



# Revista Brasileira de Geografia Física

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



## Sensoriamento Remoto Aplicado ao Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano, MS

Amanda Ayumi de Souza Amede Sato<sup>1</sup>, Erivelton Pereira Vick<sup>2</sup>, Bruno Henrique Machado da Silva<sup>3</sup>, Víncler Fernandes Ribeiro de Oliveira<sup>2</sup>, Vicente Rocha Silva<sup>4</sup>, Vitor Matheus Bacani<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Geografia, Campus de Três Lagoas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, 79610-100, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. [amandayumi.sato@gmail.com](mailto:amandayumi.sato@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-7499-216X>); <sup>2</sup>Doutor em Geografia, Campus de Três Lagoas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, 79610-100, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. [e.vick@hotmail.com](mailto:e.vick@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-2005-5765>); [vinclerfernandes@hotmail.com](mailto:vinclerfernandes@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-0099-0991>); <sup>3</sup>Doutorando em Geografia, Campus de Três Lagoas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, 79610-100, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. [brunomachado.geo@gmail.com](mailto:brunomachado.geo@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-7268-1878>); <sup>4</sup>Professor Adjunto Doutor, Campus de Aquidauana, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, Rua Oscar Trindade de Barros, 740, 79200-000, Aquidauana, Mato Grosso do Sul. [vicente.silva@ufms.br](mailto:vicente.silva@ufms.br) (<https://orcid.org/0000-0002-3945-5964>); <sup>5</sup>Professor Associado Doutor, Campus de Três Lagoas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, 79610-100, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. [vitor.bacani@ufms.br](mailto:vitor.bacani@ufms.br) (<https://orcid.org/0000-0002-8650-0780>).

Artigo recebido em 30/09/2023 e aceito em 06/06/2024

### RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Pântano (BHRP), afluente à margem direita do rio Paraná, está localizada a leste do estado de Mato Grosso do Sul, entre os municípios de Selvíria, Aparecida do Taboado e Inocência, possuindo uma área total de aproximadamente 1.349 km<sup>2</sup>. O presente estudo teve como objetivo mapear, identificar e caracterizar as formas de relevo encontradas na BHRP a partir do uso de Sistemas de Informação Geográfica, dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Os procedimentos metodológicos se fundamentaram em propostas anteriormente elaboradas de taxonomia do relevo e mapeamento geomorfológico. O mapeamento geomorfológico foi elaborado com base no Modelo Digital de Elevação ALOS PALSAR, e imagens ópticas de alta resolução espacial do Bing Maps no software ArcGis 10.6. Foram elaborados os mapas: hipsométrico, clinográfico, de orientação de vertentes e geomorfológico, onde foram identificadas 6 classes geomorfológicas até o 4º táxon (padrão de formas semelhantes), conforme a metodologia de Ross (1992). Os resultados do mapeamento geomorfológico indicaram: 675,32 km<sup>2</sup> de colinas com topos tabulares (Dt), 293,87 km<sup>2</sup> de morrotes com topos convexos (Dc), 184,47 km<sup>2</sup> de superfície pediplanada (Pgi), e superfícies de acumulação, sendo: 13,43 km<sup>2</sup> de planície fluvial (Apf), 0,84 km<sup>2</sup> de planície e terraço fluvial (Atpf), e, 0,20 km<sup>2</sup> de terraço fluvial (Atf). Em vista disso, conclui-se que os dados e métodos foram adequados para a caracterização da geomorfologia, podendo auxiliar e orientar a administração pública no planejamento e gestão territorial da área de estudo.

Palavras-chave: Geomorfologia, Formas de relevo, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento ambiental.

## Remote Sensing Applied to Geomorphological Mapping of the Pântano River Hydrographic Basin, MS – Brazil

### ABSTRACT

The Pântano River Hydrographic Basin (PRHB) is a tributary on the right margin of the Paraná River located in the east of the state of Mato Grosso do Sul – Brazil, between the municipalities of Selvíria, Aparecida do Taboado and Inocência, with a total area of approximately 1,349 km<sup>2</sup>. This study aimed to map, identify and characterize the landforms found in the PRHB using Geographic Information Systems, remote sensing and geoprocessing techniques. The methodological procedures were based on previously elaborated proposals for relief taxonomy and geomorphological mapping. The geomorphological mapping was based on ALOS PALSAR Digital Elevation Model and high spatial resolution optical images from Bing Maps in ArcGis 10.6 software. The generated maps were: hypsometric, clinographic, slope orientation and geomorphological, where 6 geomorphological classes were identified up to the 4th taxon (pattern of similar forms), according to the methodology of Ross (1992). The results of the geomorphological mapping indicated: 675.32 km<sup>2</sup> of hills with tabular tops (Dt), 293.87 km<sup>2</sup> of hills with convex tops (Dc), 184.47 km<sup>2</sup> of pediplanated surface (Pgi), and accumulation surfaces, being: 13.43 km<sup>2</sup> of river plain (Apf), 0.84 km<sup>2</sup> of river plain and terrace (Atpf), and 0.20 km<sup>2</sup> of river terrace (Atf). In view of this, it is concluded that the data and methods were suitable for the characterization of

geomorphology, being able to assist and guide the public administration in the planning and territorial management of the study area.

Keywords: Geomorphology, Landforms, Geographic Information System, Environmental Planning.

## Introdução

O mapeamento geomorfológico é uma forma de representação das características do relevo, suas formas, seus aspectos e estrutura, e é importante para o conhecimento de seus processos naturais e antrópicos que atuam na região (Rodrigues et al., 2023), podendo assim, em conjunto com outros estudos da área, identificar problemas e definir soluções que possam proporcionar menor degradação ao ambiente (Barbosa et al., 2019). Seu estudo e análise também possibilita a verificação dos processos antigos e recentes que atuam e atuaram sobre as formas de relevo (Cunha e Bacani, 2016).

A cartografia geomorfológica tem grande importância para a espacialização dos fatos geomorfológicos, sendo um fator que permite a representação da gênese das formas do relevo presentes, suas relações com a estrutura geológica e a dinâmica dos processos que ocorrem nela, considerando suas particularidades (Cassetti, 2005).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, como os sensores orbitais ópticos e sistemas radarmétricos, em paralelo ao aprimoramento em relação às geotecnologias, torna-se possível ampliar as observações e análises morfométricas e fisiográficas da paisagem, sendo indispensáveis para o estudo de fenômenos geomorfológicos (Florenzano, 2008), destacadamente em bacias hidrográficas. Inúmeros são os produtos cartográficos que auxiliam na elaboração do mapeamento geomorfológico como a hipsometria, clinografia, geologia, orientação de vertentes, cartas topográficas, imagens ópticas e de radar, identificados em diversas pesquisas (Wheaton et al., 2015; Lemenkova, 2019; Chirico et al., 2021). Além da observação dos fatos em loco (campo), formas e processos (Cunha e Bacani, 2016).

Estudos realizados a partir do uso de sensoriamento remoto trazem resultados satisfatórios nos mapeamentos geomorfológicos (Fernandes e Girão, 2018; Barbosa et al., 2019; Girão et al., 2021; Giaccone et al., 2022) tornando-se uma opção viável nas análises da dinâmica da paisagem (Gois et al., 2019), por exemplo em bacia hidrográfica (Furlan et al., 2018).

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), proporciona maior agilidade no processamento e levantamento de informações, facilita a elaboração de integração de dados, além

de colaborar com o planejamento do uso de recursos naturais, considerando seu uso racional (Trentin et al., 2012).

Mediante a importância da geomorfologia sobre a atualidade destaca-se o tema relacionado o equilíbrio socioambiental, onde são reconhecidos os desastres naturais, os quais se evidenciam os deslizamentos de terra, enchentes, entre outros, onde, por sua vez, ocorrem através de uma tendência natural, porém, cada vez mais acelerados pela ação antrópica (Sestini, 1999; Fernandes et al., 2001; Alcántara-Ayala, 2002; Parizzi, 2014; Goudie, 2020), assim tornado de suma importância o mapeamento geomorfológico.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pântano (BHRP) está situada sobre a influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, a qual teve sua construção iniciada ao final da década de 60 e início de suas atividades no ano de 1974, sendo esta, a terceira maior do país em geração de energia, formando ao lado da Usina Hidrelétrica de Jupia, o sexto maior complexo energético do mundo (CTG, 2017).

Transformações socioambientais significativas ocorridas podem ser destacadas na BHRP, sendo a primeira, a ampliação do canal principal do Rio Pântano, junto a sua voz, provocado pela criação do reservatório de Ilha Solteira (Pereira, 2006). Outra mudança que pode ser destacada, concentra-se na relação das transformações no uso e cobertura da terra e suas alterações na paisagem para esta área. Conforme Vick e Bacani (2019), essas mudanças ocorrem em dois períodos distintos, entre 1984 e 2007 com a supressão da cobertura vegetal natural e o câmbio dessas áreas por pastagens voltadas à pecuária e em segundo momento, a conversão de áreas de pastagem ao cultivo de eucaliptos a partir do ano de 2007.

