

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF THE SANTO ANTÔNIO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

DESCRIPCIÓN FÍSICO Y AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SANTO ANTÔNIO

Cleiton Messias Rodrigues Abrão

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
cleiton.geografo@yahoo.com.br

André Geraldo Berezuk

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
andreberzuk@ufgd.edu.br

Adelson Soares Filho

Universidade Federal da Grande Dourados
adelsonfilho@ufgd.edu.br

Gilberto Alves de Assis Júnior

Universidade Federal da Grande Dourados
assisgeoprocessamento@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem por objetivo analisar os componentes físicos e antrópicos da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio (BHSA), compilados dos mapas bases de geologia, geomorfologia, pedologia e uso da terra e cobertura vegetal. Esses dados foram extraídos do projeto RADAMBRASIL, da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), referente a geologia da área e levantamento semidetalhado das classes de solo disponibilizado pelo Geoportal na escala de 1:100.000, produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para os municípios que compõem a bacia. Com auxílio das técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica, foram utilizados dados vetoriais e matriciais para ajustar as classes de solos, bem como elaborar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal com as imagens Sentinel 2A. Os resultados mostram que existem quatro formações litológicas nessa bacia, com áreas de sobreposição de camadas entre Botucatu e Serra Geral, nas áreas com relevo mais acidentado. Para Geomorfologia, a BHSA apresenta um relevo diverso, com formação de planaltos (morros e morrotes) no médio curso, e platôs, no alto curso. As planícies ficam restritas nos fundos de vale, e em um nível mais elevado, os terraços fluviais. Já para os solos, há um predomínio de Latossolos Vermelho no alto curso e Neossolos Regolíticos e Litólicos no médio curso. As formas de uso mais presentes nessa bacia foi pastagem encontradas no médio e baixo curso e agricultura concentrada, sobretudo, no alto curso. No entanto, foram identificadas áreas de agricultura em solos rasos (Neossolos) que possuem alto risco de erosão. As características ambientais da área de estudo revelam uma tendência para o surgimento de processos erosivos, em decorrência da ocupação de áreas com restrições ao uso agrícola.

Palavras-chave: SIGs. Sensoriamento Remoto. Uso da Terra.

ABSTRACT

This article aims take an inventory the physical and anthropogenic components of the Santo Antônio River Hydrographic Basin (BHSA), compiled from base maps of geology, geomorphology, pedology and land use and vegetation cover. These data were extracted from the RADAMBRASIL Project, of the Mineral Resources Research Company (CPRM), referring to the geology of the area and semi-detailed survey of soil classes provided by Geoportal on a scale of 1:100.000, produced by the Research Corporation Brazilian Agricultural (EMBRAPA) for the municipalities that make up the basin. With the help of remote sensing techniques and Geographic Information Systems, in raster and vector format were used to adjust some soil classes as well as preparing the land use and vegetation cover map with Sentinel 2A images. The results show that there are 4 lithological formations in this basin, with areas of overlapping layers between Botucatu and Serra Geral in areas with more rugged relief. For geomorphology, the BHSA presents a diverse relief, with the formation of plateaus (hills and little hills) in the medium course, and plateaus in the high course. The plains are restricted to the valley bottoms, and at a higher level, the river terraces. As for the soils, there is a predominance of red latosols in the high course and regolithic and lithic neosols in the middle course. The most common forms of use in this basin were the pastures found in the middle and lower course and concentrated agriculture, especially in the high course. However, agricultural areas were identified in shallow soils (neosols) that are highly fragile to erosion. The environmental characteristics of the study area reveal a tendency for the occurrence of erosive processes, as a result of the occupation of areas with restrictions on agricultural use.

Keywords: GIS. Remote Sensing. Land Use.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo hacer un inventario de los componentes físicos y antropogénicos de la Cuenca Hidrográfica de Santo Antônio (BHSA), compilado a partir de mapas base de geología, geomorfología, pedología y uso del suelo y cobertura vegetal. Estos datos fueron extraídos del proyecto RADAMBRASIL, por la Compañía de Investigación en Recursos Minerales (CPRM), haciendo referencia a la geología del área y un levantamiento semidetallado de clases de suelo proporcionado por Geoportal a escala 1: 100.000, elaborado por la Corporación Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA.) para los municipios que componen la cuenca. Con la ayuda de técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica, utilizamos datos vectoriales y matriciales para ajustar algunas clases de suelo, así como preparar el mapa de uso del suelo y cobertura vegetal con imágenes Sentinel 2A. Los resultados muestran que existen 4 formaciones litológicas en esta cuenca, con áreas de capas superpuestas entre Botucatu y Serra Geral, en las áreas de relieve más accidentado. Para la geomorfología, BHSA presenta un relieve diverso, con la formación de mesetas (cerros y cerros) en el curso medio y mesetas en el curso superior. Las llanuras se limitan a los fondos de los valles y, en un nivel superior, a las terrazas fluviales. En cuanto a los suelos, hay predominio de latosoles rojos en el curso superior y neosoles regolíticos y líticos en el curso medio. Las formas de uso más comunes en esta cuenca fueron los pastos que se encuentran en el curso medio y bajo y la agricultura concentrada, especialmente en el curso alto. Sin embargo, se identificaron áreas agrícolas en suelos poco profundos (neosoles) que son altamente frágiles a la erosión. Las características ambientales del área de estudio revelan una tendencia a la ocurrencia de procesos erosivos, como resultado de la ocupación de áreas con restricciones de uso agrícola.

Palabras clave: SIG. Detección Remota. Uso Del Suelo.

INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica, ou bacia de drenagem constitui-se como qualquer área da superfície terrestre por onde são escoadas água, sedimentos e matérias dissolvidas

das mais altas cotas em direção as áreas mais baixas, drenadas por um canal que pode desembocar em outro canal, lago ou oceano (BOTELHO; SILVA, 2011). Os limites de uma bacia hidrográfica são chamados de divisores de água, delimitados a partir da maior cota altimétrica do relevo, onde estão localizadas as nascentes por onde aflora água do lençol freático (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

Segundo Botelho e Silva (2011), na bacia hidrográfica é possível observar de maneira integrada, as inter-relações entre os recursos naturais e as ações do homem sobre a paisagem e suas implicações nos sistemas hidrológico e ecológico, na qual estudos de processos erosivos, manejo e conservação do solo, água e planejamento ambiental são os mais aplicados. As apreensões em manter a qualidade da água potável para consumo foi o principal motivo em adotar as bacias hidrográficas como unidade básica de planejamento e gestão ambiental, com a proposição de elaborar-se Plano Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (SANTOS, 2004; ROSS; DEL PRETTE, 1998).

Neste cenário, as bacias hidrográficas passaram a serem adotadas como referência espacial para o manejo e adoção de práticas de aproveitamento dos recursos naturais, principalmente a água. Deve-se ter em conta que, a água não deve ser o único elemento referencial, pois devem ser levados em consideração os outros componentes naturais, como geologia, relevo, solo, flora e fauna e os aspectos econômicos, sociais e políticos e, assim, passar a compreender esta totalidade (TROMBETA; LEAL, 2016).

Logo, a qualidade da água passa a ser considerada como resultado das ações antrópicas, um dos principais indicadores ambientais em uma bacia hidrográfica, ou seja, tudo que incidir em uma bacia, em maior ou menor magnitude, vai influenciar na resposta hidrológica, tanto na qualidade como na quantidade das águas. Nesse contexto, este artigo tem por objetivo elaborar um inventário dos componentes físicos e antrópicos da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio (BHSA), utilizando-se dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Essa bacia é uma importante fonte de abastecimento de água para população local, em especial aos moradores da cidade de Guia Lopes da Laguna (ANA, 2020).

