



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 6, nº 2 (2020)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID19766>



ANÁLISE MULTITEMPORAL EM ÁREAS DE NASCENTE NA ZONA URBANA DE IGUATEMI (MS)

**Darlene Gris¹; Helen Rezende de Figueiredo²;
Antonio Conceição Paranhos Filho³**

¹Doutora em Ecologia e Conservação, Grupo de Pesquisa em Ecologia Florestal, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), Tefé/AM, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-9997>

Email: darlenegris@hotmail.com

²Doutora em Doenças Infecciosas e Parasitárias, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande/MS, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-8305>

Email: helenrezende.bio@gmail.com

³Doutor em Geologia Ambiental, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande/MS, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9838-5337>

Email: antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Resumo

Áreas úmidas são ecossistemas muito importantes para preservação da água e da vida, fornecendo diversos serviços ecossistêmicos. São ambientes frequentemente associados a áreas de nascentes, com espécies e outras características bastante particulares. Esse trabalho objetivou analisar as áreas úmidas na região urbana de Iguatemi (MS) quanto aos tipos de nascentes e as alterações sofridas pelas ações antrópicas durante o período de 1985 e 2017. Para tanto, foram realizadas técnicas de delimitação de bacia hidrográfica utilizando imagens de radar SRTM, bem como uma análise multitemporal a partir da fotointerpretação da refletância das bandas espectrais. Para as análises foram utilizadas imagens disponibilizadas gratuitamente, bem como softwares livres e gratuitos. Foi possível confirmar que as nascentes presentes na área são do tipo perene, ou seja, nunca secam. Além disso, as análises multitemporais permitiram identificar alterações no uso da área e consequentemente na preservação da área úmida, com mudanças geradas principalmente pelo plantio comercial de eucalipto. Considerando

a importância econômica, social e ecológica das áreas úmidas, sugere-se a conservação dessa área.

Palavras-chave: Geotecnologias; Área úmida; QGIS.

MULTITEMPORAL ANALYSIS IN SPRING AREAS IN THE URBAN ZONE OF IGUATEMI (MS)

Abstract

Wetlands are ecosystems very important for preserving water and life, since they provide diverse ecosystem services. These environments are often associated with spring areas, with particular species and other very particular characteristics. This study aimed to analyze a wetland in an urban region of Iguatemi (MS), in relation to the kind of springs and the changes caused by anthropic actions in a period from 1985 to 2017. For this purpose, watershed delimitation techniques were carried out using SRTM radar images, as well as a multitemporal analysis from the photointerpretation of the reflectance of the spectral bands. For the analysis, free images were used, as well as free software. It was possible to confirm that the springs present in the area are of the perennial type, that is, they never dry out. In addition, the multitemporal analysis allowed to identify changes in the use of the area and, consequently, in the preservation of the wetland, with changes mainly generated by the commercial planting of eucalyptus. Considering the economic, social and ecological importance of wetlands, it is suggested to conserve this area.

Keywords: Geotechnologies; Wetland; QGIS.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL EN ÁREAS DE MANANTIALES EN LA ZONA URBANA DE IGUATEMI (MS)

Resumen

Los humedales son ecosistemas muy importantes para preservar el agua y la vida, que brindan diversos servicios ecossistémicos. Son ambientes a menudo asociados con áreas de manantiales, con especies y otras características muy particulares. Este trabajo tuvo como objetivo analizar los humedales en la región urbana de Iguatemi (MS) con respecto a los tipos de manantiales y los cambios sufridos por las acciones antrópicas durante el período de 1985 y 2017. Para este propósito, se utilizaron técnicas para delimitar la cuenca hidrográfica utilizando imágenes de radar SRTM, así como un análisis multitemporal a partir de la

fotointerpretación de la reflectancia de las bandas espectrales. Los análisis utilizaron imágenes disponibles de forma gratuita, así como software gratuito. Fue posible confirmar que los manantiales presentes en el área son de tipo perenne, es decir, nunca se secan. Además, los análisis multitemporales permitieron identificar cambios en el uso del área y, en consecuencia, en la preservación del área húmeda, con cambios generados principalmente por la plantación comercial de eucaliptos. Considerando la importancia económica, social y ecológica de los humedales, se sugiere la conservación de esta área.

Palabras-clave: Geotecnologías; Humedales; QGIS.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Convenção de Ramsar (IUCN, 1971) áreas úmidas (AUs) incluem áreas de pântanos, brejos, turfeiras, entre outros, de origem natural ou artificial, permanentes ou temporárias, com água corrente ou estagnada, podendo apresentar água doce, salina ou salobra e incluem ainda áreas marinhas até uma profundidade de seis metros quando na maré baixa. Dessa forma, AUs são ecossistemas que apresentam comunidades vegetais e animais particulares e adaptadas as suas dinâmicas hídricas (JUNK et al., 2013).

As AUs são ambientes que fornecem importantes serviços ecossistêmicos e ecológicos, que são fundamentais a manutenção de espécies da flora e fauna, bem como ao bem-estar humano (MMA, 2020). AUs estão frequentemente associadas a áreas de nascentes de rios/riachos, além disso, elas funcionam como tampões hidrológicos nas paisagens, diminuindo os eventos de picos de enchentes ou secas, têm grande importância na estocagem e limpeza de água, fornecem águas subterrâneas por infiltração, abastecendo o lençol freático, participam da estocagem de carbono e regulação de ciclos biogeoquímicos, apresentam comunidades vegetais e animais complexas e podem abrigar populações humanas tradicionais, fatores esses que justificam sua importância ecológica, econômica e social (JUNK et al., 2014; NUNES DA CUNHA; JUNK, 2014).

Essas áreas estão entre os ecossistemas mais ameaçados pela destruição humana, no mundo inteiro (JUNK et al., 2014). Com a intensa expansão dos meios urbanos, AUs frequentemente são integradas e afetadas pelas áreas urbanas, sofrendo com a intensa influência e as alterações causadas pelo uso das áreas em seu entorno. Assim, é de extrema importância entender as alterações que as AUs urbanas, ou próximas às áreas urbanas sofrem, a fim de pensar em medidas para preservação/manutenção das mesmas, visto sua enorme importância para manutenção da água e da vida.