O aumento das áreas plantadas de eucalipto na BHRP recebe influência de sua proximidade a cidade de Três Lagoas (cerca de 80 km de distância), que tem instalado neste município, a mais de uma década, o maior complexo industrial do mundo na produção de papel e celulose (Prefeitura Municipal de Três Lagoas, 2015), atuando diretamente no aumento de áreas plantadas de eucalipto no próprio município e demais municípios vizinhos. Em conjunto as transformações ocorridas na paisagem da BHRP,

sendo estas da ordem ambiental e econômica, ocorreu a implantação de dois projetos de assentamentos rurais, sendo eles: Alecrim (em 2006) e São Joaquim (em 2008) (INCRA, 2017).

Dessa forma, a área de estudo destaca-se pela sua importância ambiental, por ser afluente direto do Rio Paraná, desaguar no reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira e as diversas alterações ocorridas no uso e cobertura da terra nos últimos 30 anos; sua importância econômica, por estar localizada em uma área de franca expansão ao plantio de eucalipto; e por fim, sua importância social, pela localização de dois assentamentos rurais, que tem como foco a produção de alimentos.

Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico se destaca como importante instrumento de planejamento e gestão ambiental, pela sua capacidade de indicar áreas com maior ou menor estabilidade ambiental (balanço morfogênese/pedogênese). Portanto, o entendimento do ambiente a partir da consecução de um mapa geomorfológico oportuniza o conhecimento inicial e de ímpar sobre áreas que possam ser destacadas como estáveis (imperando a pedogênese), intergrades (ora ressalta-se a pedogênese, ora sobressai a morfogênese) e áreas fortemente instáveis (em que fica evidente processos morfogenéticos) (Tricart, 1977), colaborando à vista disso, diretamente para o ordenamento da bacia.

Diante do destaque à aplicação dos dados de sensoriamento remoto integrados aos SIGs e técnicas de geoprocessamento na elaboração de produtos cartográficos, o presente trabalho teve

como objetivo cartografar e analisar as feições geomorfológicas da BHRP por meio das geotecnologias. Assim, gerando um auxílio e orientação à administração pública no planejamento e gestão do uso e cobertura da terra, assim facilitando o apontamento de soluções que são viáveis para sua utilização.

## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

A BHRP é afluente à margem direita do rio Paraná, localiza-se na porção leste do estado de Mato Grosso do Sul, entre os municípios de Selvíria, Inocência e Aparecida do Taboado, apresentando área de aproximadamente 1.349 km<sup>2</sup> (Figura 1). Dentro dos limites físicos da bacia têm-se localizado dois assentamentos de reforma agrária, sendo eles Assentamento São Joaquim, ocupando 35,12 km<sup>2</sup> na área de estudo, e 35,15 km<sup>2</sup> em seu total, e Assentamento Alecrim, ocupando 12,27 km<sup>2</sup> na área de estudo, e 15,1 km<sup>2</sup> em seu total (INCRA, 2017).

A bacia está inserida em áreas rurais, as quais estão condicionadas à expansão do cultivo de eucalipto e desenvolvimento da pecuária ao longo dos últimos anos. Seu papel no sistema como afluente direto do Rio Paraná e os assentamentos localizados dentro de seus limites físicos acrescentam a BHRP as características de interesses econômicos, ambientais e sociais, que se desenvolvem no interior desta área de forma contínua e nem sempre interligadas.

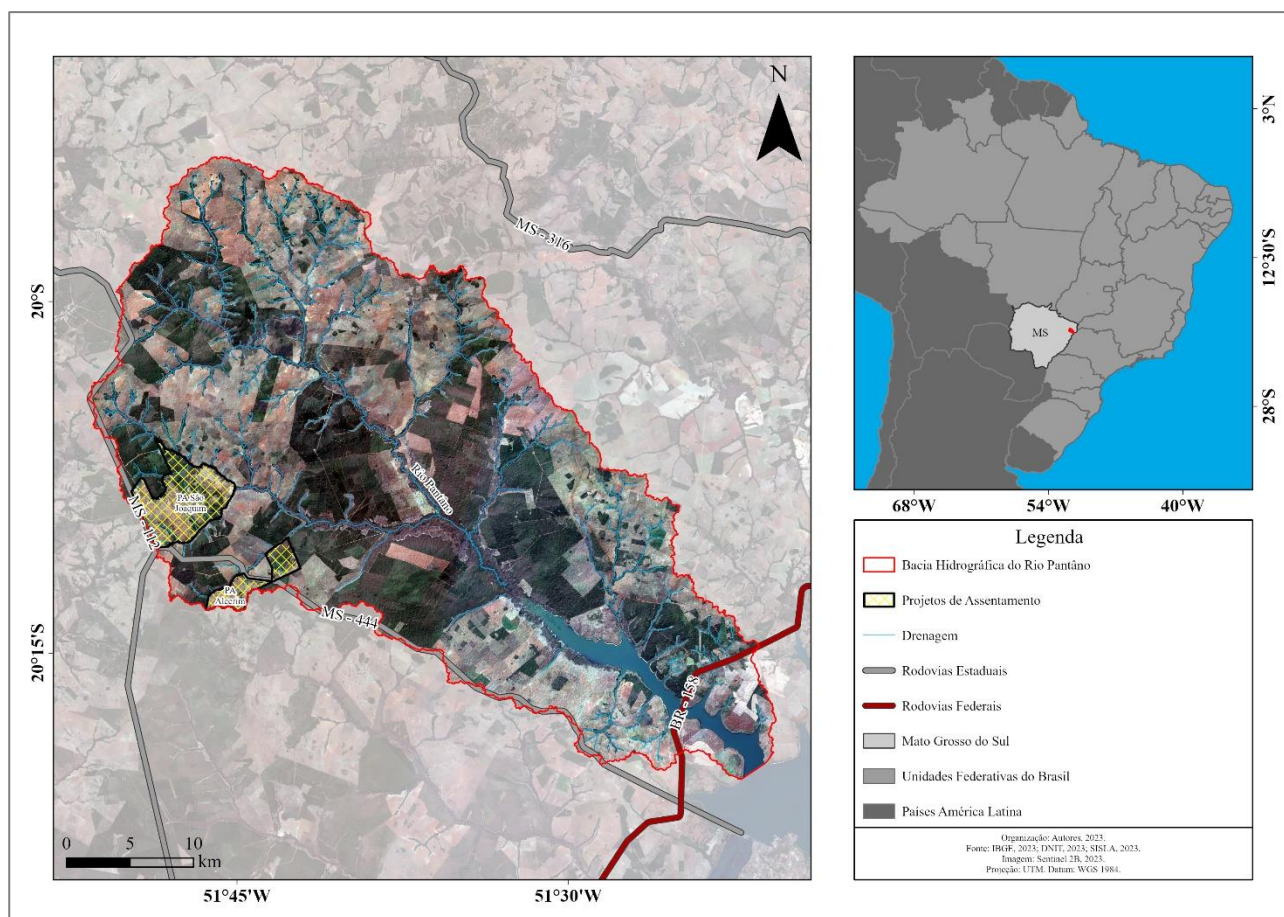


Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

Conforme o banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), a área de estudo encontra-se sob a unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, em que o substrato geológico apresenta as Formações de Santo Anastácio, Vale do Rio do Peixe, Terraços

Holocênicos e Terraços Pleistocênicos (Figura 2), onde são encontrados os tipos de solos: Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho Distroférrico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho Distroférrico e Planossolo Áplico Distrófico (Figura 3).



