

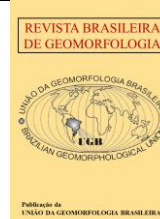


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 27, n° 2 (2026)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v27i2.2693>



Nota técnica

Mapeamento geomorfológico do estado de Mato Grosso: hierarquia taxonômica e parâmetros geomorfométricos

Geomorphological mapping of the state of Mato Grosso: taxonomic hierarchy and geomorphometric parameters

Ricardo Michael Pinheiro Silveira ¹, André Nogueira da Silva ²

¹ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, Curitiba, Brasil. ricardomichael@ufpr.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5664-7079>

² Universidade Federal de Rondonópolis, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rondonópolis, Brasil.
andrenoguedasilva@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3452-8899>

Recebido: 09/04/2026; Aceito: 27/05/2026; Publicado: 11/06/2026

Resumo: Apresenta-se o mapeamento geomorfológico do estado de Mato Grosso, vinculando perspectivas teórico-metodológicas da geomorfometria, do histórico da cartografia geomorfológica local e das discussões no âmbito do SBCR. Estabeleceu-se uma classificação hierárquica em quatro táxons com ênfase morfológica (macroformas de relevo, morfoestruturas, unidades de relevo e padrões de relevo), cujos parâmetros de mapeamento se apoiaram em atributos geomorfométricos. A proposta se ateve às questões semânticas usadas para expressar os modelos conceituais (qualitativos) sobre o relevo e aos parâmetros de classificação (quantitativos) vinculados à geometria e à homogeneidade morfológica. Utilizou-se o MDE Copernicus (30 m) e os atributos geomorfométricos da declividade média, amplitude altimétrica, índice de posição topográfica e white top hat. No 1º táxon foram classificados planaltos, planícies, superfícies rebaixadas e montanhas. No 2º táxon foram mapeadas as bacias sedimentares, os sistemas orogênicos e os crátons. O 3º táxon resultou em 67 unidades de relevo e o 4º táxon indicou uma nova subdivisão em 16 padrões de relevo. Considerando a integração dos quatro níveis hierárquicos, foram mapeadas 376 classes de relevo no estado de Mato Grosso. Conclui-se que a combinação de atributos geomorfométricos locais e focais foi exitosa na generalização e distinção de morfologias em relevos com características e dissecções variadas.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação; Cartografia geomorfológica; Relevo de Mato Grosso; Pantanal.

Abstract: The geomorphological mapping of the state of Mato Grosso is presented, integrating theoretical and methodological perspectives of geomorphometry, the history of local geomorphological cartography and discussions within the scope of the SBCR. A hierarchical classification was established in four taxons with morphological emphasis (macro landforms, morphostructures, landform units and landform patterns), whose mapping parameters were based on geomorphometric attributes. The proposal focused on the semantic issues used to express the conceptual (qualitative) models of landforms and the classification parameters (quantitative) linked to geometry and morphological homogeneity. The Copernicus DEM and the geomorphometric attributes of mean slope, altimetric amplitude, topographic position index and white top hat were used. The 1st taxon was classified as plateaus, plains, lowlands and mountains. In the 2nd taxon, sedimentary basins, orogenic systems and cratons were mapped. The 3rd taxon resulted in 67 landform units and the 4th taxon indicated a new subdivision into 16 landform patterns. Considering the integration of the four hierarchical levels, 376 landform classes were mapped in the state of Mato Grosso. It is concluded that the combination of local and focal geomorphometric attributes was successful in generalizing and distinguishing morphologies in terrains with varied characteristics and dissections.

Keywords: Digital Elevation Model; Geomorphological cartography; Landforms of Mato Grosso; Pantanal.

1. Introdução

O relevo de Mato Grosso se desenvolveu em consonância à variabilidade litológica e aos efeitos da erosão diferencial; à tectônica/neotectônica e aos processos isostáticos decorrentes que, favorecidos pelos lineamentos estruturais e falhamentos, derivaram *grabens*, *horsts* e níveis de base regionais; às flutuações climáticas; e ao processo de ocupação do território, em perspectiva geomorfológica atual. Mato Grosso é contemplado por porções cratônicas, antigos orógenos e bacias sedimentares, submetidas a paleoclimas que resultaram em paleosuperfícies poligenéticas, além das extensas planícies e megaleques fluviais, relevos residuais, planaltos dissecados e cimeiras preservadas na forma de chapadas (Silveira, 2023). Trata-se, portanto, de uma área representativa e diversa para a cartografia geomorfológica, evidenciada por mapeamentos prévios que adotaram distintas metodologias ou categorias de mapeamento.