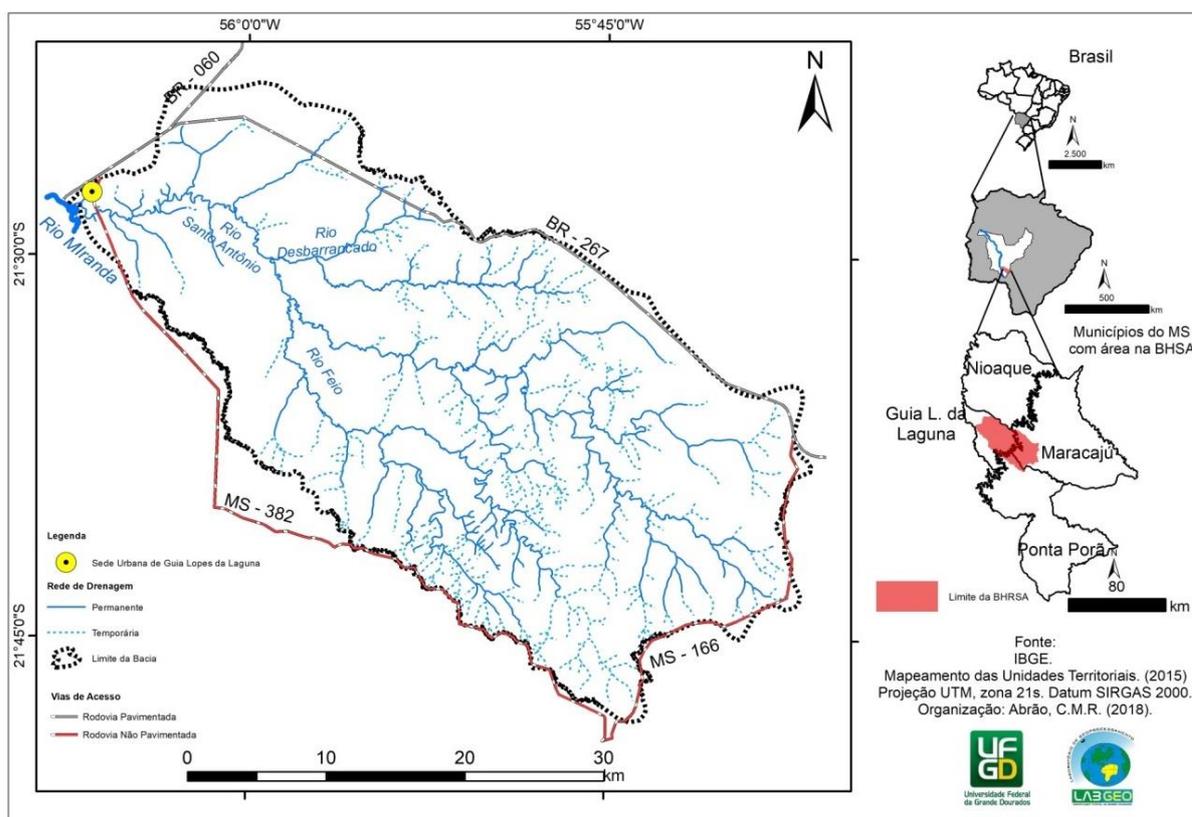
Outros estudos também apontam problemas como a perda de biodiversidade e impactos ambientais como desmatamento e ocorrência de processos erosivos quem vem comprometendo a qualidade dos recursos naturais (ABRÃO; KUERTEN, 2016; ABRÃO; BACANI, 2018). Nesse sentido, torna-se importante um levantamento mais

detalhado das informações sobre os componentes físicos desta bacia para, futuramente, propor medidas mais adequadas para o uso da terra, visto que essa área faz parte de uma das mais importantes bacias hidrográficas do bioma Pantanal (Bacia do Rio Miranda) sendo necessário estudos e estratégias para preservação e conservação dos seus recursos.

ÁREA DE ESTUDO

A BHSA está localizada em quatro municípios que compõem a mesorregião sudoeste e da Grande Dourados (MATO GROSSO DO SUL, 2019): Guia Lopes da Laguna, Nioaque, Maracaju e Ponta Porã (Figura 1). Entre os quatro municípios que compõem a BHSA, apenas Guia Lopes da Laguna tem sua sede municipal inserida parcialmente nessa bacia, bem como maior parte da sua extensão territorial (55,08%) seguido de Maracaju (34,07%), Ponta Porã (10,02%) e Nioaque (0,65%).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio



Elaboração: Os autores (2018).

A bacia tem uma área calculada em 1.202 km², cujo principal manancial é o rio Santo Antônio, com 54 km de extensão. As nascentes da BHSA estão localizadas sobre o planalto Maracaju - Campo Grande, a mais de 670 m de altitude, e sua foz a 242 m em relação ao nível do mar. Ele é o primeiro grande afluente do rio Miranda, cuja sua foz é na divisa entre os municípios de Guia Lopes da Laguna e Jardim.

MATERIAIS E MÉTODOS

Correção do Modelo Digital de Elevação SRTM

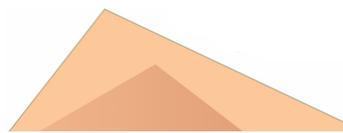
Foram escolhidas as principais variáveis do meio físico para melhor representar as condições da BHSA: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal. São elementos que, analisados de maneira conjunta, fornecem dados relevantes para melhor forma de uso e conservação dos recursos naturais.

Foi realizada a correção do Modelo Digital de Elevação (MDE) para diminuir a influência do efeito dossel nos dados de altitude. Esse problema ocorre devido as copas das árvores em área de vegetação densa que acabam sendo mapeadas pelo sensor do radar como elevação superior ao terreno em volta, podendo variar de acordo com a altura das árvores (de 6 a 12m) e influenciar nos dados de altitude, declividade e comprimento de rampa. Esse procedimento, portanto, tem por objetivo melhorar a acurácia desses dados e evitar eventuais erros de mapeamento para uma escala média (1:100.000).

Para efetuar a correção do modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (SRTM, 2000), extraído do site do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018), foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 40 metros e as cotas altimétricas das cartas topográficas que cobrem a área de estudo, tais como: (Boqueirão SF 21-X-C-V; Jardim SF 21-X-C-II; Maracajú SF 21-X-D-IV e Nioaque SF 21-X-C-III); elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército (DSG).

Mapeamento Geológico

Para o tema geologia, foi utilizado o mapa elaborado pela CPRM para o estado do Mato Grosso do Sul, na escala de 1:250.000. Também foram utilizados dados



de campo para-coleta de amostras de rochas para análise em laboratório, bem como fotos e pontos de GPS para conferir a cota altimétrica.

Mapeamento Geomorfológico

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir dos dados do MDT, curva de nível e cotas altimétricas das cartas topográficas do DSG, declividade, relevo absoluto e dados de campo. Assim, como a Geologia, as informações referentes ao relevo existentes para área de estudo são em escalas maiores (de 1:250.000 do macrozonamento ambiental ou 1.250.000 da CPRM). Foi seguida a divisão morfológica recomendado por Florenzano (2008), IBGE (2009) e Ross (1992; 2012), representando a morfoescultura para área de estudo.

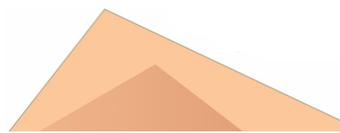
Mapeamento Pedológico

Para o mapeamento pedológico foram utilizados os dados do levantamento de baixa intensidade de solos extraídos no Geoportal da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (EMBRAPA, 2009), por meio dos arquivos em formato *shapefile* (shp.) de solo em baixa intensidade, na escala de 1.100.000 de alguns municípios do Estado do Mato Grosso do Sul. No caso da BHSA, foram utilizados os dados dos municípios de Guia Lopes da Laguna, Maracajú, Nioaque e Ponta Porã. Essas informações foram aferidas com os dados de campo, no qual utilizou-se a técnica de descrição dos perfis pedológicos, seguindo o manual de descrição e coleta de solos em campo (SANTOS et al. 2005) e coleta de 12 pontos de GPS onde os foram abertos os perfis pedológicos para análise e detalhamento.

Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O mapa de uso das terras foi elaborado a partir de três cenas do satélite Sentinel 2A (21KWS; 21KXR e 21KXS), sensor MSI (*multi-spectral instrument*), bandas 2B, 3G e 4R, com resolução espacial de 10m, obtidas no dia 29 de abril de 2018, extraídas do banco de dados do *United States Geological Survey* (USGS). O processamento dessas imagens foi realizado no software ENVI 5.1.

Com a definição das classes de uso das terras, a classificação foi realizada de maneira supervisionada, onde há coleta de amostras dos pixels em diferentes regiões da imagem e o processamento pelo algoritmo *Maximum Likelihood Classification*. Para



cobertura vegetal utilizou-se dados do projeto GeoMS (SILVA et al. 2011), cujo mapeamento é na escala de 1:100.000 para todo estado de Mato Grosso do Sul - MS, desenvolvido pela Embrapa Informática. Foi extraída desse mapeamento, informações sobre a fitofisionomia da cobertura vegetal identificada pelo projeto, sendo corroborada com os dados de campo realizados na área de estudo. O padrão de cores das classes de uso da terra e cobertura vegetal foram definidos conforme descrito nos manuais técnicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de uso da terra (IBGE, 2013) e vegetação brasileira (IBGE, 2012).

Para validar o mapa de uso, foram coletados 400 pontos amostrais de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal obtidos pela interpretação visual da imagem Sentinel 2A e 20 pontos marcados em trabalho de campo com *Global Positioning System* (GPS). Na tabela de atributos desses pontos, foi criada uma coluna para inserir o nome da classe que eles representavam e, depois, exportada em formato shapefile (*shp*). O procedimento de validação foi realizado no software ENVI 5.1 usando o arquivo *raster* classificado.