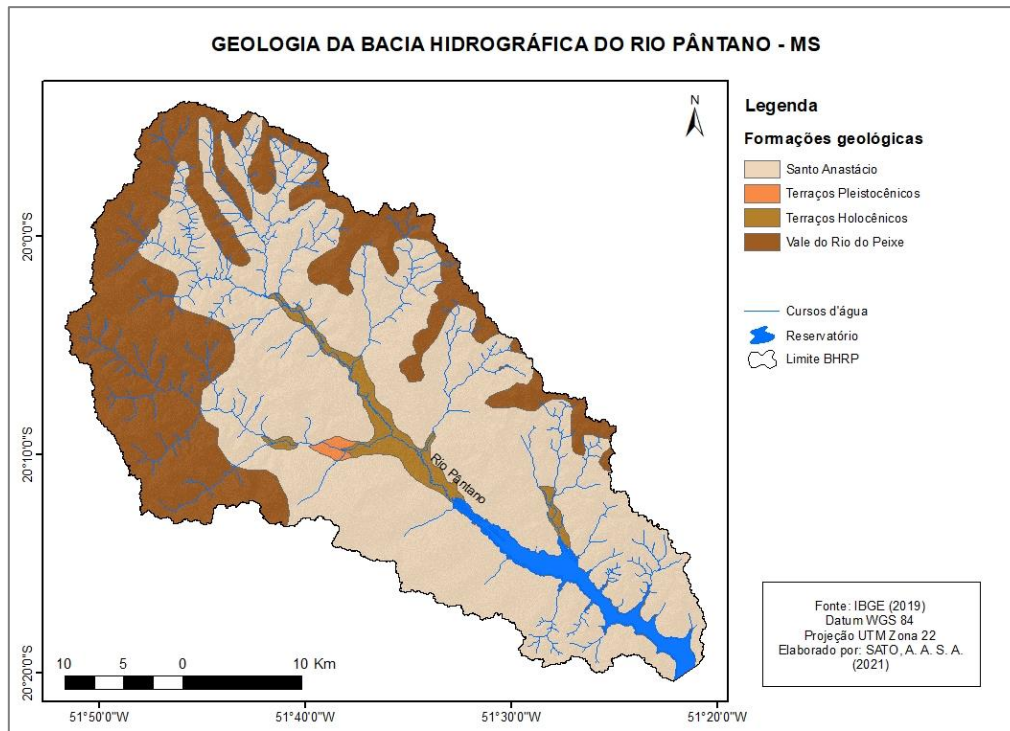


Figura 2. Mapa de geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

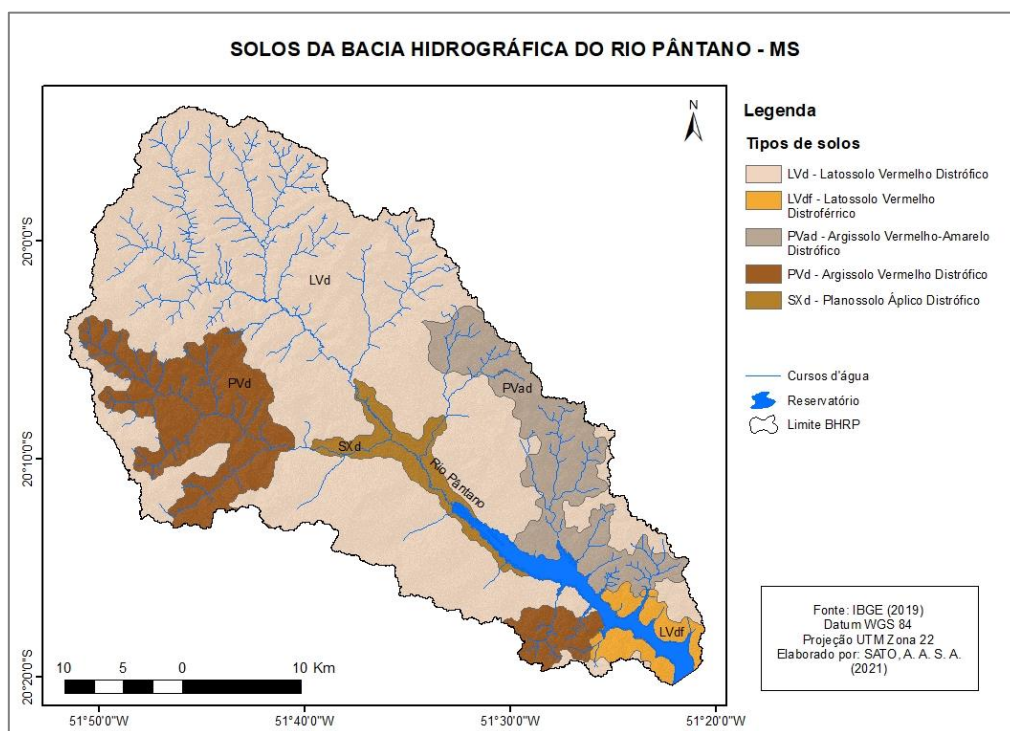


Figura 3. Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

### Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos empregados para a elaboração deste trabalho seguem a proposta metodológica de taxonomia do relevo elaborada por Ross (1992), Florenzano (2008), Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE,

2009), Cunha e Bacani (2016) e rotinas de tratamento de imagem descritas em Novo (2010). A sequência das etapas adotadas para consecução do mapa geomorfológico está representada na Figura 4.

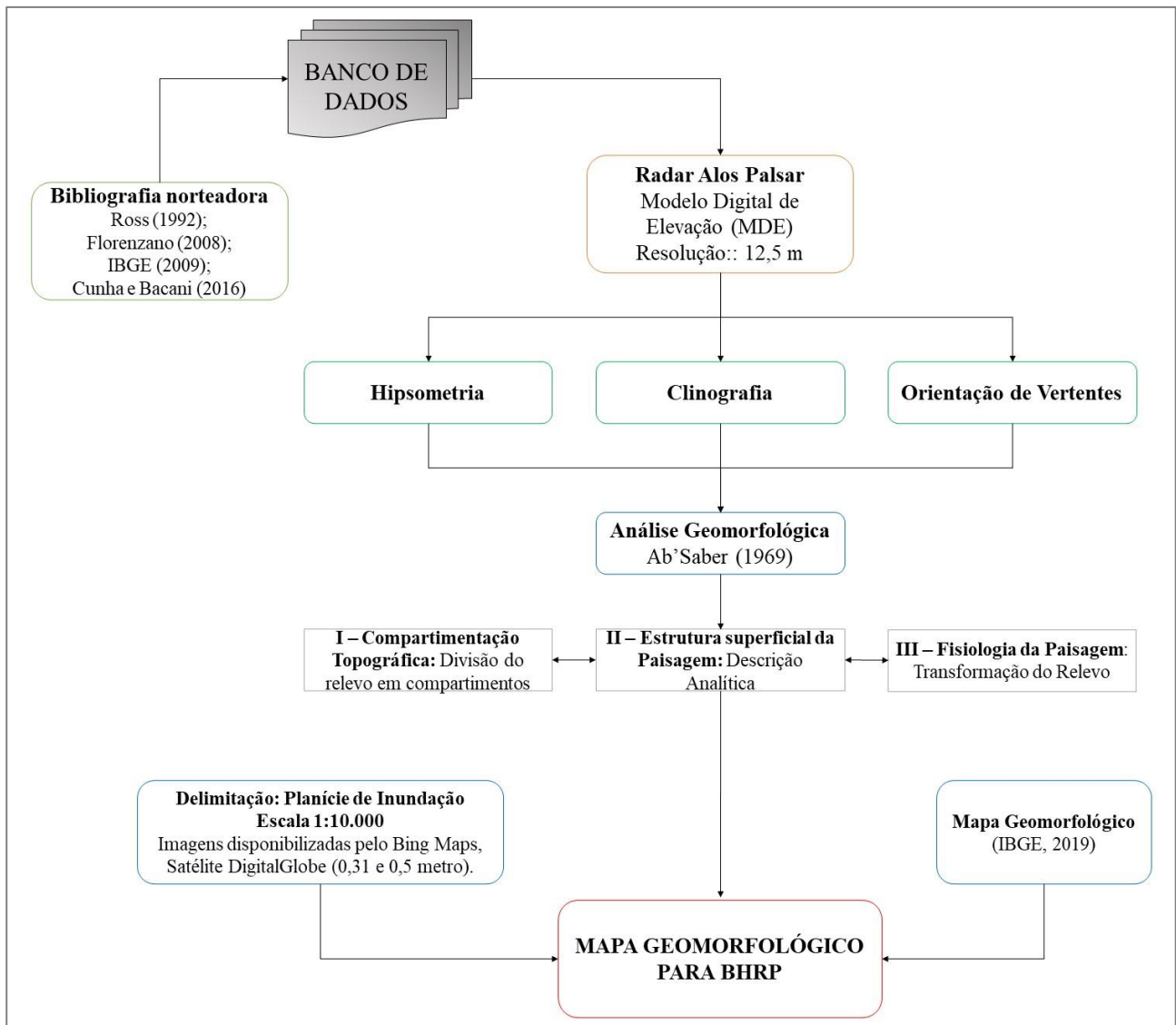


Figura 4. Fluxograma dos passos desenvolvidos para a elaboração do mapeamento geomorfológico.

O mapeamento geomorfológico foi produzido com base em produtos intermediários derivados de análises fisiográficas e morfométricas, apoiadas em dados de Modelo Digital de Elevação (MDE), ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), com resolução espacial de 12,5 metros (JAXA/METI, 2007). Os dados utilizados foram obtidos gratuitamente através da plataforma Alaska Satellite Facility, os quais foram posteriormente utilizados a partir de técnicas de geoprocessamento por meio do software ArcGIS 10.6® (ESRI, 2019), possibilitando a elaboração dos mapas hipsométrico, clinográfico e orientação de vertentes.

Para o mapeamento hipsométrico foram utilizadas 10 classes altimétricas, definido seus

intervalos pelo método de “Jenks”, de quebras naturais, ou, natural breaks, que estabelece classes a partir das quebras identificadas pelo ordenamento dos atributos, resultando em classes com valores próximos enquanto as diferenças entre as classes são maximizadas garantindo a heterogeneidade entre as classes (ESRI, 2019).

Para o mapeamento da declividade (em percentual) utilizou-se da ferramenta “slope”, disponível em *Arc Toolbox – Spatial Analyst Tools – Surface*. Os intervalos adotados para o mapa de declividade seguiram a proposta de Ross (1994), associando o percentual de inclinação do relevo e a respectiva fragilidade a erosão destas classes. Os valores dos intervalos empregados estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Categorias hierárquicas das classes de declividade.

| <b>Categorias hierárquicas</b> | <b>Classes de Declividades</b> |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 – Muito Fraca                | até 6%                         |
| 2 – Fraca                      | de 6 a 12%                     |
| 3 – Média                      | de 12 a 20%                    |
| 4 – Forte                      | de 20 a 30%                    |
| 5 – Muito Forte                | acima de 30%                   |

Fonte: Ross (1994).