Mapas geomorfológicos, ao integrarem caracterizações multiescalares do relevo, configuram produtos cartográficos elementares à gestão ambiental e ao planejamento territorial. Há, no entanto, um grande desafio atual vinculado à cartografia geomorfológica regional: como conciliar o histórico, as novas técnicas e a sistematização taxonômica dos mapeamentos geomorfológicos? Essa questão implica, respectivamente, na articulação de aspectos qualitativos (classes ou toponímias geomorfológicas), quantitativos (parâmetros de modelagem ou mapeamento) e conceituais (categorias e hierarquias), como tentativa de superar uma suposta dicotomia entre mapas geomorfológicos tradicionais e digitais.

No âmbito operacional, o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e técnicas geomorfométricas vem favorecendo o processamento, modelagem, representação e aplicação de dados topográficos para a identificação, análise e quantificação de formas e processos geomorfológicos. A Geomorfometria é definida como a ciência da quantificação topográfica (Hengl; Reuter, 2009; Xiong; Tang; Strobl, 2022) e tem os MDE como dado básico para o cálculo de atributos geomorfométricos (superfície contínua) que podem ser empregados para a distinção de objetos (superfície discreta) que compõem classificações de mapas geomorfológicos.

Após a popularização dos MDE globais e com a consolidação do uso de atributos geomorfométricos como dado básico à cartografia geomorfológica, tais como a declividade e as curvaturas, muitas métricas foram derivadas para subsidiar análises multidimensionais do relevo. Newman et al. (2018) discutiram sobre os atributos geomorfométricos multiescalares, essenciais para mapeamentos geomorfológicos em escala regional, que objetivam representar padrões com homogeneidade topográfica. Outra potencialidade recente é a segmentação de feições aplicadas ao mapeamento geomorfológico digital, como apresentado por Minár et al. (2024). Sobre a temática, Sofia (2020) apresenta um panorama sobre as aplicações da Geomorfometria, evidenciando, como aspectos vantajosos, a objetividade na definição das formas de relevo, a multiescalaridade, a relação entre formas e processos e o uso de códigos abertos, além dos métodos estatísticos e automatizações.

De modo concomitante aos avanços teórico-metodológicos da modelagem digital do relevo, no contexto nacional consta em desenvolvimento o Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR), que dá sequência ao legado histórico da cartografia geomorfológica brasileira (Botelho; Pelech, 2019; CEN/SBCR, 2022). Configura-se, assim, um cenário favorável às discussões que abarquem a produção geomorfológica pretérita, as discussões conceituais e as avaliações sobre limitações e potencialidades das metodologias de mapeamento.

Referente ao histórico, tem-se que os primeiros registros de caracterização do relevo matogrossense provêm de meados do século XIX, com as descrições de Castelnau (1859). No entanto, as classificações geomorfológicas sistematizadas datam de meados do século XX, com macrocompartimentações que expressam características morfológicas e morfogenéticas em perspectiva regional, conforme levantamento feito por Silveira (2023). Destacam-se, dos trabalhos pioneiros, as publicações de Rondon (1933), Löfgren (1946), Ab'Saber (1954), Brito Junior (1955) e Almeida (1959), que caracterizaram: as unidades de paisagem e a morfogênese no contexto da Amazônia, Cerrado e Pantanal; as principais morfoestruturas; as paleosuperfícies e a evolução do modelado; e a morfometria regional.

Posteriormente, o desenvolvimento do Projeto RadamBrasil (1975-1985) resultou na publicação de nove cartas ao milionésimo que contemplam o estado de Mato Grosso. A ênfase destes mapas geomorfológicos se ateve às unidades morfológicas (divididas em formas estruturais, erosivas, de dissecação e de acumulação) e à representação de feições lineares e pontuais e dos índices de dissecação. Embora sejam categorizados como mapas de escala geomorfológica pequena, apresentam detalhamento conceitual e cartográfico superior a muitas propostas vindouras publicadas. Constituem produtos cartográficos muito relevantes e os relatórios técnicos dos mapas

dispõem uma ampla e minuciosa caracterização geomorfológica, com muitos dados de campo e associações com a geologia e pedologia.