O cálculo estatístico foi realizado por meio do Índice *Kappa* (Eq.1), na qual, Segundo Congalton (1991), o uso é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde \hat{K} : valor estimado *Kappa*; k : número de linhas; $\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal ; x_{i+} : soma total das observações para as linhas; x_{+i} : soma total das observações para as colunas e N : número de observações total. Os valores obtidos pelo Índice *Kappa* para avaliar a confiabilidade dos mapas foram comparados a parâmetros estabelecidos por Landis e Koch (1977), conforme tabela 1 a seguir.

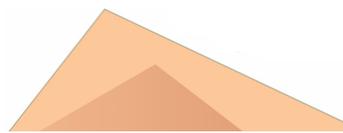


Tabela 1 - Exatidão e avaliação do índice *Kappa*

| Índice <i>Kappa</i> | Qualidade |
|---------------------|-----------|
| 0,0 a 0,2 | Ruim |
| 0,2 a 0,4 | Razoável |
| 0,4 a 0,6 | Bom |
| 0,6 a 0,8 | Muito Bom |
| > 0,8 | Excelente |

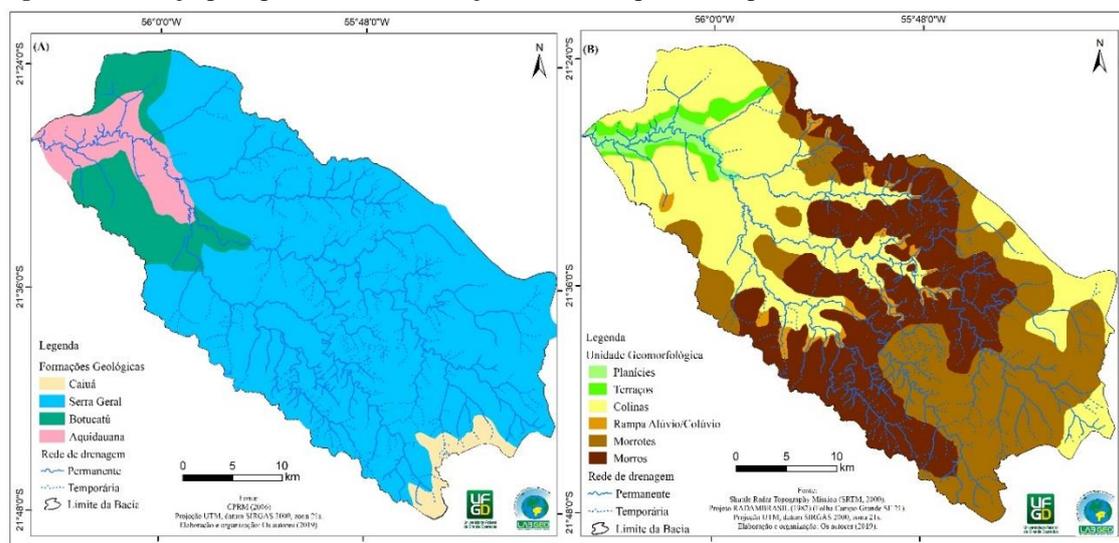
Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geologia

A BHSA apresenta quatro formações geológicas em sua área de abrangência (Figura 2): Aquidauana, Botucatu, Serra Geral e Caiuá. Sobre o aspecto geomorfológico, a BHSA localiza-se na macrounidade geomorfológica da bacia sedimentar do Paraná, na divisão entre as bordas de dissecação oriental e ocidental, tendo esta, como divisor, o planalto de Maracajú-Campo Grande (ALVARENGA et al. 1982). Foram identificadas seis unidades geomorfológicas, em mesoescala: Planície, Terraços, Colinas, Rampas de Alúvio/Colúvio, Morrotes e Morros (Figura 2).

Figura 2 - A) Mapa geológico da BHSA. B) Mapa das unidades geomorfológicas da BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

A Formação Aquidauana ocupa áreas do baixo curso, próximo ao rio Miranda e, se estende por toda planície de inundação da área de estudo. Nessa formação, há presença de arenitos médios ou finos, com estratificação, na maioria das vezes, grosseira e menos fina (Figura 3a). Estudos indicam que os sedimentos dessa formação se originaram em um ambiente continental sobre ação de glaciações e com remoção e deposição de sistemas fluviais e lacustre (ALVARENGA et al., 1982).

Por sua vez, a Formação Botucatu ocupa desde áreas do baixo curso até o médio curso do rio Santo Antônio. Segundo Araújo et al. (1982), mesmo com o início da atividade vulcânica, os depósitos de areia de origem desértica da Formação Botucatu continuavam a ser depositados através da ação eólica, onde eram recobertas pela lava novamente (metaarenitos) (Figura 3b). Já para Araújo et al. (1982), esta formação é composta por arenitos de coloração vermelha e, muitas vezes, em formas de conglomerados, que apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte, bem caracterizados.

A Formação Serra Geral ocupa áreas do médio e alto curso da bacia. Segundo Araújo et al. (1982), ela teve, como origem, grandes derrames que, por milhões de anos, cobriram extensas áreas de dunas da Formação Botucatu. Devido a esse ambiente de grande atividade vulcânica, a formação Serra Geral apresenta grande quantidade de afloramentos de basalto e, dependendo da condição estratigráfica local, de diabásio (Figura 3c).

Já a Formação Caiuá ocupa uma pequena área ao sul da BHSA, sobrepondo a Formação Serra Geral. Segundo Larcerda Filho et al. (2006) essa formação é composta por arenitos arcoseanos vermelhos e roxo com granulometria variável de material muito fino e grossos, como boa seleção, conforme foi encontrado na área de estudo (Figura 3d). Acredita-se que o ambiente de sedimentação tenha origem fluvial na base e eólico nos topos dos sedimentos (LACERDA FILHO et al., 2006).

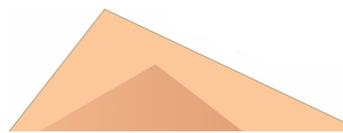
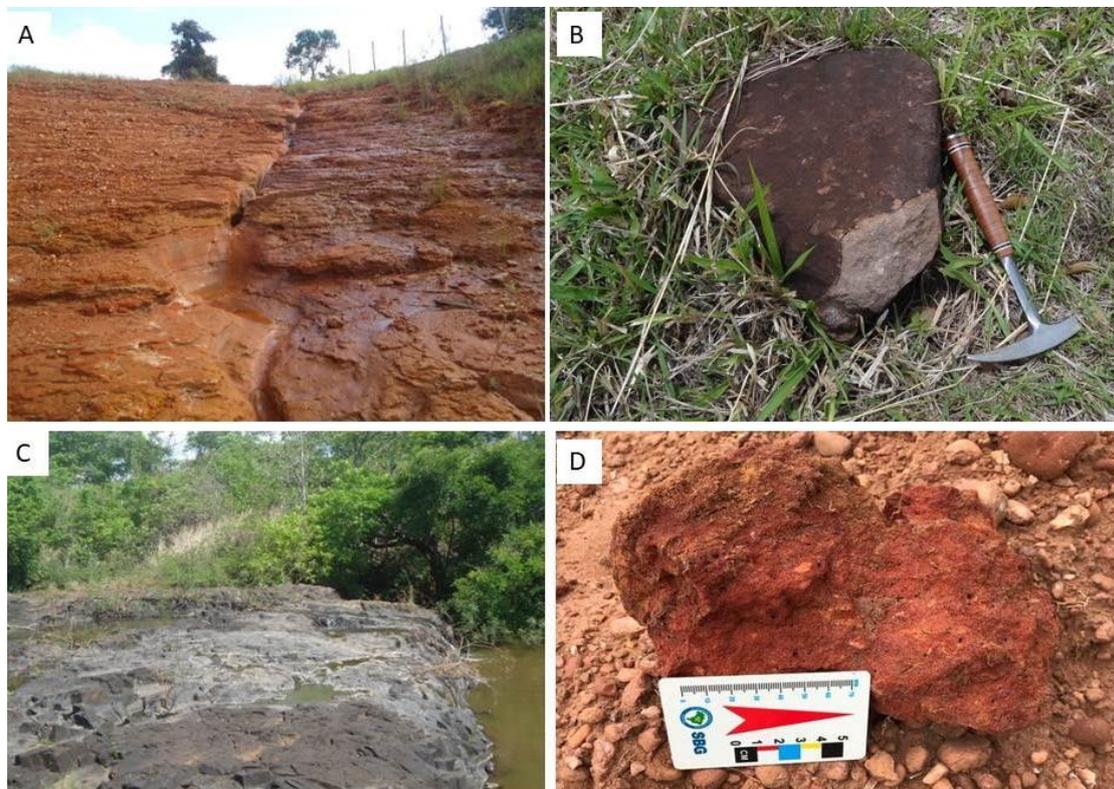


Figura 3 - Afloramentos rochosos. A) Afloramento da formação Aquidauana. B) Rocha da formação Botucatu. C) Afloramento rochoso da formação Serra Geral. D) Arenito da formação Caiuá



Fonte: Os autores (2018).