A orientação de vertentes das feições topográficas foi confeccionada a partir da ferramenta “Aspect”, através do caminho *Arc Toolbox – Spatial Analyst Tools – Aspect*. Seu resultado é expresso em graus, variando desta forma de 0° a 360°, representando desta forma, as áreas que recebem mais insolação, em que, a distribuição dos sentidos de orientação fica representada da seguinte forma: Plano (-1), Norte (0 – 22.5), Nordeste (22.5 – 67.5), Leste (67.5 – 112.5), Sudeste (112.5 – 157.5), Sul (157.5 – 202.5), Sudoeste (202.5 – 247.5), Oeste (247.5 – 292.5), Noroeste (292.5 – 337.5) e Norte (337.5 – 360).

Os dados contidos na elaboração dos mapas de geomorfologia, pedologia e geologia foram obtidos através do Banco de Dados de Informações Ambientais, disponibilizados pelo IBGE (2019), desenvolvido na escala de 1:250.000.

Ab’ Sáber (1969), propõe uma análise geomorfológica, onde o relevo é produto da interação complexa que é exercida pelas forças endogenéticas e exogenéticas. A análise foi dividida em três níveis de investigação geomorfológica, na qual o primeiro foi a compartimentação topográfica, que estabeleceu a divisão do relevo em compartimentos, levando em consideração a influência da geologia estrutural. O segundo nível buscou o entendimento da estrutura superficial da paisagem a partir da descrição

analítica. O último, a fisiologia da paisagem, se voltou para a aferição da dinâmica da paisagem, ligada diretamente à transformação do relevo.

A partir dos produtos gerados com base no MDE, em conjunto com as imagens disponibilizadas pelo Bing Maps do satélite Digital Globe, com alta resolução espacial de 0,5 metros e 0,31 metros, possuindo o objetivo de adquirir resultados com maior acurácia, foi elaborada a delimitação da planície de inundação e ajuste dos demais tipos de forma, na escala de 1:10.000, como unidade geomorfológica, complementando o mapeamento da geomorfologia da BHRP.

O relevo da área de estudo teve sua caracterização até o 4º táxon, onde estão presentes as feições do relevo Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes, apresentando feições do relevo próprias, mas pertencentes à mesma família (Ross, 1992). Com base em Florenzano (2008), foi realizada a caracterização da morfografia e morfometria, a qual envolve descrições quantitativas e qualitativas do relevo, com o apoio no uso de ferramentas no software Google Earth Pro para a visualização do perfil do relevo e definição de suas formas.

## Resultados e discussão

### Hipsometria

O mapa de hipsometria (Figura 5), representando a altitude do relevo acima do nível do mar, demonstrou uma amplitude altimétrica de 251 metros, com altitudes que variam de 298 a 549 metros. Desta maneira, as áreas de maiores altitudes, localizadas entre as classes de 500 – 549 metros representam 1,24% do total da área da BHRP, ocorrendo nestas áreas, um desnível de 49 metros, enquanto 7,13% da área da bacia estão nas menores classes hipsométricas, com intervalos de altitude entre 298 – 335 metros, com uma amplitude de 37 metros.

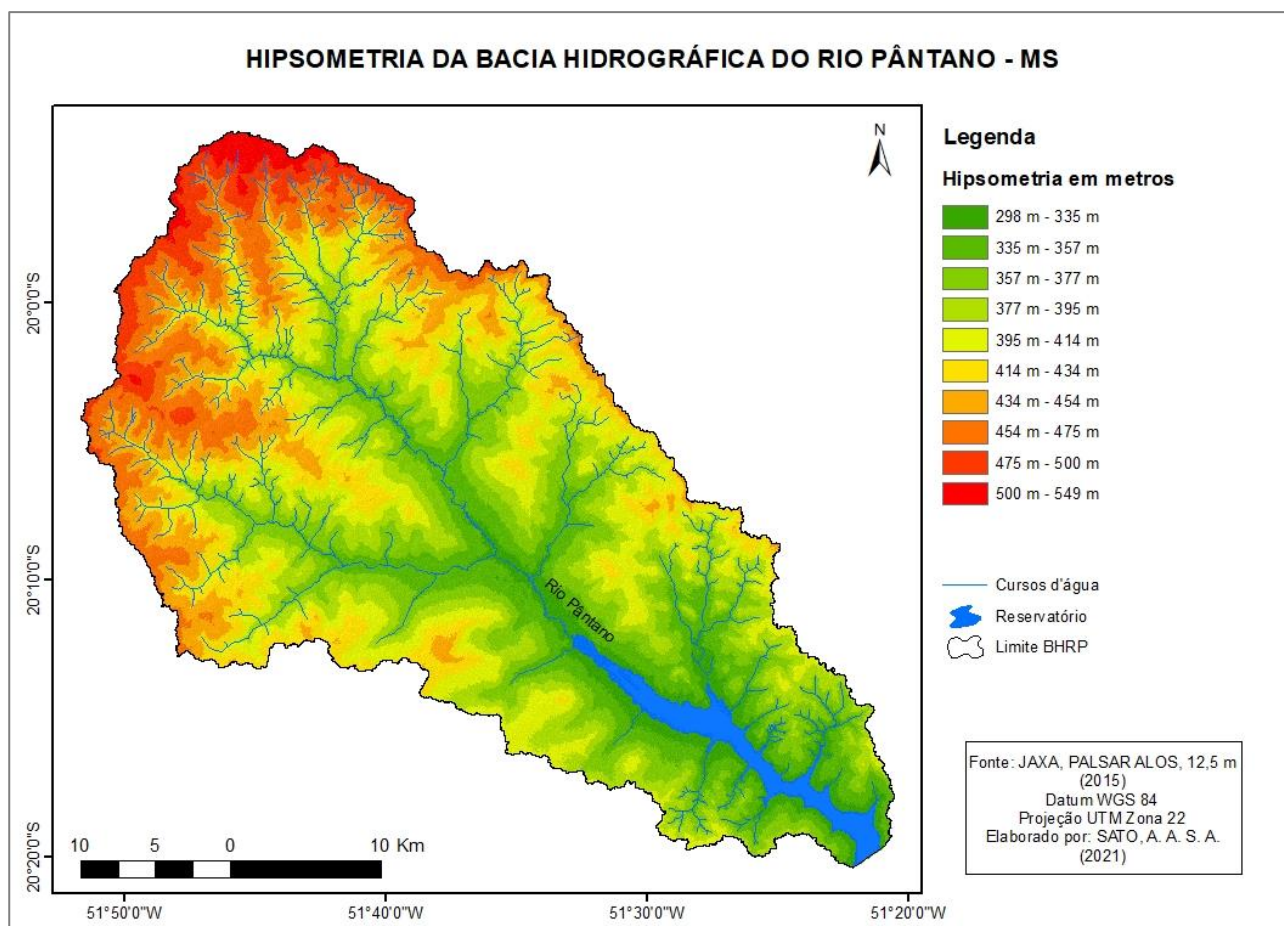


Figura 5. Mapa de hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

A Tabela 2 apresenta a área ocupada pelas classes, segundo o agrupamento dos intervalos altimétricos da BHRP, demonstrando a média das

cotas, amplitude altimétrica para cada cota (maior altitude – menor altitude para a cota), área em quilômetros quadrados e área em percentual.

**Tabela 2.** Intervalos altimétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

| Intervalos altimétricos | Média da Cota (metros) | Amplitude da Cota (metros) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (%) |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| 298 – 335               | 316,5                  | 37                         | 96,2                    | 7,13     |
| 335 – 357               | 346                    | 22                         | 148,4                   | 11,00    |
| 357 – 377               | 367                    | 20                         | 204,1                   | 15,13    |
| 377 – 395               | 386                    | 18                         | 223,90                  | 16,60    |
| 395 – 414               | 404,5                  | 19                         | 217,90                  | 16,15    |
| 414 – 434               | 424                    | 20                         | 163,50                  | 12,12    |
| 434 – 454               | 444                    | 20                         | 127,10                  | 9,42     |
| 454 – 475               | 464,5                  | 21                         | 102                     | 7,56     |
| 475 – 500               | 487,5                  | 25                         | 49,20                   | 3,65     |
| 500 – 549               | 524,5                  | 49                         | 16,7                    | 1,24     |
| Total                   |                        |                            | 1349                    | 100      |

As altitudes mais baixas da BHRP são encontradas principalmente a sudeste de sua área, onde está presente a foz da bacia, e se mantêm ao longo do curso principal e afluentes. Desse modo,

grande parte das nascentes se apresentam principalmente nas áreas que correspondem a altitudes mais elevadas.



O estudo da hipsometria do relevo permite auxiliar o conhecimento sobre a geologia pertencente ao local de estudo, como também a gênese pela ação tectônica que levou a sua formação estrutural. O estudo da distribuição espacial das altitudes permite também o entendimento dos fenômenos erosivos, neste estudo, permitindo o conhecimento e

caracterização dos tipos de relevo conforme a variação altimétrica.

Neste contexto, a Tabela 3 demonstra a relação e quantificação entre as formações geológicas (IBGE, 2019a) mapeados para BHRP, na escala de 1:250.000, estando a representação de seus resultados atribuídos em quilômetros quadrados e percentuais por cotas altimétricas.