Nesse contexto, o uso de técnicas que combinam Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem, de maneira fácil e precisa, realizar uma estimativa da dinâmica de alterações na cobertura do solo em uma determinada área (RAWAT; KUMAR, 2015; DOURADO et al., 2019). Por sua vez, a aplicação de análises multitemporais permitem estudar cenas de um mesmo local durante um período de tempo, acompanhando as alterações apresentadas nesse período (TORRES et al., 2011). Análises que buscam avaliar as mudanças no uso das áreas em determinados períodos de tempo

são amplamente aplicadas para entender as alterações geradas pelas ações antrópicas (e.g. PARANHOS FILHO et al., 2014; PERES et al., 2016; MIRANDA; PARANHOS FILHO; POTT, 2018; SILVA; DALMAS; PARANHOS FILHO, 2018; DOURADO et al., 2019).

Assim, este estudo teve como objetivo analisar uma AU na região urbana de Iguatemi, MS, averiguar se as nascentes encontradas nessa AU são perenes ou intermitentes, bem como realizar uma análise multitemporal e verificar as alterações no uso dessa área entre 1985 e 2017.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A área estudada encontra-se Município de Iguatemi, na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, aproximadamente 460 km da capital, Campo Grande (Figura 1). Nessa região o clima é do tipo subtropical, Cfa na classificação de Köppen, com verão quente (ALVARES et al., 2013). A vegetação na região é constituída por Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991) podendo ocorrer áreas com influência de Cerrado e o solo é do tipo Latossolo Vermelho (ZEE/MS, 2015).

A área de estudo é composta por uma AU em zona urbana e porção do Córrego Sacarón, próximos a região residencial, comercial e as margens da rodovia. Faz parte da microbacia do Córrego Sacarón, que é um dos principais afluentes do Rio Iguatemi. Na AU o solo é do tipo Gleissolo (SANTOS et al., 2018), hidromórfico, preto-acinzentado, com diferentes níveis de encharcamento e vegetação herbácea típica de AUs. A área estudada abrange parte de duas propriedades: uma chácara (148924 m²) e uma madeireira (26000 m²). Como critério de comparação para as análises da área, foram também analisadas AUs que se encontram sob proteção em área do Terceiro Esquadrão Destacado do Exército Brasileiro, também na cidade de Iguatemi, MS. As áreas foram visitadas em março de 2018 para confirmação das informações.

2.2. Obtenção dos dados

Foram utilizadas imagens Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*): Landsat 5, sensor *Thematic Mapper* (TM); Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), e Sentinel-2B, do Programa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI). Os satélites da missão Landsat, apresentam imagens multiespectrais e resolução espacial de 30 metros, com Landsat 5 operando de 1984 a 2011 e Landsat 8 operando a partir de 2013. Enquanto as imagens da missão Sentinel-2B estão disponíveis desde 2017 e apresentam maior resolução espacial de 10 e 20 metros, assim observa-se maior detalhamento das feições nas imagens. Optou-se pelo uso de imagens Landsat por serem uma ferramenta interessante nesse tipo de estudo, uma vez que são obtidas gratuitamente e principalmente por estarem disponíveis desde o ano de 1984, o que permitiu a realização de uma análise multitemporal, acompanhando as alterações na área no decorrer desse período.

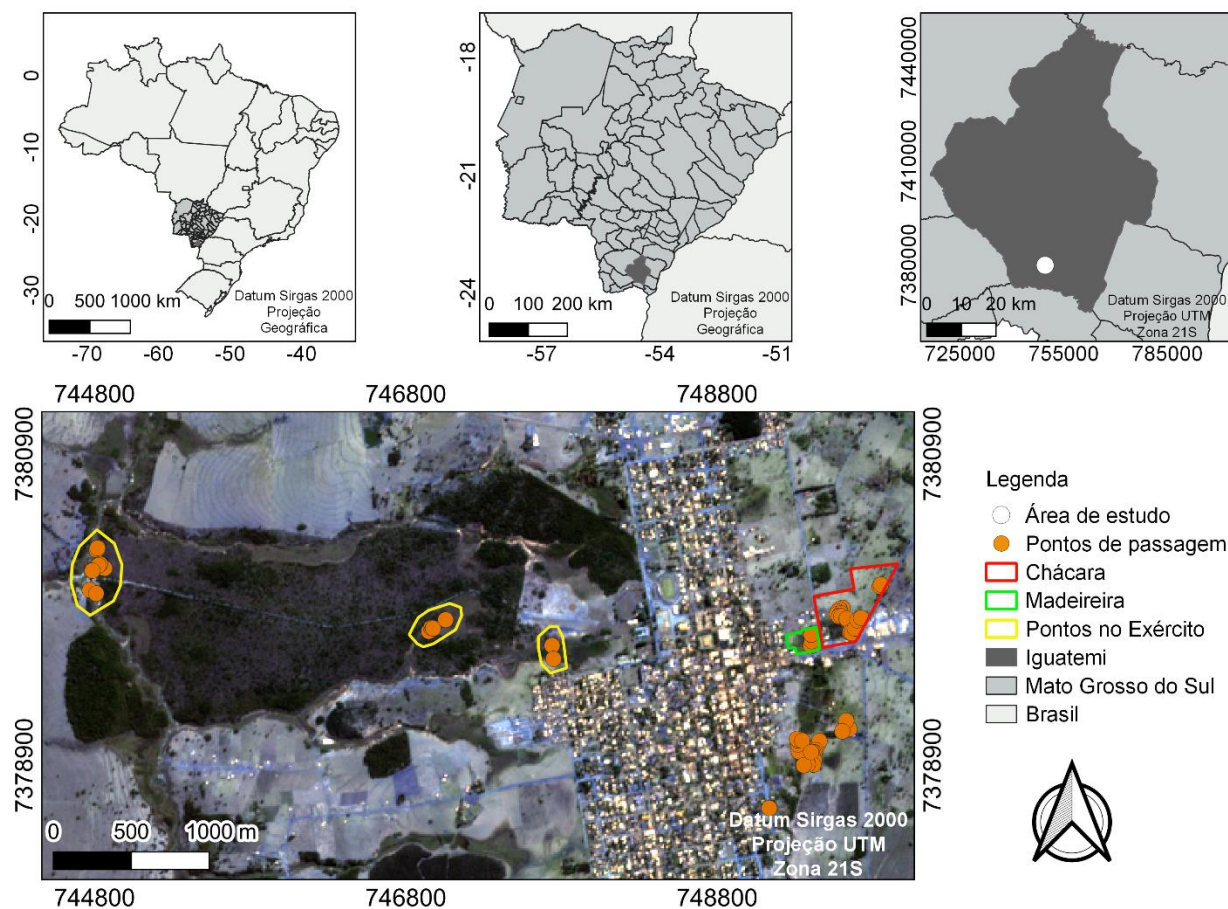


Figura 1 – Área de estudo localizada no Município de Iguatemi, região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul. Imagem: Sentinel-2B, data de passagem: 04 de agosto de 2017.