Dentre a abrangência das quatro formações geológicas, a formação Serra Geral é a que ocupa maior área da bacia, com 81,84%, seguida da formação Botucatu (8,48%), Aquidauana (7,14%) e Caiuá (2,52%) conforme pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 - Quantificação das formações geológicas

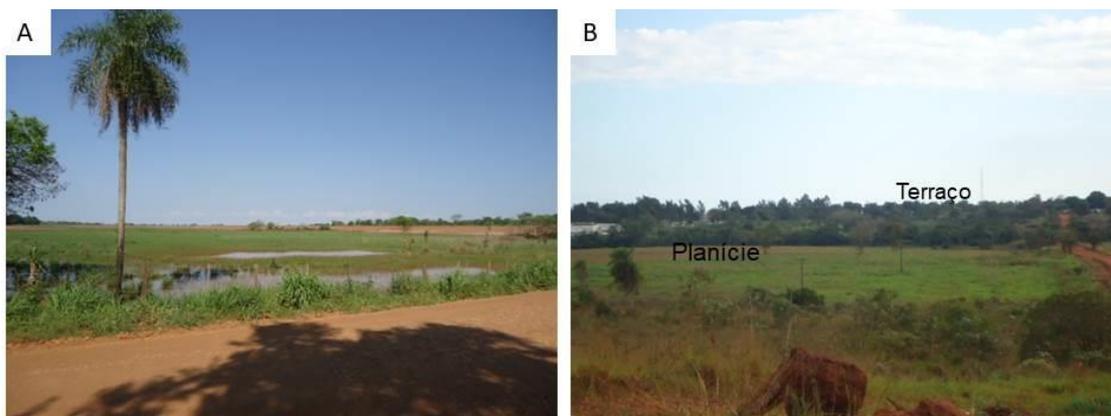
| Formação Geológica | Km² | Porcentagem (%) |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| Aquidauana | 85,84 | 7,14 |
| Botucatu | 101,9 | 8,48 |
| Serra Geral | 983,7 | 81,84 |
| Caiuá | 30,56 | 2,54 |
| Total | 1.202 | 100 |

Fonte: Os autores (2019).



As áreas de planícies foram mapeadas como aquelas com declividade inferior a 2% e com altitude entre 230 a 250m (Figura 4a). A maior parte dela está situada no baixo curso, próxima do canal principal. Boa parte dessa área já está ocupada por atividades antrópicas, como criação de bovinos, moradia e cultivos agrícolas. Os terraços foram identificados na adjacência da planície, formando um tipo de degrau, conforme pode ser visto na figura 4b.

Figura 4 - Unidades geomorfológicas. A) Planície da BHSA. B) Área de terraço adjacente à planície



Fonte: Os autores (2018).

As áreas de colinas caracterizam-se por constituírem locais com declividade baixa, entre 3 a 8%, dotadas de relevo suave ondulado e topo arredondado (Figura 5a). Estão localizadas do baixo até o médio curso, em áreas mais contínuas, e pequenas faixas no alto curso. São utilizadas para criação de bovinos em pastagem e para cultivo agrícola mecanizado no alto curso (Figura 5b). Os morrotes se caracterizam por apresentar áreas com declividade média a alta (12 a 20%), com relevo ondulado e topo arredondado, cuja vegetação ainda permanece. Entretanto, algumas áreas foram totalmente ocupadas por pastagem exótica da espécie *Brachiaria (Decumbes)*.

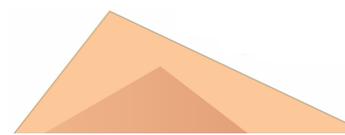
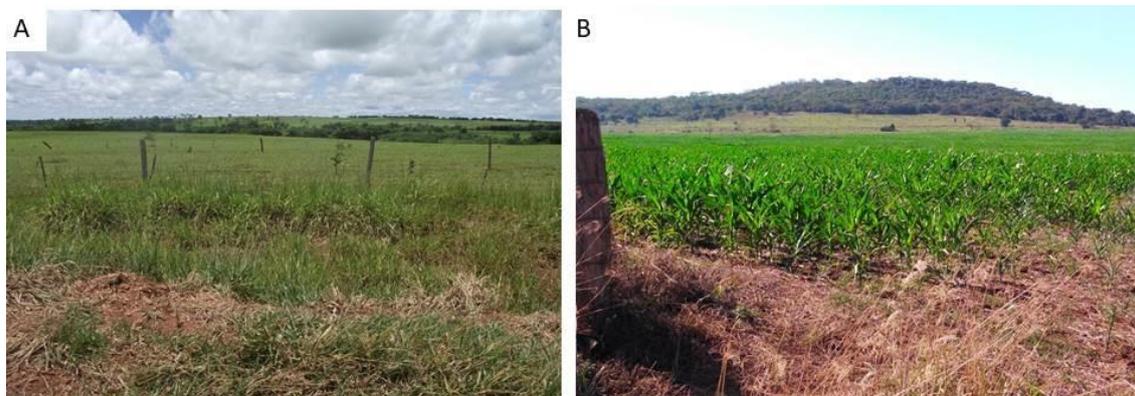


Figura 5 - Unidades geomorfológicas da BHSA. A) Relevo de colinas. B) Morrote ocupado por vegetação e pastagem na base.



Fonte: Os autores (2018).

As áreas de morro são caracterizadas, por sua vez, com declividade acima de 20%, sendo considerada muito forte na divisão proposta por Florenzano (2008), com relevo ondulado a fortemente ondulado e topo arredondado (Figura 6). A BHSA localiza-se no médio curso, em áreas de contato (*intertrapps*) da formação Botucatu e Serra Geral. São áreas que ainda possuem vegetação remanescente densa, caracterizadas pelas Florestas Deciduais, ainda remanescentes de Mata Atlântica porém, algumas áreas já estão ocupadas pela pastagem ou agricultura. Próxima a essas áreas estão às rampas de alúvio e colúvio, caracterizadas por alta declividade e amplitude do relevo em relação aos fundos de vale. São locais onde ocorre a erosão de matérias em direção aos canais, onde são depositados ou transportados pela força da correnteza.



Figura 6 - Área com predomínio de morros



Fonte: Os autores (2018).

Dentre as unidades geomorfológicas, as colinas e os morros abrangem mais de 30% da área, caracterizando um relevo ondulado entre fortemente a forte ondulado, resultado da influência das diferentes formações litológicas existentes na área, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação das unidades geomorfológicas.

| Unidade Geomorfológica | Km ² | Porcentagem (%) |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| Planície | 28,70 | 2,38 |
| Terraço | 15,74 | 1,30 |
| Colina | 407,28 | 33,67 |
| Rampa de Alúvio/Colúvio | 23,80 | 1,98 |
| Morrotes | 357,79 | 29,76 |
| Morro | 368,69 | 30,67 |
| Total | 1.202 | 100 |

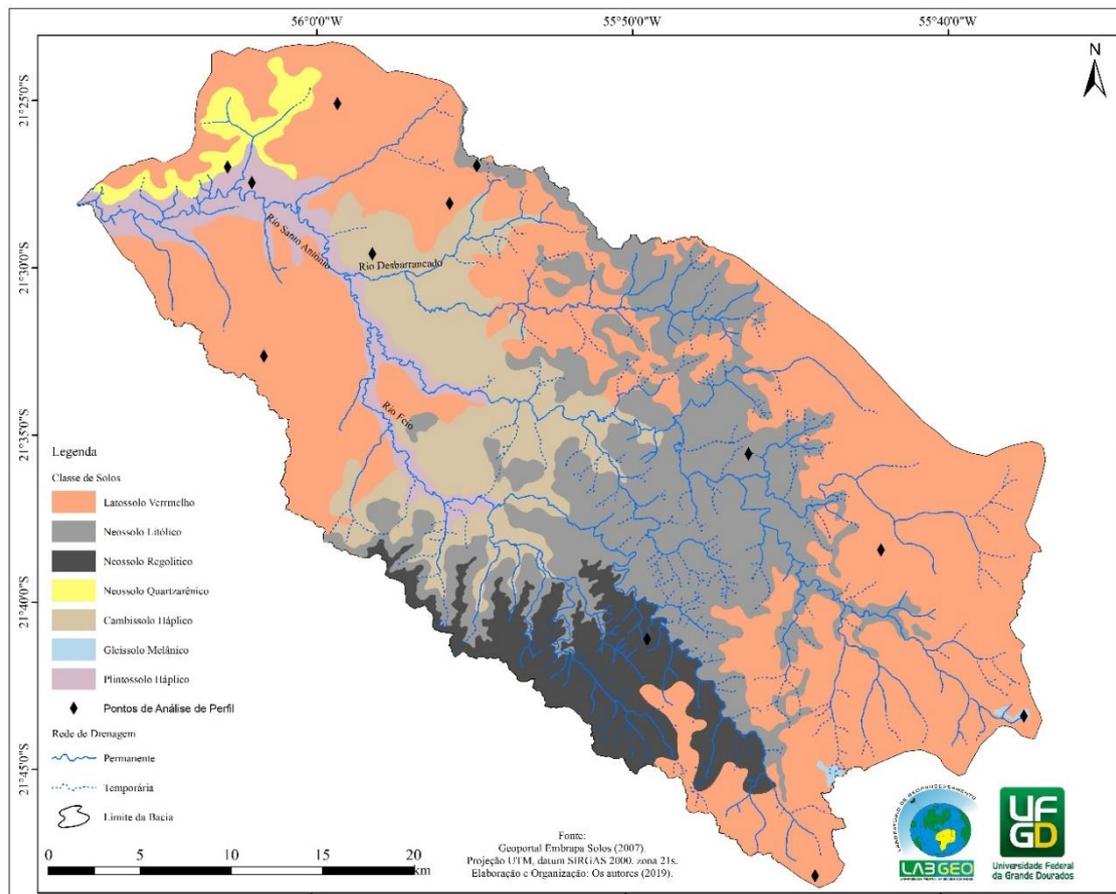
Fonte: Os autores (2019).

