**, v. 18, n. 35 p. 05-21, 2006.

Wu, P.; Zhixiang Y.; Hui Y.; Yanlan W.; Xiaoshuang M. Reconstruindo imagens de temperatura da superfície terrestre de satélite geoestacionário com base em uma rede neural convolucional conectada por recurso multiescala. **Sensoriamento Remoto**. v. 11, n. 3. 2019.

MILDREXLER, D. J.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests. **Journal of Geophysical Research**, v. 116, n. 1, p. 1–15, 2011.

WANDERLEY, R. L. N. DOMINGUES, L.M.; JOLY, C.A.; DA ROCHA, H.R.. "Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic forest region, Brazil. **PLoS ONE**, V. 14, N.12, p. 1–19, 2019.