As imagens foram obtidas de acordo com a disponibilidade de cenas para cada ano de interesse e considerando a ausência de nuvens e de falhas nas cenas. As cenas foram selecionadas no website do *Earth Explorer* (Serviço Geológico dos Estados Unidos - *United States Geological Survey*, USGS, 2018a). Esses produtos sob demanda estão georreferenciados e com correção atmosférica, os dados de refletância e os cálculos de correção atmosféricas estão disponíveis no website do USGS (2018b).

Foram selecionadas imagens dos meses de agosto e setembro, correspondendo a época seca, no período de 1985 a 2017, conforme Tabela 1.

Os dados foram exportados para o software livre QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), e as cenas foram reprojetadas, Universal Transversa de Mercator (UTM), Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000, zona 21S, quando necessário.

Tabela 1 – Informações sobre as cenas selecionadas para as análises dos dados de área úmida na cidade de Iguatemi, MS. Imagens obtidas no site Earth Explorer, referenciadas como: 1985 (USGS, 2018c); 1990 (USGS, 2018d); 2000 (USGS, 2018e);

2007 (USGS, 2018f); 2008 (USGS, 2018g); 2011 (USGS, 2018h); 2013 (USGS, 2018i); 2017 (USGS, 2018j).

Satélite	Sensor	Data de passagem	Órbita/ ponto
Landsat 5	TM	22/08/1985	224/076
		04/08/1990	224/076
		15/08/2000	224/076
		04/09/2007	224/076
		21/08/2008	224/076
Landsat 8	OLI	15/09/2011	224/076
		04/09/2013	224/076
Sentinel-2B	MSI	04/08/2017	T134209

2.3. Delimitação de bacia hidrográfica

Com o intuito de identificar a quais bacias hidrográficas pertenciam as AUs, primeiramente foi realizada a técnica de delimitação de bacia hidrográfica. Para tanto utilizou-se imagens da missão espacial SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que consistem em imagens de radar com informações sobre a elevação terrestre. Foram utilizadas imagens de Mato Grosso do

Sul, que foram obtidas no site do USGS (USGS, 2018k). Foram delimitadas as microbacias e depois a drenagem dos rios, utilizando-se a ferramenta GRASS (GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2016), no software QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016). Essa ferramenta utiliza o algoritmo AT (*least-cost search*) descrita por Ehlschlaeger (1989).

2.4. Análise multitemporal

A análise temporal das imagens foi realizada a partir da fotointerpretação da refletância das bandas espectrais, que são definidas como o intervalo entre dois comprimentos de onda no espectro eletromagnético. Foi realizado o empilhamento das bandas espectrais através da técnica de mosaico e posteriormente foi gerada a composição falsa-cor dos canais do RGB com as bandas do infravermelho próximo (NIR), infravermelho médio (SWIR1) e a banda do visível do vermelho (*Red*). A escolha dessas bandas está relacionada a resposta espectral dos alvos de interesse, sendo a vegetação, lâmina de água e corpos hídricos. A vegetação com vigor fotossintético absorve a onda do espectro eletromagnético do vermelho e reflete os espectros do infravermelho. Nos corpos hídricos, em geral, a refletância é elevada no intervalo espectral correspondente à luz azul e as demais são gradativamente absorvidas, sendo que no espectro dos infravermelhos a luz é totalmente absorvida (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2004; NOVO; BARBOSA; LOBO, 2019). As bandas espectrais correspondentes a estas composições estão apresentadas na Tabela 2.

A fotointerpretação consiste na análise de tonalidade, cores, texturas, estrutura, padrão, sombreamento, localização, forma e tamanho de acordo com os critérios de Fitz (2008), conforme as diferenças das respostas espectrais de cada alvo.

Tabela 2 – Satélite, sensor e as bandas espectrais correspondentes para a composição RGB usadas para as imagens obtidas

Satélite/ Sensor	Bandas espectrais da composição RGB
Landsat 5/ TM	4-5-3
Landsat 8/ OLI	5-6-4
Sentinel-2B/ MSI	8-4-11

3. RESULTADOS

A delimitação de bacia hidrográfica através de imagens de radar (SRTM) confirmou que essa é uma região de nascentes do Córrego Sacarón, afluente do Rio Iguatemi (Figura 2). Além disso, a partir das análises multitemporais foi possível observar que essas nascentes encontradas na região são do tipo perene (Figuras 3 a 10).

A análise das imagens de satélite, bem como a visita *in loco* permitiu observar que existe nessa região um rebaixamento do terreno, onde ocorre a formação de um lago. Ao analisar as mudanças observadas no uso dessa área no decorrer dos anos, observa-se que do ano de 1985 para 1990 houve um aumento na concentração de água na região em que se encontra o lago (Figura 3 e 4). Entre 1990 e 2000 ocorreu uma diminuição da quantidade de água, bem como da vegetação no entorno (Figura 4 e 5).

Observa-se no ano de 2007 que ocorreu a retirada da vegetação no terreno no entorno do lago e entre os anos de 2007 e 2011 ocorreu o plantio de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) na região, no entorno e dentro da AU, sendo possível observar uma redução no volume de água (Figuras 6 a 8). No ano de 2013 boa parte dessa plantação foi retirada (Figura 9), porém a quantidade de água no local se manteve baixa. No intervalo até o ano 2017 a quantidade de água voltou a aumentar (Figura 10), sendo que no momento da visita *in loco*, em 2018, o lago encontrava-se cheio. Em 1985 a área do lago provavelmente era de 25523 m² com maior volume hídrico no centro e nas bordas apenas lâmina de água. De 2008 até 2013 o volume de água reduziu drasticamente. Já a área ocupada era aproximadamente 7332 m² em 2008, enquanto em 2013 houve um aumento no tamanho da área úmida que passou a apresentar 10444 m². Atualmente encontra-se como Área de Preservação Permanente (APP) com 16828 m².