**Tabela 3.** Relação entre Cotas Altimétricas e Formações Geológicas para a Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

| Cotas*       | Água            |       | Q1t             |      | Q2t             |       | K2sa            |       | K2vp            |       |
|--------------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|              | Km <sup>2</sup> | %**   | Km <sup>2</sup> | %**  | Km <sup>2</sup> | %**   | Km <sup>2</sup> | %**   | Km <sup>2</sup> | %**   |
| I            | 36,90           | 38,36 | 0,10            | 0,10 | 16,20           | 16,84 | 43,00           | 44,70 | -               | -     |
| II           | 0,10            | 0,07  | 4,50            | 3,03 | 25,20           | 16,98 | 118,60          | 79,92 | -               | -     |
| III          | -               | -     | -               | -    | 1,00            | 0,49  | 196,80          | 96,42 | 6,30            | 3,09  |
| IV           | 0,10            | 0,04  | -               | -    | -               | -     | 203,20          | 90,76 | 20,60           | 9,20  |
| V            | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 166,50          | 76,41 | 51,40           | 23,59 |
| VI           | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 72,70           | 44,46 | 90,80           | 55,54 |
| VII          | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 31,30           | 24,63 | 95,80           | 75,37 |
| VIII         | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 16,60           | 16,27 | 85,40           | 83,73 |
| IX           | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 5,70            | 11,59 | 43,50           | 88,41 |
| X            | -               | -     | -               | -    | -               | -     | 1,40            | 8,38  | 15,30           | 91,62 |
| <b>Total</b> | 37,1            |       | 4,6             |      | 42,4            |       | 855,8           |       | 409,1           |       |

Q1t: Terraços Pleistocênicos; Q2t: Terraços Holocênicos; K2sa: Santo Anastácio; K2vp: Vale do Rio do Peixe.

\*Intervalo das cotas: I: 298 – 335 m; II: 335 – 357 m; III: 357 – 377 m; IV: 377 – 395 m; V: 395 – 414 m; VI: 414 – 434 m; VII: 434 – 454 m; VIII: 454 – 475 m; IX: 475 – 500 m; X: 500 – 549 m.

\*\*O valor percentual apresentado é em relação à quantidade de área presente em cada compartimento altimétrico para respectiva formação geológica.

Decorrente a organização da Tabela 3, é possível entender a espacialização de cada substrato geológico e sua espacialização nos intervalos altimétricos adotados para a BHRP. Desta forma, se elenca três destaques principais para relação hipsometria/substrato geológico.

O primeiro destaque é referente à concentração das grandes massas d'água, sendo a maior, o reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Essas áreas estão majoritariamente (99,46% do total das áreas mapeáveis de água) entre os intervalos altimétricos de 298 a 335 metros e correspondem a 38,36% do total de áreas para esta classe. O maior substrato geológico presente até as altitudes de 335 metros é a formação Santo Anastácio, cuja qual está presente em 44,7% desta classe inicial.

Seguindo, o segundo destaque concentra-se nas áreas mapeadas de Terraços. Ambos do período Quaternário localizam-se até as altitudes de 357 metros (apenas 1 km<sup>2</sup> da formação Terraços Holocênicos estando entre os intervalos altimétricos de 357 – 377 metros). As áreas mapeadas de Terraços Pleistocênicos estão

concentradas entre as altitudes de 335 – 357 metros, com 97,83% do total da área mapeada, enquanto dos Terraços Holocênicos, podem ser encontrados entre 298 a 357 metros, com 97,64% do que foi mapeado para essa formação entre estes intervalos altimétricos. Destarte, Christofolletti (1980) define os terraços fluviais como antigas planícies de inundações as quais foram abandonadas, em que “[...] morfologicamente, surgem como patamares aplainados, de largura variada, limitados por uma escarpa em direção ao curso de água” (Christofolletti, 1980. p. 84). Assim, as áreas de Terraços (Pleistocênicos e Holocênicos) para BHRP estão situadas próximas ao canal principal da bacia (Rio Pântano), ao afluente da margem direita Ribeirão do Beltrão (com suas nascentes no município de Selvíria) e do afluente a margem esquerda Córrego do Serrote (nascentes no município de Aparecida do Taboado), desaguando diretamente na área inundada pelo reservatório de Ilha Solteira.

Por fim, o terceiro ponto a ser destacado é a relação hipsométrica com as formações Santo Anastácio e Vale do Rio do Peixe. Pertencente ao

Grupo Caiuá, a formação Santo Anastácio, apresenta passagens graduais para as formações Rio Paraná e Vale do Rio do Peixe, sendo constituída por estratos arenosos tabulares, com aspecto maciço, espessura decimétrica e intercalações raras de estratos de lamitos e argilitos, segundo Fernandes (2004) em seu estudo que originou a consecução do mapa da parte orientada da Bacia Bauru. A formação Vale do Rio do Peixe, pertencente ao Grupo Bauru, assenta-se diretamente sobre basaltos da formação Serra Geral e em alguns pontos, apresenta passagem gradual para a formação Santo Anastácio, a encobrindo (Fernandes, 2004).

Para BHRP, até as altitudes de 414 metros, o substrato geológico predominante é da Formação Santo Anastácio e a partir da cota altimétrica de 414 – 434 metros inicia-se “uma transição” para Formação Vale do Rio do Peixe, cuja qual está será o substrato geológico majoritário (mais de 75% da área para a cota altimétrica) a partir das altitudes de 434 metros. Assim, a ocorrência majoritária da Formação Santo Anastácio como arcabouço geológico ocorre entre as altitudes de 298 a 414 metros, com uma “faixa de transição” entre as altitudes de 414 a 434 metros, a começar destas altitudes, a Formação Vale do Rio do Peixe será a principal formação, estando condicionada como arcabouço geológico para as maiores altitudes dentro da BHRP.

É necessário ressaltar que a relação entre hipsometria e formações geológicas foi possibilitada a partir de um mapeamento na escala de 1:250.000 (IBGE, 2019a), acarretando em ganhos, como a possibilidade desta relação como também e perda, pois a escala não é a mais adequada.

### Clinografia

Para o mapa de clinografia do relevo foram utilizadas cinco classes de declividade, as quais foram estabelecidas hierarquicamente por Ross

(1994), definidas como: muito fraca - 0% a 6%, fraca - 6% a 12%, média - 12% a 20%, forte - 20% a 30%, e, muito forte - >30% (Tabela 4).

**Tabela 4.** Categorias hierárquicas das classes de declividade por área.

| <b>Categoria</b>   | <b>Classes de Declividades</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (%)</b> |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|
| <b>Muito Fraca</b> | 0 – 6%                         | 842,32                       | 62,44           |
| <b>Fraca</b>       | 6 - 12%                        | 414,88                       | 30,75           |
| <b>Média</b>       | 12 - 20%                       | 83                           | 6,15            |
| <b>Alta</b>        | 20 - 30%                       | 8                            | 0,60            |
| <b>Muito Alta</b>  | > 30%                          | 0,8                          | 0,06            |
| <b>Total</b>       |                                | 1349                         | 100             |

Fonte: Ross (1994).

Na BHRP são predominantes relevos com declives mais baixos, de 0% a 12% de declividade, ocupando 93,2% da área total da bacia, abrangendo, principalmente, a área central e noroeste, correspondendo a um índice de fragilidade de fraco a muito fraco. As áreas com fragilidades, médias, fortes e muito fortes, de 12% a superior a 30%, ocupam apenas 6,8% da área total. A Figura 6 apresenta a espacialização da declividade para BHRP.

O mapa clinográfico indica o ângulo de inclinação da superfície, ou seja, a declividade do solo em relação ao plano horizontal (Mendonça et al., 2016). A análise da clinografia do relevo aponta quais áreas estão mais sujeitas a erosão com a ação do intemperismo. Tais declividades acentuadas proporcionam maior energia aos processos erosivos por escoamento superficial das águas das chuvas, e, conseqüentemente, tornam a área mais propícia à degradação (Andrade et al., 2022; Cassetti, 2005). Dessa forma, esta análise também pode indicar quais as áreas são passíveis de perda de solo, a sudeste da bacia, e acumulação de sedimentos, na área central e noroeste, conforme sua inclinação.

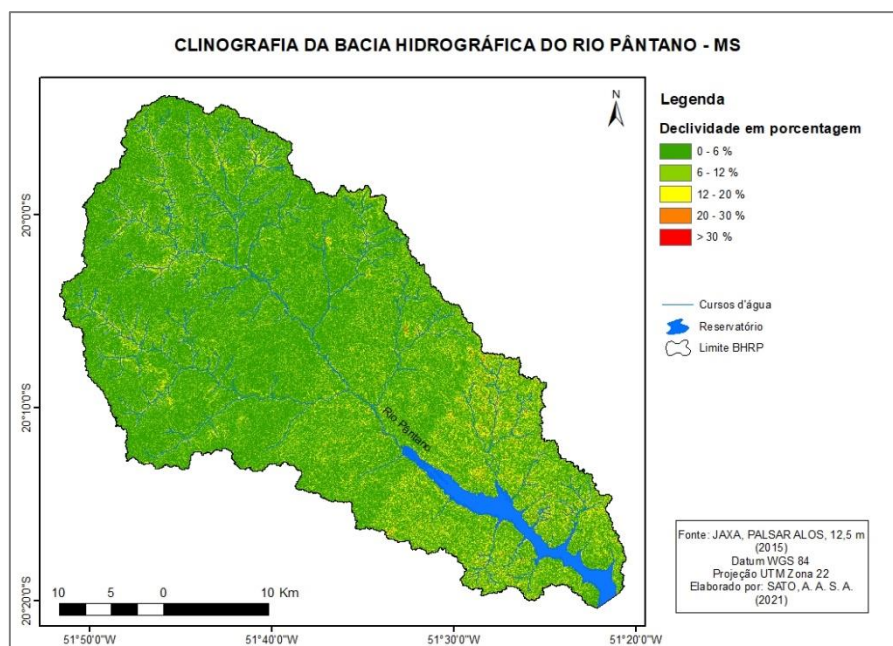


Figura 6. Mapa clinográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

Os relevos íngremes, que possuem maior declividade, apresentam baixa infiltração por ter uma alta velocidade do escoamento superficial, sendo áreas nas quais possuem mais energia no processo de erosão do solo, também ocasionado pelo efeito splash, erosão causada pelo impacto das gotas de chuva no solo (Guerra, 2005).