Outros mapeamentos subsequentes, a nível estadual, adaptaram a representação de unidades homogêneas de relevo, tais como: i) Werle; Silva (1996), que classificaram 37 unidades de relevo condizentes ao 3º táxon de Ross (1992); ii) Santos (2000), no Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do estado de Mato Grosso, que categorizou e mapeou 6 grupos morfogenéticos subdivididos em 36 sistemas, conforme proposta de Latrubesse, Rodrigo e Mamede (1998); iii) mapeamento da Geodiversidade de Mato Grosso, da CPRM (MORAES, 2010), com a distinção de 54 unidades geológico-ambientais; iv) compartimentação do relevo do IBGE (2019).

Mais recentemente, a cartografia geomorfológica em Mato Grosso foi favorecida por mapeamentos com recortes regionais e aplicações específicas (derivados, sobremaneira, de bases de dados digitais, de sensoriamento remoto e de MDE em ambiente SIG). Tem-se, como exemplo, estudos em bacias hidrográficas referentes à morfodinâmica (Jesus; Cabral, 2016), à compartimentação de planícies no contexto pantaneiro (Meira et al., 2019) e a mapeamentos morfográficos em interface à cobertura e uso da terra (Sales; Cabral; Jesus, 2021). No Pantanal matogrossense, com a complexa dinâmica fluvial e a relação com os planaltos circundantes, a publicação de Assine et al. (2014) sintetiza a diversidade geomorfológica das planícies inundáveis.

Destacam-se, também, as publicações de Valente; Latrubesse (2012), na bacia do Bananal, de Irion et al. (2016), na planície do rio Araguaia, e de Pupim; Assine; Sawakuchi (2017), sobre o megaleque fluvial do rio Cuiabá. No âmbito de mapeamentos realizados com técnicas de modelagem, o trabalho de Rocha et al. (2022) trouxe avanços com a aplicação de um método semiautomático de classificação do relevo amparado por variáveis geomorfométricas (amplitude, declividade, orientação e formas das vertentes), contemplando as áreas de Cerrado no estado de Mato Grosso.

Nesse contexto, e a partir das questões elencadas, a presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar a aplicabilidade de atributos geomorfométricos para o mapeamento geomorfológico multiescalar, adotando o estado de Mato Grosso como área de estudo e vinculando três aspectos: i) perspectivas teórico-metodológicas da geomorfometria; ii) histórico da cartografia geomorfológica local; iii) discussões recentes no âmbito do SBCR. Considerou-se que a modelagem parametrizada favorece a reprodutibilidade metodológica e a redução da subjetividade na delimitação das classes mapeadas. Nesse sentido, apresenta-se neste artigo o mapeamento geomorfológico elaborado para o estado de Mato Grosso em quatro níveis taxonômicos.

2. Materiais e Métodos

Estabeleceu-se uma classificação hierárquica em quatro táxons com ênfase morfológica, cujos critérios de mapeamento se apoiaram em técnicas geomorfométricas. Utilizou-se como dado de referência o Modelo Digital de Elevação Copernicus (ESA, 2023), da União Europeia, com resolução espacial de 30 metros, por ser o MDE global gratuito de maior acurácia (Cremon et al., 2022; Guth et al., 2024).

Procedeu-se ao cálculo dos atributos geomorfométricos utilizados nas classificações. As etapas operacionais foram realizadas pelo software QGIS 3.22. A ferramenta utilizada para a análise de vizinhança (raios para cálculos regionais) dos atributos geomorfométricos foi a "*r.neighbors*" do GRASS GIS, disponível no QGIS.

Para o 1º táxon, o estado de Mato Grosso contemplou planaltos, planícies, superfícies rebaixadas e montanhas. No 2º táxon foram mapeadas as bacias sedimentares, os sistemas orogênicos e os crátons. O 3º táxon resultou em 67 unidades de relevo e o 4º táxon indicou uma nova subdivisão em 16 padrões de relevo, o que totalizou 376 classes.