Pedologia

Foram identificadas e mapeadas sete classes de solo existentes na BHSA, conforme apresentado na Figura 7. Foram identificados dois solos hidromórficos que sofrem alterações devido a presença de água: os Gleissolos Melânicos (Figura 8a) e os Plintossolos Háplicos (Figura 8b). São solos que estão localizados em áreas planas e sujeitas a inundação, ou com a presença do lençol freático mais próximo da superfície.



Figura 7 - Mapa de solos da BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

Os Gleissolos que ocorrem apenas em duas áreas do alto curso em áreas de nascentes, foram identificados em dois horizontes: o com espessura de 20 cm, coberto por matéria orgânica, e o horizonte Glei acinzentado, característico desse tipo de solo. Os Plintossolos Hápticos, por sua vez, ocorrem na área de planície do canal principal, desde o médio até o baixo curso. Também sofrem alterações com a presença da água, revelando cor acinzentada, com formação de plintitas, que são pedaços de solo petrificados devido a ação da água com ferro existente no solo. Foram identificados três horizontes nesse solo, sendo estes: o horizonte A, com espessura de 15cm e com acumulação de material orgânico; o horizonte A/B ou E (eluvial) com espessura de 10cm mais claro; e o horizonte B ou Plíntico, onde ocorre a oxidação do ferro com água dando coloração mais amarelada, o que caracteriza esse tipo de solo. Apresentou uma variação de textura entre os horizontes com A arenoso para o Plíntico mais argiloso.

Figura 8 - Solos hidromórficos. A) Gleissolo Melânico e seus horizontes. B) Plintossolo Háptico e seus horizontes.



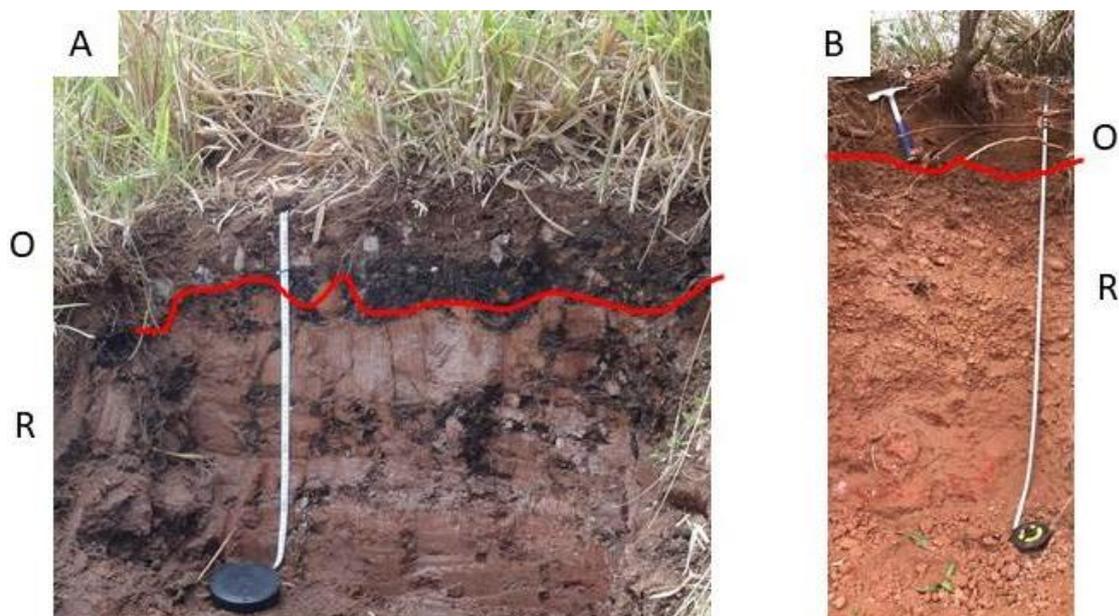
Fonte: Os autores (2018).

Foram identificados também, solos em processo de evolução na área, que compreendem os Neossolos Litólico e Regolítico (Figura 9a e b). Ambos os solos estão situados em área de relevo ondulado a fortemente ondulado, em áreas com presença de afloramentos de rochas basálticas, areníticas e seixos. Os Neossolos Litólicos foram caracterizados como solos rasos, com horizonte muito superficial. O horizonte O de coloração escura devido a presença de muita matéria orgânica com espessura não superior a 15 cm e, logo abaixo, se encontrava a rocha de origem, em processo de intemperismo.

Os Neossolos Regolíticos foram descritos como rasos, com horizonte O pouco maior que 20 cm de espessura e, logo em seguida, em contato com o horizonte R. Apresentou pouca matéria orgânica no horizonte superficial.



Figura 9 - Solos em processo de formação A) Neossolo Litólico e seus horizontes. B) Neossolo Regolítico e seus horizontes



Fonte: Os autores (2018).

As duas classes de solo que são consideradas como as mais desenvolvidas encontradas na área de estudo foram os Latossolos Vermelhos e os Neossolos Quartzarênicos. Os Latossolos Vermelhos (Figura 10a) ocupam grande parte do alto e médio curso, tendo em vista o predomínio de um relevo mais aplainado e suave ondulado com predomínio de colinas, com materiais originários da formação Serra Geral. As áreas compostas pelo Latossolo Vermelho foram caracterizadas com dois horizontes, a saber: o horizonte A, com 12cm de espessura e cor escura avermelhada, devido a presença de material orgânico, e o horizonte B, de cor vermelha, bem intemperizado, indicando grande desenvolvimento. Esse solo é amplamente utilizado, seja pelo uso agrícola e pastoril, devido sua significativa fertilidade natural e pelas condições topográficas locais propícias com relevo aplainado a pouco ondulado favoráveis à mecanização.

O Neossolo Quartzarênico (Figura 10b) foi localizado em trabalho de campo, numa pequena faixa no baixo curso, em áreas de relevo de planície a suave ondulado. Foi caracterizado por possuir dois horizontes, sendo ambos muito arenosos: o horizonte A, de cor bem clara e com 12 cm de espessura, indicando pouca matéria orgânica, e um horizonte R, de cor clara e bem desenvolvido que representa o material de origem.