Desta forma, a Figura 7 demonstra o percentual de tipo de solos encontrados e representados de forma proporcional referente a cada classe de declividade (Figura 7-A) e o percentual de cada tipo de solo e sua recorrência para os determinados intervalos de declividade (Figura 7-B).

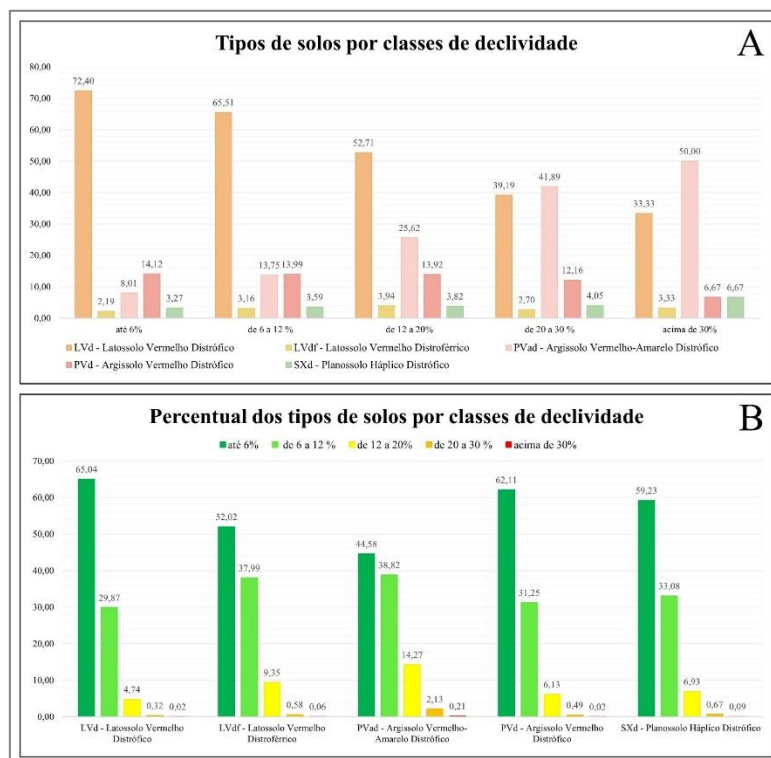


Figura 7. Relação de distribuição do tipo de solo por classes de declividade (A). Percentual de cada tipo de solo encontrado nas classes de declividade (B).

O solo mais presente dentro dos limites físicos da BHRP é o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), ao qual pode ser encontrado em 66,75% (903,1 km<sup>2</sup>). Esses solos têm como características um alto grau de intemperização, em que os perfis mais típicos são aqueles que apresentam um horizonte A com pouca espessura e transição difusa para o horizonte B latossólico bem mais espesso, tendo corriqueiramente mais de 2 metros de profundidade, apresentando consistência friável, elevada porosidade, com colorações que variam de avermelhadas a amareladas, apresentando textura uniforme ao longo do perfil, variando entre média e muito argilosa (Lepsch, 2002).

Em áreas com declividades até 6%, os solos predominantes nestas são os Latossolos Vermelhos Distrófico (LVd), ocupando 72,40% do total. Entre os declives de 6 a 12%, este mesmo solo também são os mais recorrentes para estas áreas, abrangendo cerca de 65,51%. Desta forma, este tipo de solo é predominante em áreas com relevos planos e suaves ondulações, aumentando a sua recorrência conforme aumenta-se a altitude na BHRP, em que, a partir dos 454 metros, é o tipo de solo predominante em mais de 90% das áreas para as cotas altimétricas de 454 a 475 m, 475 a 500 m e 500 a 549 m.

Para o Latossolo Vermelho Distroférrico, sua espacialização no ambiente ocorre em grande escala em áreas com declives até 12%, ao passo que 90,01% deste tipo de solo pode ser encontrado condicionado às áreas com declividade entre 0 a 12% para BHRP. Em sua relação com o mapeamento hipsométrico, apresenta espacialização ocorrendo até as altitudes de 395 metros, contudo, a sua maior presença está relacionada entre as altitudes de 298 – 357 m, onde concentra-se cerca de 83,28% do mesmo, com proximidade a foz do Rio Pântano e área inundada pelo reservatório de Ilha Solteira. Este tipo de solo apresenta grande homogeneidade de características ao longo de seu perfil, com baixa e alta fertilidade natural (distróficos ou eutróficos), diversas vezes podendo apresentar riquezas em micronutrientes (IBGE, 2015).

Em estudos relacionados ao mapeamento de uso e cobertura da terra para BHRP, como o de

Vick e Bacani (2019), as áreas de ocorrência deste tipo de solo, segundo os dados provenientes de IBGE (2019b) relacionam-se diretamente a áreas mapeadas e destinadas ao plantio de cana-de-açúcar.

Assim como os Latossolos, a segunda maior classe de solos presente na BHRP são os Argissolos (329,9 km<sup>2</sup> da BHRP), cujos quais, também solos bem intemperizados, mas que apresentam marcante diferença entre seus horizontes, tendo em comum a relação de aumento de argila a partir da profundidade (Lepsch, 2002). Para a BHRP, o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico é aquele que predomina nas áreas em declividades acima de 30%, em que nestas áreas, cerca de 50% têm-se este tipo de solo como principal. A classe dos Argissolos para BHRP está bem especializada entre as classes hipsométricas, podendo-se ter presença desse tipo de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Argissolo Vermelho Distrófico) até as altitudes de 500 m.

Por fim, os Planossolos presentes na BHRP podem ser encontrados até os intervalos altimétricos entre 357 a 377 m, estando majoritariamente especializados, assim como os demais tipos de solos já apresentados, em áreas com declives até 12%, com 92,31% deste solo presente em áreas com essas declividades. Esses solos apresentam horizontes superficiais com maior textura arenosa, estando sobre um horizonte subsuperficial constituído de material mais argiloso e adensado, onde a ocorrência desses, principalmente o Planossolo Háptico, que é o solo encontrado na BHRP, segundo o mapeamento realizado pelo IBGE (2019b), são grandemente utilizados no cultivo de arroz nas baixadas do Rio Grande do Sul (Lepsch, 2010).

### Orientação de vertentes

O mapa de orientação de vertentes (Figura 8) foi distribuído entre nove sentidos, em graus, sendo eles: Plano (-1), N (337.5 – 22.5), NE (22.5 - 67.5), E (67.5 - 112.5), SE (112.5 - 157.5), S (157.5 - 202.5), SW (202.5 - 247.5), W (247.5 - 292.5) e NW (292.5 - 337.5).

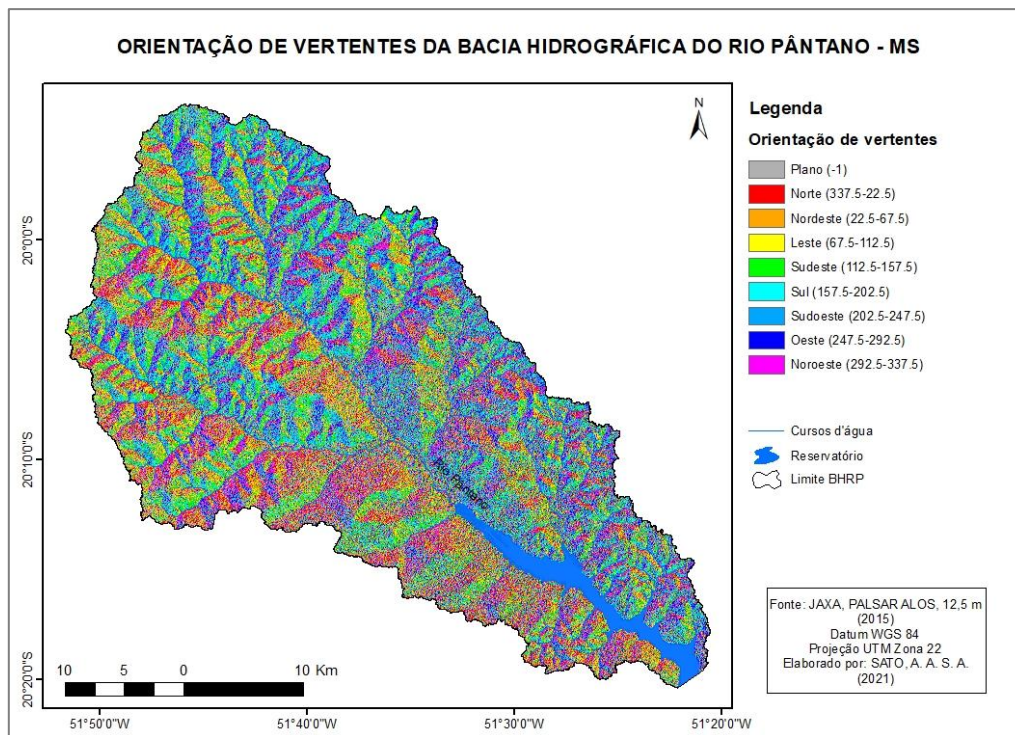


Figura 8. Mapa de orientação de vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

As vertentes voltadas à orientação norte são as que possuem maior destaque, principalmente na área noroeste da BHRP, onde abriga a maior parte de suas nascentes, seguida das orientações leste, sul e oeste. O mapa aponta maior incidência solar sobre a área total da bacia, considerando a predominância das superfícies que apresentam graus de maior proximidade com as vertentes dispostas a norte e a leste. As áreas nas quais têm maior presença da orientação plana se concentram ao centro da bacia.