4. DISCUSSÃO

Em visita a área, confirmou-se a presença de solo do tipo hidromórfico, típico de área úmida, como descrito por Junk et al. (2014), com coloração preto-acinzentado, pertencentes à classe dos Gleissolos, localizados em AUs e veredas com maiores concentrações de argila nas camadas subsuperficiais (RAMOS et al., 2006; SOUSA et al., 2011; SANCHES et al., 2012; RAMOS et al., 2014).

Além disso, acredita-se que essa AU seja uma vereda, baseado nas características do solo, nível de encharcamento e na ocorrência de vegetação herbácea típica de áreas úmidas, formada principalmente por espécies das famílias Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae e Xyridaceae, que podem ser famílias predominantes em áreas de veredas (MOREIRA et al., 2015), mas estudos mais aprofundados relacionados a caracterização da vegetação são necessários para a confirmação. Veredas são um tipo de AU, uma das possíveis fitofisionomias do bioma Cerrado, que se localizam em depressões alongadas e rasas no terreno (GUIMARÃES; ARAÚJO; CORRÊA, 2002; NUNES DA CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2014). Esse tipo de AU ocorre em solos hidromórficos, que passam a maior parte do ano saturados por água, ocupando geralmente locais próximos a corpos d'água, como vales ou áreas planas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As nascentes observadas na AU são do tipo perene, ou seja, que não secam no período de estiagem, além disso, confirmou-se que essas nascentes pertencem a cabeceira do Córrego Sacarón, que é um dos principais afluentes do Rio Iguatemi, que por sua vez, faz parte da bacia do Rio Paraná. Neste caso, as nascentes são do tipo difusa, formando pequenas nascentes por todo o terreno, que, se há pouca vazão apenas encharca o solo, mas quando a vazão é grande, acumula água na camada impermeável que fica paralela à parte mais baixa do terreno e, estando próximo a superfície, acaba por formar um lago (CALHEIROS et al., 2009; BARRETO; RIBEIRO; BORBA, 2010). No caso da área em questão, ocorre a formação de um lago que sofre também influência da construção da rodovia, que aumenta o represamento da água.

Observa-se uma mudança no uso das áreas no decorrer dos anos, com períodos de maior e menor concentração de água, dependendo das ações antrópicas efetuadas na área. Nos anos de 2007 a 2012 houve o plantio de eucalipto na área da chácara e

dentro da AU e observou-se que, nesse período, as nascentes secaram, mas após a retirada dos eucaliptos houve o retorno do acúmulo de água. Em comparação, no mesmo período, quando observamos áreas adjacentes, como a área a jusante das nascentes da chácara e na reserva da área do exército, verificou-se que as AUs apresentavam lâmina d'água, demonstrando que apesar de ser época de estiagem, as nascentes não secaram. Alguns estudos sugerem que o plantio de eucalipto pode ser um problema na manutenção dos níveis de água, uma vez que essa é uma espécie de crescimento rápido e vigoroso, e, portanto, demanda alta

quantidade de água (CALHEIROS et al., 2009; BARRETO; RIBEIRO; BORBA, 2010). Ações antrópicas como essa, que afetam drasticamente as características da AU e a preservação das nascentes devem ser evitadas com o intuito de conservar essas importantes áreas. Vale lembrar que essas áreas fornecem importantes serviços ecossistêmicos (MMA, 2019) e que a estrutura e função dessas AUs vêm sendo frequentemente ameaçadas pelas inúmeras intervenções antrópicas (JUNK et al., 2014) o que reforça as necessidades de políticas que auxiliem a preservação desses importantes ambientes.

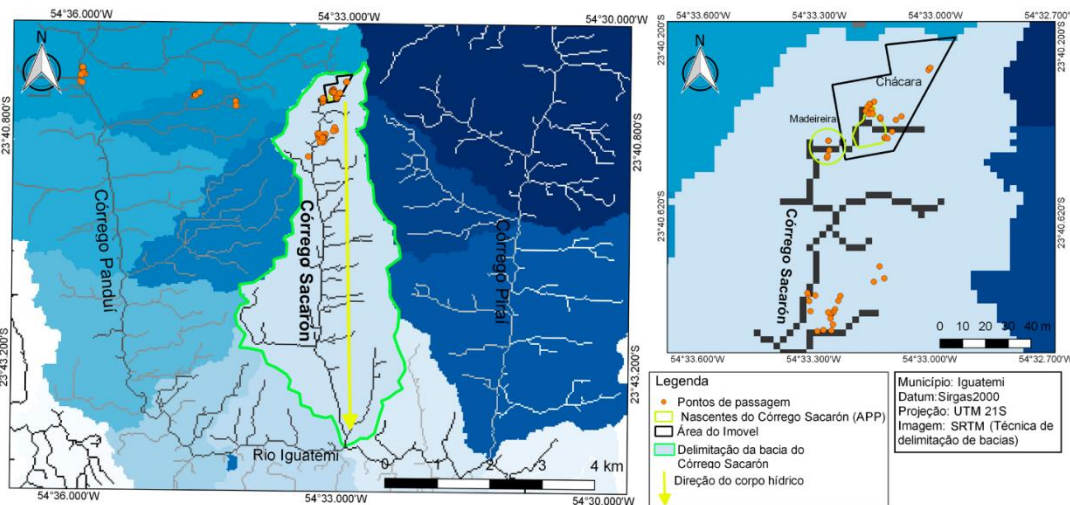


Figura 2 – Delimitação de bacia hidrográfica através de imagens de radar (SRTM), mostrando que as nascentes encontradas na área úmida analisada pertencem a cabeceira do Córrego Sacarón, afluente do Rio Iguatemi, Município de Iguatemi, MS.