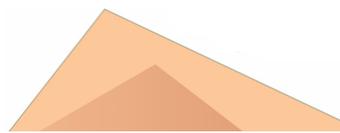
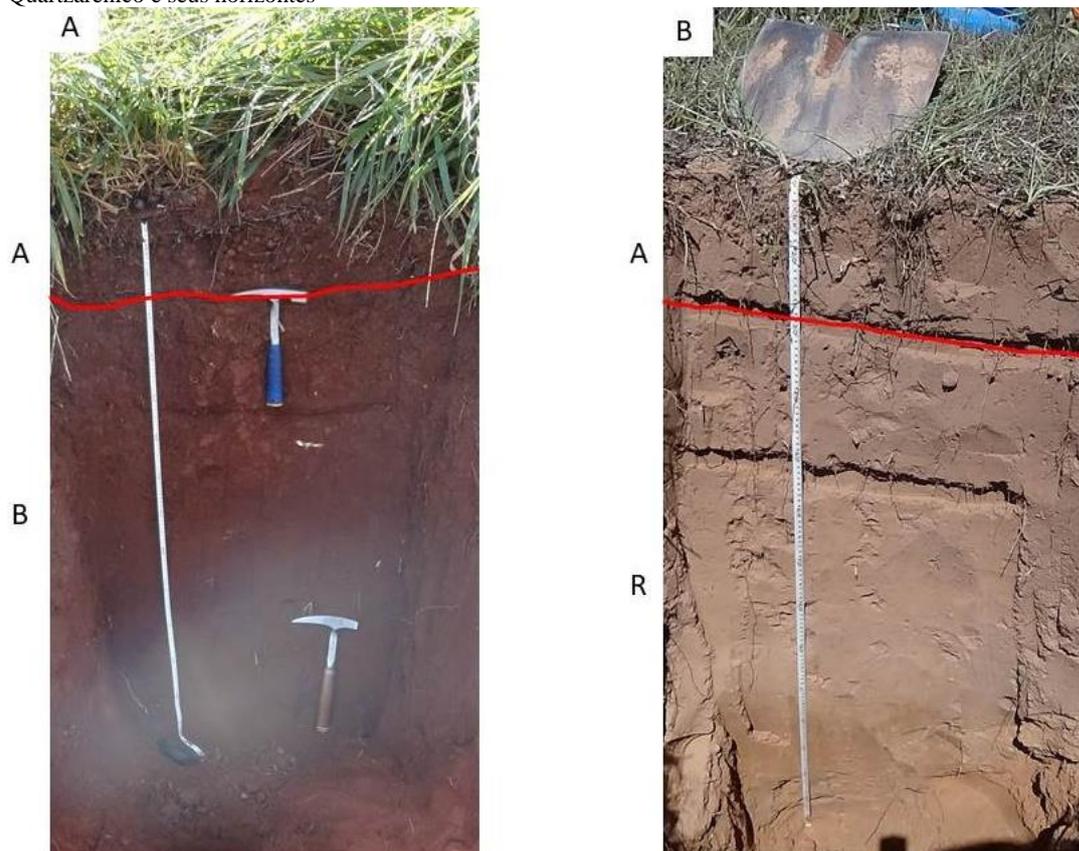


Figura 10 - Solos com horizontes bem desenvolvidos. A) Latossolo Vermelho e seus horizontes. B) Neossolo Quartzarênico e seus horizontes

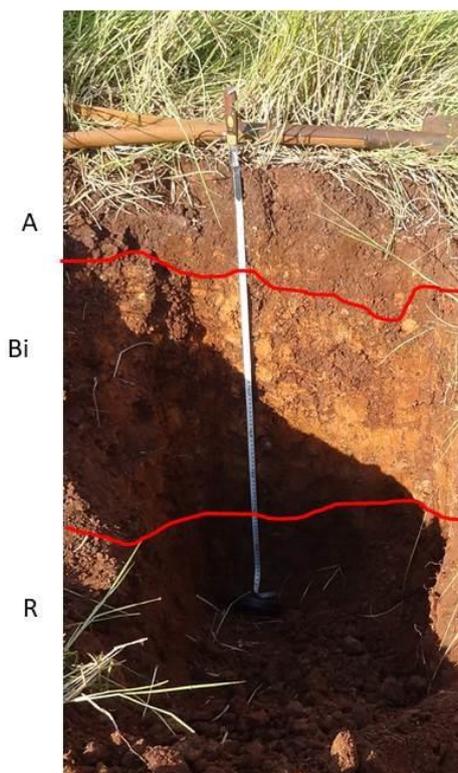


Fonte: Os autores (2018).

Por fim, foram identificados os Cambissolos, sendo estes solos em estágio intermediário de desenvolvimento, (Figura 11). Essa classe foi encontrada em áreas onde o relevo varia de suave a ondulado, onde ainda estão ocorrendo os processos de pedogênese. Os Cambissolos foram caracterizados com três horizontes: o A, com espessura de 10 cm, dotado de cor escura, com presença da matéria orgânica; o horizonte Bi (B incipiente) que caracteriza essa classe de solo, ou seja, esse tipo de solo ainda não possui seu horizonte B (pedogenético) totalmente desenvolvido, pois ainda é possível notar a presença de fragmentos de rochas, cuja espessura é apresentada em até 23 cm; e o horizonte R que se constitui como o material de origem do solo, neste caso o basalto.



Figura 11 - Cambissolo e seus horizontes



Fonte: Os autores (2018).

A classe de solo predominante na bacia é o Latossolo Vermelho, ocupando 49,83% da área, seguida da classe dos Neossolos Litólicos (24,29%) e Neossolos Regolíticos com 13,37%, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Quantificação das classes de solo.

| Classe de Solos | Km ² | Porcentagem (%) |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Latossolo Vermelho | 599,07 | 49,83 |
| Neossolo Litólito | 292,04 | 24,29 |
| Neossolo Regolítico | 160,80 | 13,37 |
| Neossolo Quartzarênico | 24 | 1,99 |
| Cambissolo Háplico | 62,34 | 5,18 |
| Plintossolo Háplico | 62,01 | 5,15 |
| Gleissolo Melânico | 1,74 | 0,14 |
| Total | 1.202 | 100 |

Fonte: Os autores (2019).

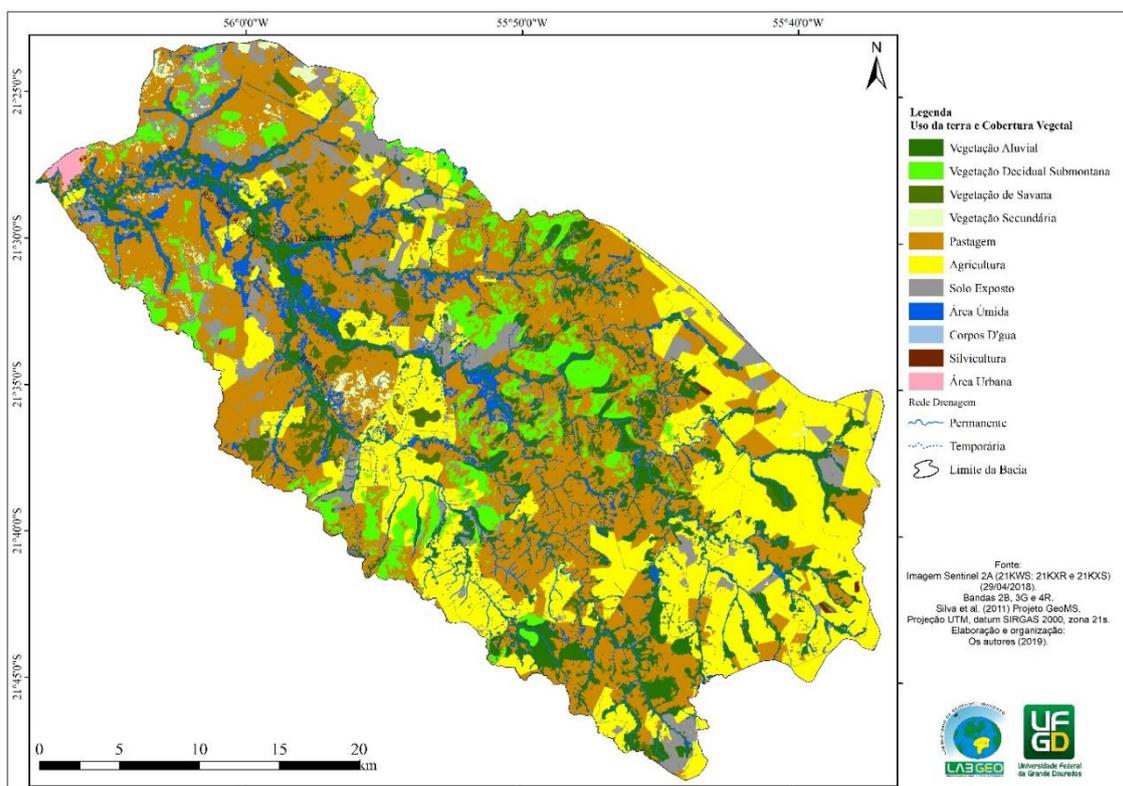
Uso da terra e Cobertura Vegetal

Na área correspondente à BHSA foram identificadas quatro classes de cobertura vegetal e sete classes de uso da terra, conforme figura 12. O mapa obteve uma



acuraria de 0,93 segundo índice *Kappa* calculado, sendo classificado como excelente (Quadro 1).

Figura 12 - Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal para BHSA



Elaboração: Os autores (2018).

As áreas classificadas como vegetação aluvial ou mata ciliar estão localizadas ao longo de todos os cursos d'água, fazendo parte das Áreas de Preservação Permanente (APP) (Figura 13a). São áreas de vegetação natural responsáveis pela proteção dos recursos hídricos contra possíveis impactos ou danos ambientais. As áreas de vegetação decidual submontana são enclaves da vegetação típica do bioma de mata atlântica localizadas em áreas em contato com vegetação de savana ou cerrado (Figura 13b), sendo que estão situadas, em maior parte na bacia, em áreas do médio curso, no topo dos morrotes e morros.