Conforme Lombardo (1996), a orientação de vertentes é uma medida do ângulo horizontal, expressa em relação ao norte geográfico, chamada azimute, onde o valor é igual a 0°, ou 360°, aumentando no sentido horário. Fator que implica diretamente no escoamento superficial e na formação de cursos de água.

No hemisfério sul, em áreas que apresentam maior proximidade com o trópico se Capricórnio, como a da BHRP, as vertentes voltadas para a direção norte indicam superfícies mais secas e com maiores temperaturas do que as voltadas para a direção sul em razão de receberem uma maior incidência de radiação solar, assim passíveis de uma maior atividade de intemperismo (Lepsch, 2002).

### Geomorfologia

No mapeamento geomorfológico da BHRP foram encontradas três diferentes formas de relevo (Figura 9), classificadas como: formas de aplainamento, formas de dissecação e formas de acumulação.



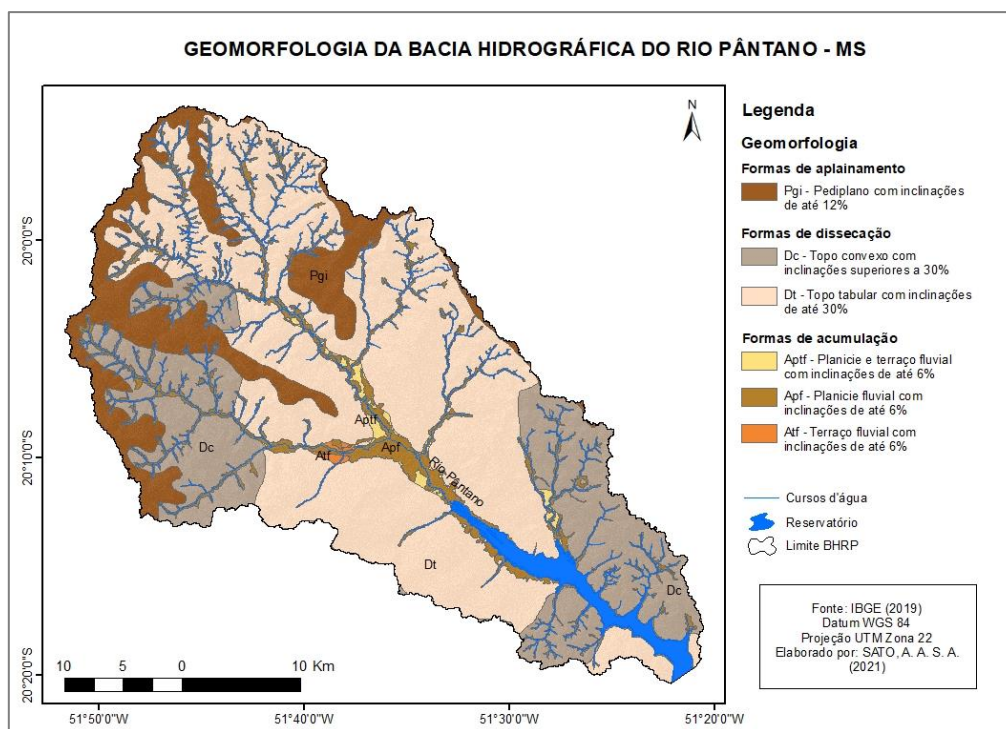


Figura 9. Mapa geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

Desse modo, as formas de relevo encontradas foram (Tabela 5; Figura 10): pediplanandas (Pgi) em formas de aplainamento (A), com topos convexos (Dc) e topos tabulares

(Dt) em formas de dissecação (B), planície fluvial (Apf), planície e terraço fluvial (Aptf), e terraço fluvial (Atf) em formas de acumulação (C).

Tabela 5. Formas de relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano.

| Formas de relevo                          | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (%) |
|-------------------------------------------|-------------------------|----------|
| Pgi – Pediplano                           | 184,47                  | 13,68    |
| Dc – Relevo com topos convexos            | 293,87                  | 21,79    |
| Dt – Relevo com topos tabulares           | 675,32                  | 50,06    |
| Aptf – Planície fluvial e Terraço fluvial | 11,32                   | 0,84     |
| Apf – Planície fluvial                    | 181,17                  | 13,43    |
| Atf – Terraço fluvial                     | 2,64                    | 0,20     |
| Total                                     | 1349                    | 100      |





Figura 10. Fotos das formas de relevo encontradas na BHRP: formas de aplainamento (A), formas de dissecação (B), formas de acumulação (C). Fonte: autores (2021).

#### **Pgi – Formas pediplanadas (A)**

Trata-se de área aplanada (modelado de aplainamento), produto do processo de pediplanação, classificada como formas erosivas. Segundo Casseti (2005), o pediplano é produto de processos de erosão em áreas que possuem maior estabilidade tectônica. Na BHRP encontra-se em áreas próximas às nascentes, ocupando a área de aproximadamente 13,68% da bacia, geralmente apresentando declividade até 12%, possuindo baixa variação altimétrica, presente nas áreas mais elevadas. Em relação à geologia, esta forma de relevo está presente principalmente na área do Vale do Rio do Peixe e parcialmente na área de Santo Anastácio, com predomínio de Latossolo Vermelho Distrófico (IBGE, 2019).

#### **Dc – Formas convexas (B)**

Os modelados de dissecação classificados como de topo no formato convexo, possuem fundo de vale aplanado ou em formato de "V", onde encontra-se altas elevações. As formas de topo convexo são encontradas em áreas diferentes da

bacia, parte, próximas a algumas nascentes, e parte, próxima à foz da bacia, ocupando a área de aproximadamente 21,79%, presente em morrotes de amplitude altimétrica de 20 metros a 60 metros, onde a declividade apresenta-se de forma mais acentuada, encontrando-se áreas com inclinações superiores a 30%. Na área, predomina-se a formação de Santo Anastácio, sendo parcialmente presente no Vale do Rio de Peixe, ocupando a área onde destaca-se o Latossolo Vermelho Distrófico, abrangendo também áreas de Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (IBGE, 2019).

#### **Dt – Formas tabulares (B)**

Este tipo de feição constitui os modelados de dissecação que possuem topo no formato tabular, aplanado, com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, possuindo fundo de vale plano. Ocorre próxima à foz, médio curso e nascentes da BHRP, ocupando aproximadamente 50,07% da área total da bacia,

presente em colinas de amplitude altimétrica de 20 metros a 60 metros, com o predomínio de declividades baixas, com até 30% de inclinação. Esta forma de relevo está presente principalmente na área de Santo Anastácio e parcialmente sob o Vale do Rio do Peixe, sendo uma área onde encontra-se, principalmente, Latossolo Vermelho Distrófico, e, parcialmente, o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho Distroférrico (IBGE, 2019).

#### **Aptf – Planície e terraço fluvial (C)**

As áreas de planície e terraço fluvial são caracterizadas como um modelado de acumulação contendo áreas planas periodicamente alagadas, com meandros abandonados e cordões arenosos. Esta unidade se faz presente próximo aos cursos d'água de médio curso, ocupando aproximadamente 0,84% da área da bacia, com declividade até 6%, predominando Terraços Pleistocênicos, áreas onde encontram-se Planossolo Háplico Distrófico, Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (IBGE, 2019). A identificação desta classe em conjunto se deu em função da escala de representação não possibilitar sua separação, conforme recomendações do IBGE (2009).

#### **Apf – Planície fluvial (C)**

O modelado de acumulação de planície fluvial corresponde às áreas planas que se encontram juntamente aos cursos d'água, onde é inundada permanente ou periodicamente por razão das chuvas. A área possui baixa variação altimétrica e baixa declividade, até 6%, presente em 13,43% da área da bacia, ocupando todas as unidades geológicas da bacia de Terraços Holocênicos, Santo Anastácio e Vale do Rio do Peixe, e pedológicas de Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho Distroférrico, Argissolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Planossolo Háplico Distrófico (IBGE, 2019). As áreas de planície fluvial são protegidas pelo Código Florestal Brasileiro devido à proximidade com os canais fluviais e possuir áreas úmidas, onde se restringe o uso da terra, por se tratar predominantemente de Área de Preservação Permanente (APP), podendo apresentar alto risco de inundação (Cunha e Bacani, 2016).