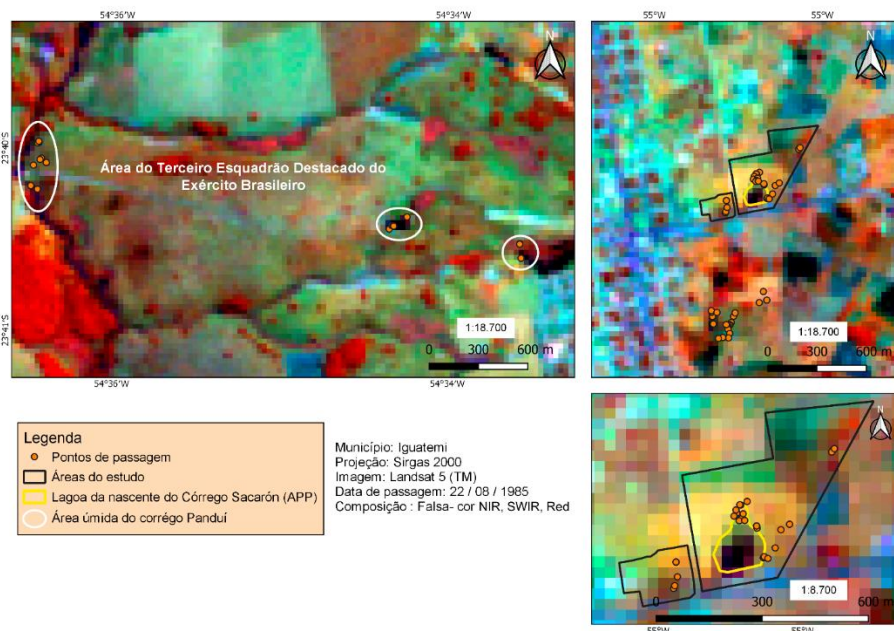


Figura 3 – Imagem Landsat 5 do ano 1985 (USGS, 2018c), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

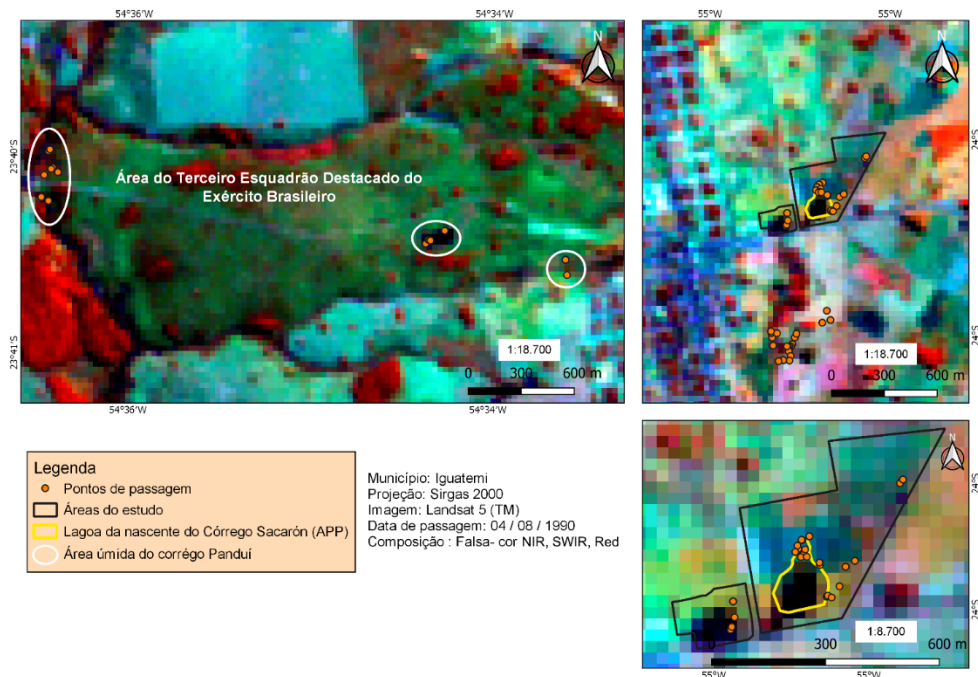


Figura 4 – Imagem Landsat 5 do ano 1990 (USGS, 2018d), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

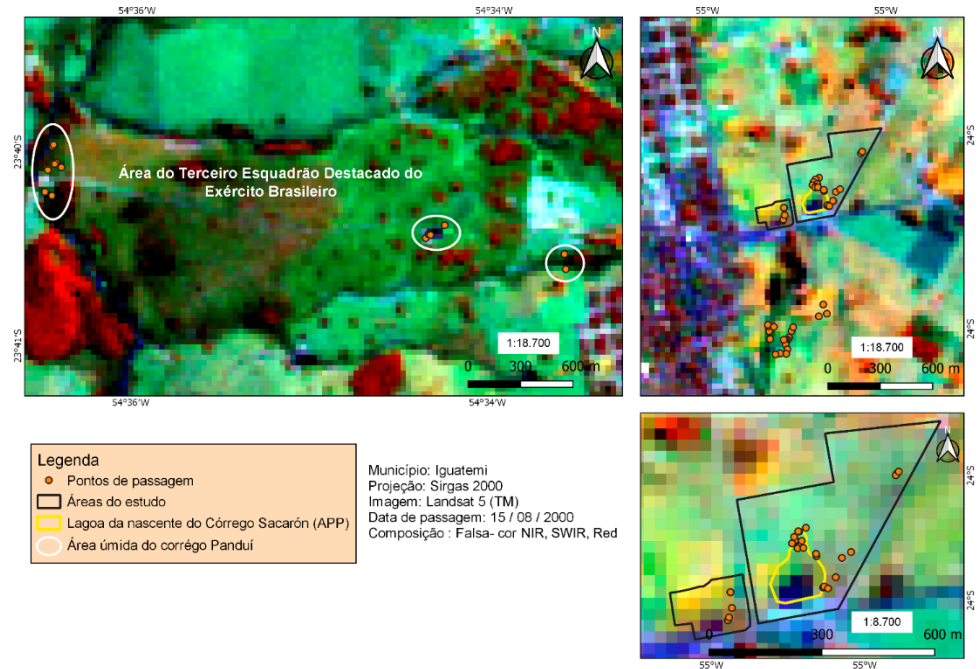


Figura 5 – Imagem Landsat 5 do ano 2000 (USGS, 2018e), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