Quadro 1 - Matriz de confusão para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal da BHSA

| Classes | V.A | V.D.S | V. Sa | V. Se | Pastagem | Agricultura | S.E | Silvicultura | A.U | Corpos D'água | Ar. Ur. |
|---------------|-----|-------|-------|-------|----------|-------------|-----|--------------|-----|---------------|---------|
| V.A | 280 | 50 | 20 | 5 | 20 | 0 | 0 | 20 | 5 | 0 | 0 |
| V.D.S | 30 | 230 | 100 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. Sa | 20 | 100 | 220 | 30 | 12 | 9 | 0 | 4 | 5 | 0 | 0 |
| V. Se | 5 | 30 | 30 | 215 | 90 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| Pastagem | 20 | 10 | 12 | 76 | 220 | 20 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 |
| Agricultura | 0 | 0 | 20 | 15 | 20 | 240 | 80 | 15 | 10 | 0 | 0 |
| S.E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 300 | 10 | 3 | 2 | 5 |
| Silvicultura | 20 | 0 | 4 | 10 | 0 | 6 | 10 | 350 | 0 | 0 | 0 |
| A.U | 5 | 0 | 5 | 0 | 42 | 10 | 3 | 0 | 280 | 55 | 0 |
| Corpos D'água | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 55 | 343 | 0 |
| Ar. Ur | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 395 |

Legenda: V.A (Vegetação Aluvial); V.D.S (Vegetação Decidual Submontana); V.Sa (Vegetação de Savana); V.Se (Vegetação Secundária); S.E (Solo Exposto); A.U (Área Úmida); Ar. Ur (Área Urbana).
Org.: Os autores (2019).

Figura 13 - Vegetação típica da BHSA. A) Vegetação Aluvial às margens do rio Santo Antônio. B) Vegetação Decidual Submontana em áreas com de morros e morrotes.

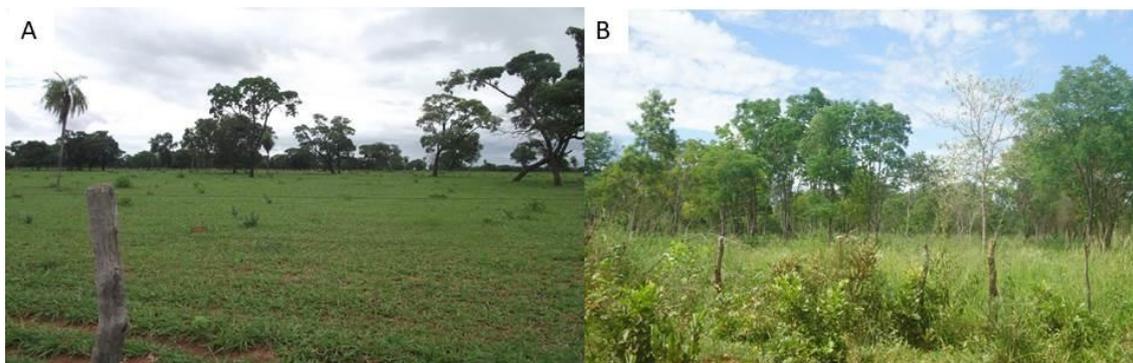


Fonte: Os autores (2019).

A vegetação de savana da área é formada por espécies típicas do bioma cerrado, com tronco retorcido de porte mediano a alto, com 5 a 15 metros de altura (Figura 14a). Na área de estudo, essa fitofisionomia encontra-se espalhada em pequenos fragmentos isolados, pois grande parte da área original dessa vegetação já foi convertida em áreas de pastagem ou de agricultura. As áreas de vegetação secundária, por sua vez, são exatamente áreas em que a vegetação regenerou a certo tempo, principalmente em áreas de pastagem nativa ou áreas de APP (Figura 14b). Também estas estão distribuídas de maneira irregular pela bacia, e apresentam características como porte baixo, com árvores com não mais que 10m de altura e tronco fino.



Figura 14 - Vegetação de cerrado na BHSA. A) Vegetação de Savana em meio a pastagem. B) Vegetação Secundária em processo de recomposição.



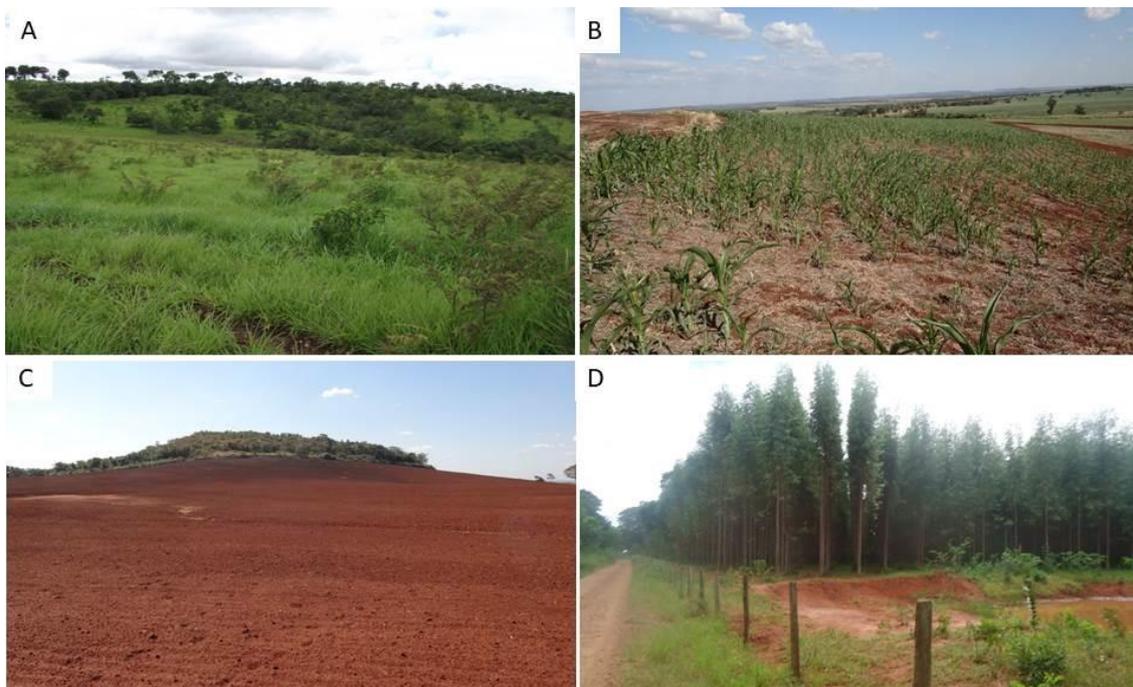
Fonte: Os autores (2019).

A pastagem é a principal classe de uso da terra, está presente em todas as áreas da bacia. É utilizada para criação de bovinos para engorda ou produção de leite, usa-se pastagem nativa ou exótica da espécie *Brachiaria (Decumbes)* (Figura 15a). A agricultura apresenta maior concentração em áreas do alto curso, devido a presença de solos mais férteis (Latossolo Vermelho) e relevo aplainado. No entanto, foi identificado e validado na etapa de trabalho de campo que, há um processo de expansão de áreas agrícolas para áreas do médio curso em áreas de relevo mais acidentado e com presença de solos mais rasos (Neossolos Litólicos e Regolíticos) (Figura 15b). São cultivadas lavouras de período cíclico, intercalando soja/milho e totalmente mecanizada.

Já as áreas de solo exposto foram classificadas como aquelas em que o solo estava em preparo para o plantio agrícola (Figura 15c) ou adubação e renovação de pastagem, bem como áreas com estradas vicinais. As áreas de silvicultura, por sua vez, estão distribuídas em pequenas áreas pela bacia, onde foi plantado eucalipto para recuperação de áreas degradadas (Figura 15d).



Figura 15 - Tipos de Uso da terra A) Pastagem cultivada para criação de animais. B) Agricultura, cultivo de milho safrinha. C) Solo exposto em preparado para o cultivo em área com alta declividade e, D) Silvicultura



Fonte: Os autores (2018).

As áreas úmidas foram identificadas, em sua maioria, próximas dos cursos d'água e na planície de inundação do rio Santo Antônio (Figura 16a). São áreas que permanecem com água o ano todo ou boa parte dele, influenciando nas características dos solos, pois é, em boa parte dessas áreas que estão os Plintossolos e os Gleissolos. São áreas de extrema importância para conservação da água e da biodiversidade local. Os corpos d'água foram identificados como reservatórios de água construídos artificialmente, em áreas úmidas, para represamento da água para dessedentação de animais, irrigação de pequenas lavouras e criação de peixes, conforme mostra figura 16b.



Figura 16 - Áreas alagadiças na BHSA. A) Área Úmida e com vegetação típica. B) Corpo D'água construído em uma área úmida utilizado para dessedentação de animais e criação de peixes



Fonte: Os autores (2019).