#### **Atf – Terraço fluvial (C)**

São áreas de acumulação de formas planas e inclinações leves, podendo inundar periodicamente. Esta forma de relevo ocupa aproximadamente 0,20% da área total, com declividade até 6%, presente na área central da bacia, possuindo baixa amplitude altimétrica, sendo área de Terraços Pleistocênicos, ocupada por Planossolo Háplico Distrófico.

Os conhecimentos sobre a geomorfologia são essenciais para o campo de estudo que envolve a temática ambiental, pois explica o relevo e suas formas, sua gênese, a ação endógena e exógena que são fatores constituintes dos processos dinâmicos que nele ocorrem tanto no presente quanto no passado.

#### **Conclusões**

A partir das informações obtidas pelos produtos elaborados, observa-se que o relevo sugere baixa fragilidade potencial na bacia, com predominância de fraca a muito fraca (abaixo de 12%), abrangendo 93,2% da área da bacia. Contudo, principalmente na área próxima à foz, onde são encontrados topos tabulares e convexos, têm-se áreas com um maior grau de fragilidade (acima de 12%), ocupando 6,8% da área da bacia.

Os resultados desenvolvidos através de dados do satélite ALOS PALSAR e imagens do satélite DigitalGlobe de alta resolução espacial, a base de dados disponibilizados pelo IBGE, em conjunto com técnicas de geoprocessamento no software ArcGIS 10.6, foram eficazes na produção da cartografia geomorfológica da área da BHRP.

As análises realizadas a partir dos mapas de hipsometria, declividade, orientação de vertentes, geologia e solos, mais especialmente o mapa principal (geomorfologia) possuem ricas informações técnicas que podem contribuir com a administração pública na gestão da bacia.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS/MEC – Brasil. Este estudo foi financiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil - CNPq (processo nº 403993/2021-0 e processo nº 306448/2020-3), pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul-FUNDECT (processo nº



71/002.368/2022) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Código do Fundo 001.

## Referências

- Ab'Sáber, A. N. (2010). *Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário*. A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber.
- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47(2-4), 107-124. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00083-1)
- Andrade, L. A., Bezerra, J. F. R., de Moraes, M. S., Lisboa, G. S., Pinto, E. J. G., & Matos, M. V. C. (2022). Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão. *Formação (Online)*, 29(54), 593-618.
- ASF. ALASKA SATELLITE FACILITY. MapReady 1.0. Disponível: <http://www.asf.alaska.edu/>. Acesso: 7 jul. 2021.
- Barbosa, T. S., de Lima, V. F., & Furrier, M. (2019). Mapeamento geomorfológico e geomorfologia antropogênica do município do Conde-Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 20(3). <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1571>.
- Cassetti, V., (2005). *Geomorfologia*. [S.l.]. Disponível: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso: 01 abr. 2018.
- Chirico, P. G., Bergstresser, S. E., DeWitt, J. D., & Alessi, M. A. (2021). Geomorphological mapping and anthropogenic landform change in an urbanizing watershed using structure-from-motion photogrammetry and geospatial modeling techniques. *Journal of Maps*, 17(4), 241-252. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1746419>
- Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia*. Editora Blucher.
- CTG Brasil. China Three Gorges Corporation, (2017). Disponível: <http://ctgbr.com.br/portfolio-item/energia-hidreletrica/>. Acesso: 21 dez. 2018.
- Cunha, E. R., & Bacani, V. M. (2015). Sensoriamento remoto e SIG aplicados ao mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 19(3), 630-646.-646. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.107612>.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute, 2019. Classifying numerical fields for graduated symbology. Disponível: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.6/map/working-with-layers/classifying-numerical-fields-for-graduated-symbols.htm>. Acesso: 15 jul. 2021.
- FERNANDES, L. A. (2004). Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1: 1.000. 000. *Boletim Paranaense de Geociências*, 55. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v55i0.4283>.
- Fernandes, N. F., Guimarães, R. F., Gomes, R. A. T., Vieira, B. C., Montgomery, D. R., & Greenberg, H. (2001). Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1). <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.8>.
- Fernandes, P. J. F. & Girão, R. S. (2018). Refinamento Semiautomático do Mapa Geomorfológico do RADAMBRASIL por Recuperação e Modelagem do Conhecimento. *Revista Tamoios*, 14(2). <https://doi.org/10.12957/tamoios.2018.34292>.
- Florenzano, T. G. (2008). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Oficina de textos.
- Furlan, A. R., Dias, D. F., Trentin, R., & de Souza Robaina, L. E. (2018). Identificação das Unidades Geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Carijinho, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 19(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1377>
- Giaccone, E., Oriani, F., Tonini, M., Lambiel, C., & Mariéthoz, G. (2022). Using data-driven algorithms for semi-automated geomorphological mapping. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02062-5>.
- Girão, R. S., Vicens, R. S., de Almeida, J. C. H., & Fernandes, P. J. F. (2021). Mapeamento Geomorfológico Regional Semiautomatizado por Descoberta e Modelagem do Conhecimento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 22(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.2015>.
- Gois, L. S. S., dos Santos, J. E. B., & da Rocha Vasconcelos, Y. C. (2018). O uso de produtos

- de sensoriamento remoto em estudos geomorfológicos: um olhar sob os simpósios nacionais. *Revista Contexto Geográfico*, 3(6), 56-65.  
<https://doi.org/10.28998/contegeo.v3i6.6938>.
- Goudie, A. (2020). The human impact in geomorphology—50 years of change. *Geomorphology*, 366, 106601.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.002>.
- Guerra, A.J.T. (2005). Processos erosivos nas encostas. In: Guerra, A.J.T., Cunha, A.S. (Orgs.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*, 6. Rio de Janeiro, 149-209, Bertrand Brasil.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2009). Manual Técnico de Geomorfologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2015). Manual Técnico de Pedologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2019). Banco de Dados de Informações Ambientais. Disponível: <https://bdiaweb.ibge.gov.br>. Acesso: 19 jul. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2019a). Mapeamento de Recursos Naturais. Arquivo shapefile contendo informações sobre Geologia. Disponível: [https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Acesso: 19 jul. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2019b). Mapeamento de Recursos Naturais. Arquivo shapefile contendo informações sobre Pedologia. Disponível: [https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Acesso: 19 jul. 2019.
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, (2017). INCRA nos Estados: informações gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária. Disponível: <http://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php>. Acesso: 21 dez. 2019.
- JAXA/METI. Japan Aerospace Exploration Agency/ Ministry of Economy, Trade, and Industry, (2007). Alos Palsar L 1.0. Accessed through ASF DAAC. Disponível: <http://www.asf.alaska.edu/aadn>. Acesso: 23 ago. 2019.
- Lemenkova, P. (2019). GMT based comparative analysis and geomorphological mapping of the Kermadec and Tonga Trenches, Southwest Pacific Ocean. *Geographia Technica*, 14(2), 39-48.  
[https://doi.org/10.21163/GT\\_2019.142.04](https://doi.org/10.21163/GT_2019.142.04)
- Lepsch, I. F. (2002). *Formação e conservação dos solos*. Oficina de textos.
- Lombardo, M.A., (1996). *O clima e a cidade*. Boletim Climatológico. Universidade Estadual Paulista. Unesp. Presidente Prudente.
- Mendonça, B. G., Pires, L. D. C., Bacani, V. M., Cunha, E. D., & Facincani, E. M. (2016). Mapeamento Geomorfológico do Município de Aquidauana-MS, através de sensoriamento remoto e SIG. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(7).  
<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44366>.
- Novo, E. M. (2010). *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. Editora Blucher.
- Parizzi, M. G. (2014). Desastres naturais e induzidos e o risco urbano. *Geonomos*.  
<https://doi.org/10.18285/geonomos.v22i1.288>.
- Pereira, A. O. (2006). *Caracterização do uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira*.
- Prefeitura Municipal de Três Lagoas, (2015). Disponível: <https://www.treslagoas.ms.gov.br/tres-lagoas-e-destaque-em-publicacao-voltada-ao-setor-de-celulose-e-papel/>. Acesso: 21 dez. 2018.
- Rodrigues, S. C., Augustin, C. H. R. R., & Nazar, T. I. S. M. (2023). Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(1).  
<https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>
- Ross, J. L. S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do departamento de Geografia*, 6, 17-29.  
<https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>.
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do departamento de geografia*, 8, 63-74.  
<https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.
- Sestini, M. F. (1999). *Variáveis geomorfológicas no estudo de deslizamentos em Caraguatatuba—SP utilizando imagens TM-LANDSAT e SIG*. São José dos Campos.
- Trentin, R., Santos, L. J. C., & Robaina, L. E. D. S. (2012). Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Itu: oeste do Rio Grande do Sul-Brasil. *Sociedade & Natureza*,



- 24, 127-142. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000100011>.
- Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica* (No. 1). Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambient.
- Vick, E. P., & Bacani, V. M. (2019). Prediction of the future scenario of the expansion of areas of forestry into the brazilian cerrado using a cellular automata Markov Chain model. *Mercator (Fortaleza)*, 18, e18026. <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18026>.
- Wheaton, J. M., Fryirs, K. A., Brierley, G., Bangen, S. G., Bouwes, N., & O'Brien, G. (2015). Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms. *Geomorphology*, 248, 273-295. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.07.010>.