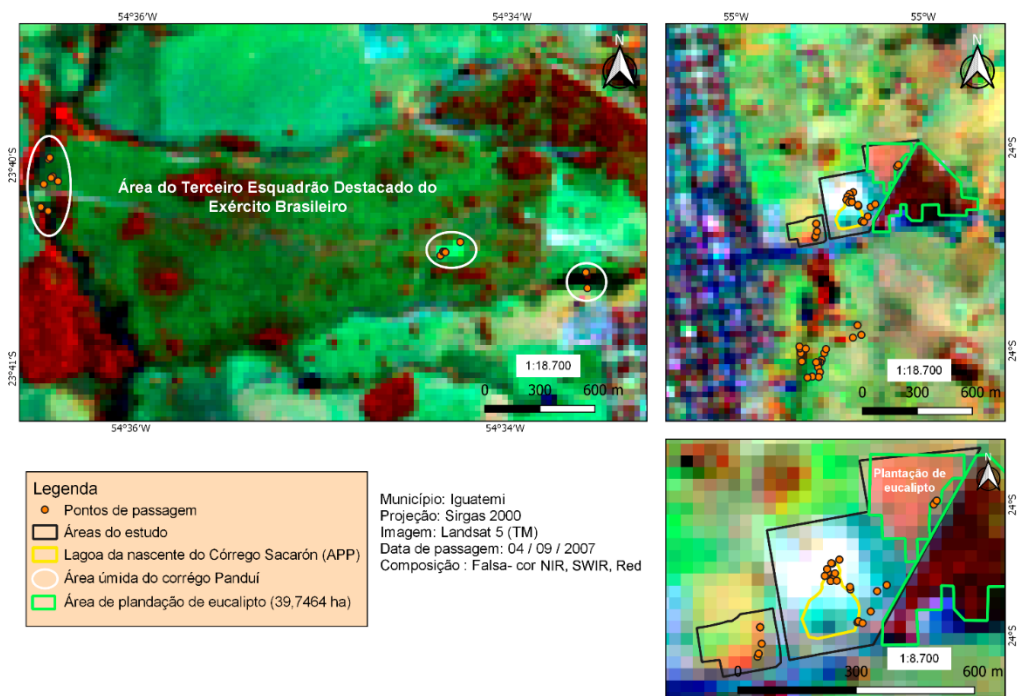


Figura 6 – Imagem Landsat 5 do ano 2007 (USGS, 2018f), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

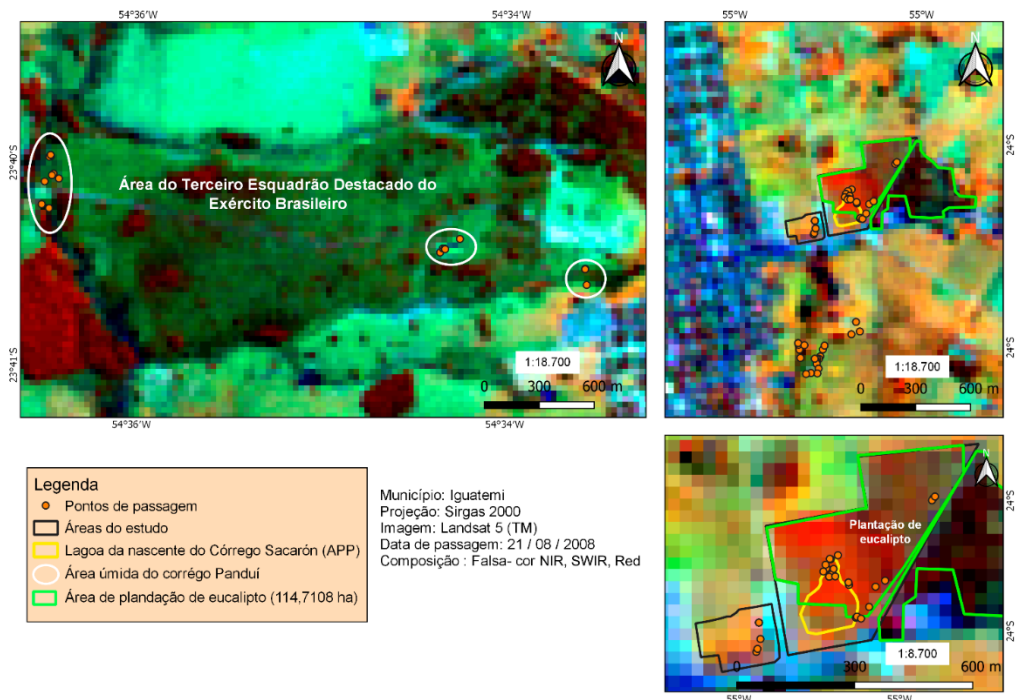


Figura 7 – Imagem Landsat 5 do ano 2008 (USGS, 2018g), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

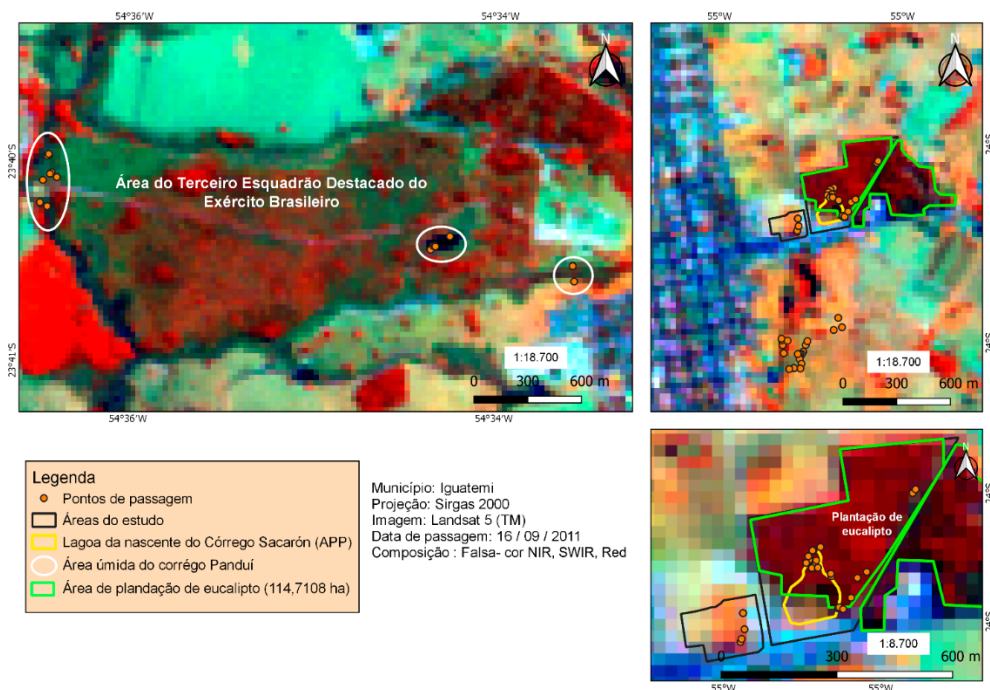


Figura 8 – Imagem Landsat 5 do ano 2011 (USGS, 2018h), em composição falsa-cor RGB (4-5-3) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