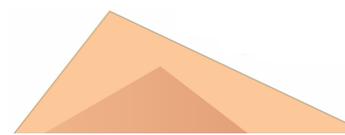
Entre as classes de vegetação, a classe de vegetação aluvial abrange maior área na bacia, ocupando mais de 13% da área total (Tabela 4). Isso se deve ao fato dessas áreas estarem em áreas de APP, que são áreas protegidas por lei. Em seguida, aparece a vegetação decidual submontana, ocupando 6,82% da área. As outras classes vegetacionais não ocupam mais que 2%.

Tabela 4. Quantificação das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

| Classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal | Km ² | Porcentagem (%) |
|--|-----------------|-----------------|
| Vegetação Aluvial | 168,13 | 13 |
| Vegetação Decidual Submontana | 82,08 | 6,82 |
| Vegetação de Savana | 23,36 | 1,94 |
| Vegetação Secundária | 13,17 | 1,09 |
| Pastagem | 453,16 | 37,70 |
| Agricultura | 297 | 24,70 |
| Solo Exposto | 102 | 8,48 |
| Silvicultura | 1,07 | 0,08 |
| Área Úmida | 58,5 | 4,86 |
| Corpos D'água | 0,52 | 0,04 |
| Área Urbana | 3,01 | 0,25 |
| Total | 1.202 | 100 |

Fonte: Os autores (2019).

Em relação a classe de uso da terra, a pastagem ocupa 37,70% da área, seguido da agricultura com 24,70% e áreas de solo exposto, com 8%. Isso demonstra que essa área é majoritariamente ocupada por atividades antrópicas, pois mais da metade da sua extensão total foi convertida para algum tipo de uso agropecuário. Resultados



semelhantes também foram encontrados por Cunha et al. (2021) na bacia hidrográfica do rio da Prata e Medeiros (2020) na bacia hidrográfica do rio Formoso, que são áreas próximas a BHSA e também afluentes do rio Miranda. Os resultados dos respectivos trabalhos demonstraram que houve grandes modificações na paisagem dessas bacias, principalmente um aumento de áreas destinadas a agricultura e, causando fortes impactos na qualidade da água, ocorrência de fortes processos erosivos e com o turvamento recorrente dos mananciais cênicos da região de Jardim e Bonito, muito explorados pelo setor turístico.

Neste contexto, se percebe uma tendência para a expansão das atividades agrícolas, por essa região onde está inserida a BHSA, de forma agressiva, visando o aumento da produção, porém, há pouca ou, em alguns casos, nenhuma cautela sobre os impactos que podem ocorrer sobre os recursos naturais. Os municípios que se destacam na produção agrícola da área são Maracajú e Ponta Porã, sendo os responsáveis pela produção da soja, milho e cana de açúcar, segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico (SEMADE, 2017). Sobre a bacia, o município de Maracajú ocupa a segunda maior área, justamente onde estão localizadas grandes propriedades rurais que produzem, principalmente, soja e milho.

Na área de Ponta Porã, também é ocupada, com soja e milho e uma pequena parcela com cana de açúcar. Em Nioaque e Guia Lopes da Laguna se destaca-se a criação de bovinos de maneira extensiva, que abastecem os frigoríficos locais. Entretanto, em Guia Lopes da Laguna, recentemente, observou-se um aumento das áreas destinadas às lavouras de soja e milho que, em 2012, eram de apenas 460 hectares (ha) e, em 2016, já eram 24.154ha, segundo dados da SEMADE (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características ambientais da área de estudo analisadas revelam grande antropização da BHSA e com predisposição a ocorrência de processos erosivos, em decorrência da ocupação de áreas com restrições ao uso agrícola. Nas áreas dotadas de forte declividade, onde se formam solos em processo de evolução, como os Neossolos Litólicos, devem ser conservadas com vegetação nativa, pois são fundamentais para proteção dos solos contra ação das chuvas e prevenção de processos erosivos.

Principalmente, onde está havendo um avanço das atividades agrícolas no médio curso, onde predomina um relevo mais ondulado com morros e morrotes com declividade superior a 15%, onde não foram identificadas práticas conservacionistas, como curva de nível e plantio direto. São áreas, portanto, que devem permanecer com vegetação ou com uso mais restrito e implementação das práticas de conservação do solo.

Essa bacia possui áreas para utilização agropecuária no alto e baixo curso, com características favoráveis, com solos bem desenvolvidos e declividade não superior a 8%, no qual essas atividades podem ser desenvolvidas, utilizando-se, todavia, boas práticas conservacionistas, como plantio direto e terraceamento para proteção do solo nas áreas mais inclinadas.

De acordo com o Zoneamento Econômico Ecológico do MS, essa área encontra-se apta para usos agropecuários, pastagem e agricultura, por suas características e solos de boa fertilidade, como os Latossolos Vermelhos. Entretanto, nesse estudo revelou que existem áreas de solos muito frágeis em processo de evolução como os Neossolos Regolíticos e Litólicos que estão sendo ocupados por atividades agropecuárias. Sua capacidade de uso é deixada de lado nesse documento de referência para ocupação das terras no estado, pois, mesmo essa área sendo propícia para ocupação com atividades agropecuárias, as características dos solos e do relevo devem ser levadas em consideração nos planejamentos de uso e ocupação das terras. Por fim, é necessária a continuidade nos estudos na BHSA para subsidiar ações futuras voltadas a melhor utilização dos seus recursos naturais, com menor dano possível aos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M.R.; BACANI, V.M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018.

ABRÃO, C. M.R.; KUERTEN, S. Avaliação da Área de Preservação Permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna-MS: aplicação do novo código florestal. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 36, n. 2, p. 265-284, 2016.

ALVARENGA, S. M.; BRASIL, A. E.; DEL´ARCO, D. M. Geomorfologia In: BRASIL: **ministério de minas e energia secretaria geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 125 – 184.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 10 jun. 2020.

ARAÚJO, H. J. de. et al. Geologia. In: BRASIL: **Ministério de Minas e Energia Secretária Geral Projeto Radambrasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153 – 192.

CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sens. Environ.** v. 47, p. 35-46, 1991.

CUNHA, E. R.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M da.; BACANI, V.M.; POTT, A. Future scenarios based on a CA-Markov land use and land cover simulation model for a tropical humid basin in the Cerrado/Atlantic forest ecotone of Brazil. **Land Use Policy**, v.101, 2021. p. 105-141

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1973) **Folha Vista Alegre SF**. 21-X-C-VI. Escala: 1: 100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) **Folha Boqueirão SF**. 21-X-C-V. Escala: 1:100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1973) **Folha Jardim SF**. 21-X-C-II. Escala: 1.100.000.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. (1979) **Folha Nioaque SF**. 21-X-C-III. Escala: 1:100.000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Levantamento de Baixa Intensidade de solos. 2009.< <http://mapoteca.cnps.embrapa.br/>> [Acesso em 18 de março de 2017.](#)



ENVI. Versão 5.1 Disponível em: <<http://www.envi.com.br/envi.php>> Acesso em: 14 set. 2017.

ESRI. **Environmental Systems Research Institute**. ArcGis10.2 Copyright ESRI Inc. 2013.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento remoto para geomorfologia In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 36 – 72.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.

IBGE. **Manual Técnico de uso da terra**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IBGE. **Manual Técnico de Vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 175p.

LACERDA FILHO, J. V. de. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006. 121p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.

MATO GROSSO DO SUL. Secretária de Estado de Meio ambiente e Desenvolvimento Econômico (SEMADE). 2019 <<http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/>> Acesso em 20 de Outubro de 2018.

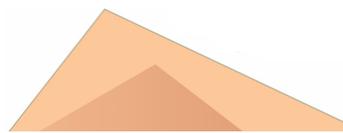
MEDEIROS, R. B. **Zoamento Ambiental para o sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso**. (Tese de Doutorado) 403f. Dourados, UFGD, 2020.

NASCIMENTO, W. M. do.; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Rev. eletrônica da AGB – seção Três Lagoas MS**. n. 7, maio., ano 5, 2008. p. 102 – 121.

ROSS, J. L. S. Land forms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do depto. de geografia - FFLCH – USP**, 2012. p. 38 – 51.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do depto de geografia FFLCH/USP**. 1992. p. 19 – 29.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do depto de geografia – FFLCH – USP: Humanitas**, 1998. p. 88 – 121.



SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SANTOS, R. D. dos.; LEMOS, R. C. de.; SANTOS, H. G. dos.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 53 ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100p.

SEMADE. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-MS. Disponível em: <<http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/>> Acesso em 22 mar. 2019

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M. POTT, V. J.; SANTOS, K, R. **Projeto GeoMS**: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64p.

TROMBETA, L. R.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e geocologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do córrego Guaíçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. **Rev. Formação Online**. v. 3, n. 23, 2016. 187-216.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Shuttle Radar Topography Mission*. 2019 <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 15 de abril de 2017.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 15 de abril de 2017.

Recebido em agosto de 2021.

Revisão realizada em outubro de 2021.

Aceito para publicação em dezembro de 2021.