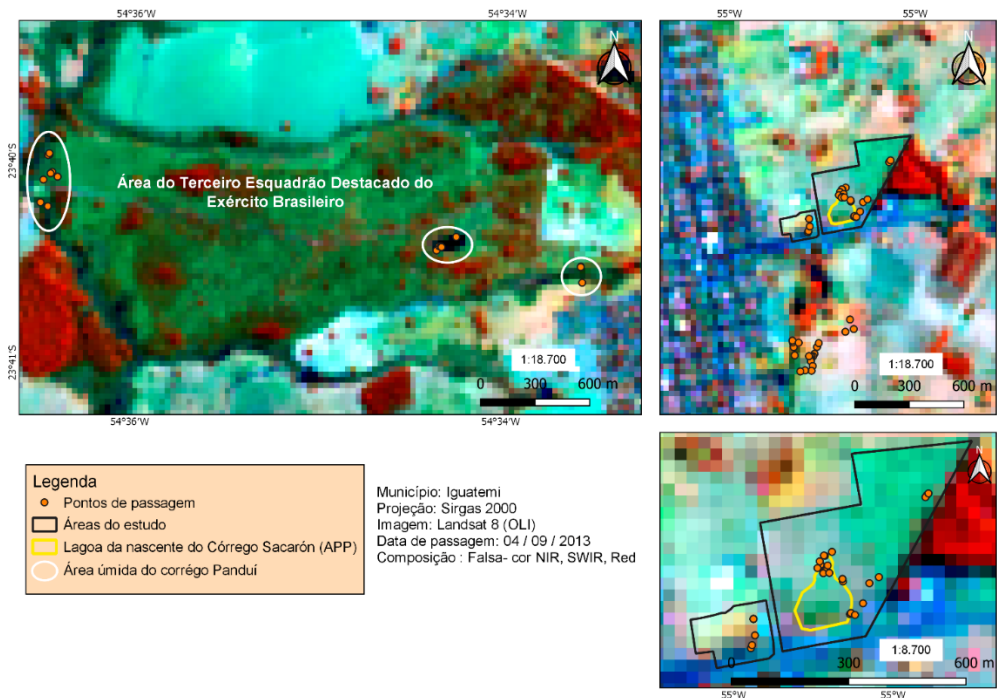


Figura 9 – Imagem Landsat 8 do ano 2013 (USGS, 2018i), em composição falsa-cor RGB (5-6-4) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

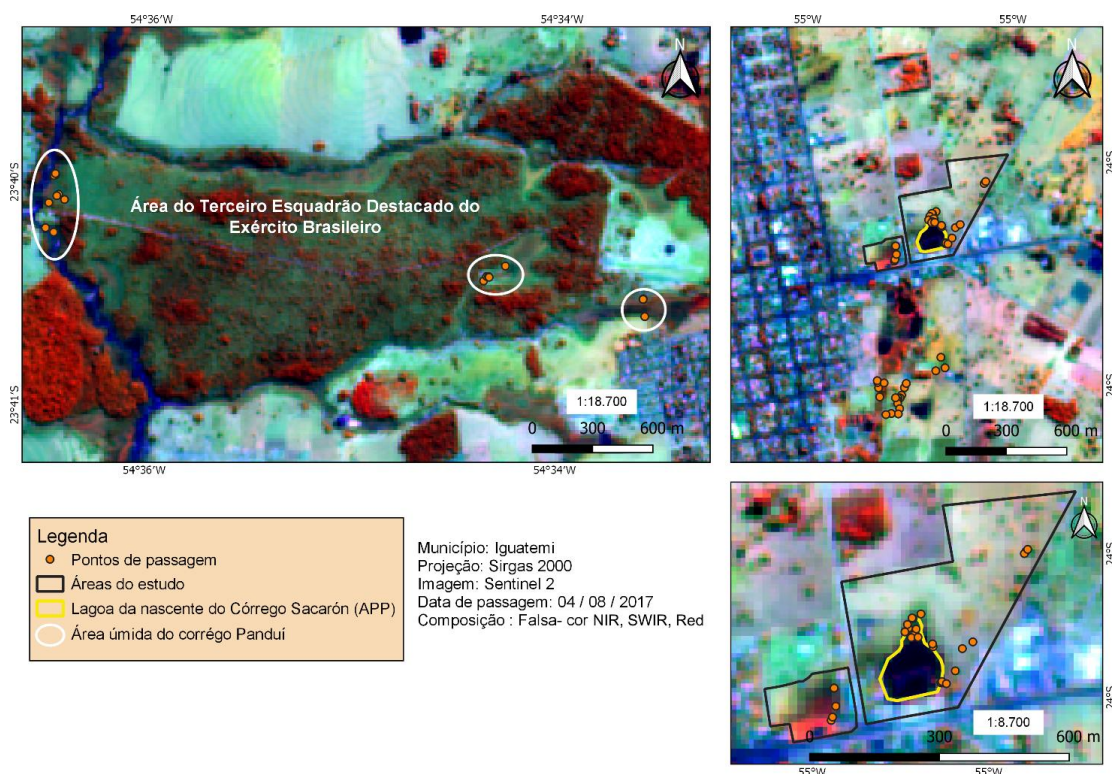


Figura 10 – Imagem Sentinel-2B do ano 2017 (USGS, 2018j), em composição falsa-cor RGB (8-4-11) mostrando os pontos de passagem na visita in loco, a delimitação da região de área úmida onde encontram-se as nascentes e a delimitação da chácara e madeireira, bem como imagem da Área do Exército Brasileiro, Município de Iguatemi, MS.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se então afirmar que a área estudada apresenta nascentes perenes, confirmando que essa é uma área permanentemente úmida, o que corrobora com as outras características observadas, como as espécies herbáceas predominantes e o solo hidromórfico. Verificou-se também que a área foi afetada/influenciada pelo uso da AU propriamente dita e das áreas do entorno, com diminuição da concentração de água, principalmente durante o plantio de eucalipto. Visto a importância de AUs e visando a preservação das nascentes é importante ressaltar a necessidade de conservação dessa área.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARRETO, S. R.; RIBEIRO, S. A.; BORBA, M. P. *Nascentes do Brasil - Estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas*. São Paulo: WWF-Brasil/Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2010. 140 p.
- CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M.. *Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida. Cadernos da Mata Ciliar / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. - N 1 (2009) - São Paulo: SMA, 2009. 35 p.*
- DOURADO, G. F.; MOTTA, J. S.; PARANHOS FILHO, A. C.; SCOTT, D. F.; GABAS, S. G.. The Use of Remote Sensing Indices for Land Cover Change Detection. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 42, n. 2, p. 72-85, 2019.
- EHLSCHLAEGER, C. R.. Using the A^T search algorithm to develop hydrologic models from digital elevation data. *In Proceedings of the international geographic information system (IGIS) symposium*. Baltimore, MD, 1989. p. 275-281.
- FITZ, P. R.. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- GRASS DEVELOPMENT TEAM. GRASS GIS - Bringing advanced geospatial technologies to the world. *In GRASS GIS*. Disponível em: <https://grass.osgeo.org/>. Acesso em: 13/08/2018.
- GUIMARÃES, A. J. M.; ARAÚJO, G. M. D. E.; CORRÊA, G. F.. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada

- de uma vereda em Uberlândia, MG. *Acta Botanica Brasilica*, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002.
- IUCN - International Union for Conservation of Nature. **The Ramsar Conference: Final act of the international conference on the conservation of wetlands and waterfowl, Annex 1.** Special Supplement to IUCN, Bulletin 2, 1971. 4 p.
- JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; CUNHA, C. N.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 24, n. 1, p. 5-22, 2013.
- JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NÓBREGA, R. L. B.; CAMARGO, E.. Parte I: Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. *In Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats*. Cuiabá: EdUFMT, 2014. p. 13-82.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. *Remote sensing and image interpretation*. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2015. 763 p.
- MIRANDA, C. S.; PARANHOS FILHO, A. C.; POTT, A.. Changes in vegetation cover of the Pantanal wetland detected by Vegetation Index: a strategy for conservation. *Biota Neotropica*, v. 18, n. 1, e20160297, 2018.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente Áreas Úmidas - Convenção de Ramsar. *In Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zonas-umidas-convencao-de-ramsar.html> Acesso em: 10/01/2020.
- MOREIRA, S. N.; EISENLOHR, P. V.; POTT, A.; POTT, V. J.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.. Similar vegetation structure in protected and non-protected wetlands in Central Brazil: conservation significance. *Environmental Conservation*, v. 42, n. 4, p. 356-362, 2015.
- NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; LOBO, F. L.. Comportamento espectral dos ambientes aquáticos. *In Reflectância dos materiais terrestres, análise e interpretação*. São Paulo: Oficina de Texto, 2019. P. 225-245.
- NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J.. Parte II: A Classificação dos Macrohabitats do Pantanal Mato-grossense. *In Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats*. Cuiabá: EdUFMT, 2014. p. 83-130.
- NUNES DA CUNHA, C.; PIEDEDE, M. T. F.; JUNK, W. J.. *Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats*. Cuiabá: EdUFMT, 2014. 165 p.
- PARANHOS FILHO, A.; MOREIRA, E.; OLIVEIRA, A.; PAGOTTO, T.; MIOTO, C.. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 1, n. 1, p. 69-76, 2014.
- PERES, P. N.; MIOTO, C. L.; MARCATO JUNIOR, J.; PARANHOS FILHO, A. C.. Variação da Cobertura do Solo no Pantanal de 2000 a 2015 por Sensoriamento Remoto com Software e Dados Gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 39, n. 2, p. 116-123, 2016.
- QGIS - DEVELOPMENT TEAM (2016). Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto. *In QGIS*. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 13/08/2018.
- RAMOS, M. V. V.; CURTI, N.; MOTTA, P. E. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N.. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 283-293, 2006.
- RAMOS, M. V. V.; HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M.. Caracterização dos Solos e da Estrutura Fitossociológica da Vegetação de Veredas da Chapada no Triângulo Mineiro. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 3, p. 180-210, 2014.
- RAWAT, J. S.; KUMAR, M.. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, v. 18, n. 1, p. 77-84, 2015.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In Cerrado: ecologia e flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 152-212.
- SANCHES, R. A.; ROSSETE, A. N.; REZENDE, A. C. P.; ALVES, H. Q.; VILLAS-BÔAS, A.. Subsídios para a proteção de áreas úmidas da bacia do rio Xingu (Mato Grosso, Brasil). *Revista Árvore*, v. 36, p. 489-498, 2012.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F.. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SILVA, A. A. M.; DALMAS, F. B.; PARANHOS FILHO, A. C.. Análise multitemporal do crescimento do Município de Amambai-MS. *Revista Geociências-UNG-Ser*, v. 17, n. 1, p. 6-13, 2019.

- SOUSA, R. F. D.; NASCIMENTO, J. L. D.; BRASIL, E. P. F.; LEANDRO, W. M.; CAMPOS, A. B. D.. Matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 861–866, 2011.
- TORRES, D. R. *Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites Landsat e Alos*. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011, 96 p.
- USGS - United States Geological Survey. Earth Explorer – Home. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. a.
- USGS - United States Geological Survey. USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 8 OLI/TIRS Level-2 Data Products - Surface Reflectance. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-olirts-level-2-data-products?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: 13/08/2018. b.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 22 de agosto de 1985. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. c.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 04 de agosto de 1990. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. d.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 15 de agosto de 2000. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. e.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 04 de setembro de 2007. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. f.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 21 de agosto de 2008. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. g.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 5. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 15 de setembro de 2011. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. h.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Landsat 7. Órbita 224, ponto 076. Data de passagem 04 de setembro de 2013. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. i.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens Sentinel 2B. T134209 Data de passagem 04 de agosto de 2017. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/08/2018. j.
- USGS - United States Geological Survey. Shuttle Radar Topography Mission – SRTM. In *USGS science for a changing world*. Disponível em: <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>. Acesso em: 13/08/2018. k.
- VELOSO, R. B.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A.. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.
- ZEE/MS. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul. Segunda Aproximação. Elementos para construção da sustentabilidade do território sul-matogrossense*. Campo Grande, 2015. 199 p.

7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul e Promotoria de Justiça de Iguatemi. Agradecemos aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais pelo auxílio, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilização do Portal de Periódicos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 305013/2018-1) de A.C. Paranhos Filho.

Recebido em: 30/01/2020

Aceito para publicação em: 30/08/2020