2.1. Conceitos das classes geomorfológicas

A elaboração do mapeamento se ateve, inicialmente, às questões semânticas usadas para expressar os modelos conceituais (qualitativos) sobre o relevo e, posteriormente, aos parâmetros de classificação (quantitativos) vinculados à geometria dos objetos a serem mapeados. Em suma, o mapa geomorfológico buscou conciliar as perspectivas teórico-metodológicas da modelagem digital do relevo e da geomorfometria ao histórico da produção da cartografia geomorfológica mato-grossense e aos frutíferos debates recentes da comunidade geomorfológica nacional.

Conceitualmente, a atribuição das classes pertencentes ao 1º nível taxonômico (macroformas de relevo) e ao 2º nível taxonômico (unidades morfoestruturais) seguiram as discussões que vêm sendo tratadas no âmbito do

Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (Botelho; Pelech, 2019; CEN/SBCR, 2022; Botelho; Silveira, 2024). Exemplificações constam nas discussões dos resultados do trabalho.

O 3º táxon (unidades de relevo) se apoiou na categorização equivalente de Ross (1992) e IBGE (2009), cuja individualização se deu a partir de padrões regionais morfográficos (homogeneidade morfológica) e/ou padrões regionais morfogenéticos (homogeneidade de processos). Buscou-se, para este nível taxonômico, conciliar aspectos quantitativos e qualitativos das unidades de relevo. A delimitação, em si, considerou a homogeneidade a partir da interpretação de atributos geomorfométricos. A atribuição qualitativa, por sua vez, categorizou distintas planícies, pantanais (planícies alagadas), depressões, planaltos e chapadas com o acréscimo de toponímias – notadamente aquelas consagradas na literatura geomorfológica local, tal como apresentado em Ross (1998) ou nos mapas do Projeto RadamBrasil.

Foi assimilado que as superfícies rebaixadas – definidas como “relevos mais baixos do que as áreas adjacentes, resultantes de processos denudacionais, com declividades e variações altimétricas baixas e médias, podendo estar em regiões interplanálticas, intermontanas ou marginais e conter relevos residuais” (CEN/SBCR, 2022, p. 216) – são mais abrangentes do que as tradicionais depressões, cuja identidade de mapeamentos pretéritos foi mantida nas unidades de relevo, condizentes ao 3º táxon do mapeamento. Assim, a subdivisão das superfícies rebaixadas (1º táxon do SBCR), que representam macrocoformas, pode conter distintas unidades morfológicas com homogeneidade interna e heterogeneidade externa categorizadas como depressões (unidades morfológicas do 3º táxon).

O próprio conceito de chapada, definida como um “planalto sedimentar com camadas horizontais ou sub-horizontais estratificadas, topos aplainados” (Rossato, 2008, p. 120), evidencia a subdivisão morfológica entre o 1º e o 3º táxon. As unidades “Chapadas dos Guimarães” e “Chapada dos Parecis”, por exemplo, têm características geomorfométricas que expressem homogeneidade sem que haja, no entanto, contiguidade espacial entre elas. Daí a opção por diferenciá-las por toponímias.

O 4º táxon (padrões de relevo) teve como principal referência metodológica o mapeamento geomorfológico do Paraná (Silveira et al., 2025), sobretudo pela parametrização com uso da modelagem digital do relevo, resultando em descritores geomorfométricos que caracterizam os padrões de relevo (Tabela 1).

As planícies aluviais foram classificadas em dois padrões: atuais e subatuais. A subdivisão que indica padrões morfológicos/morfodinâmicos teve como referência a proposta de Argento (2001). No Pantanal, considera-se que as planícies aluviais atuais e subatuais têm relação com as feições ativas e abandonadas, respectivamente, caracterizadas por Corradine e Assine (2012). Os autores também adotaram a classe de mapeamento das “planícies fluviais periféricas”, no contexto pantaneiro, que são contempladas pelas planícies fluviais subatuais no 4º táxon deste trabalho.

As planícies aluviais atuais, no Pantanal, quando associadas aos lobos deposicionais, cinturões de meandros e leques fluviais, resguardam características biogeomorfológicas com vegetação mais desenvolvida. As planícies aluviais subatuais (que podem ser distais) têm relação com a disposição dos sedimentos fluviais em cinco níveis de terraços do Pantanal, conforme Ramalho (1978).

Enquanto as planícies aluviais são predominantemente espalhadas, os demais padrões de planícies do 4º táxon se apresentam mais confinados. As planícies intercolinas são predominantes nos sistemas fluviais inseridos nos planaltos de relevo ondulado. As planícies colúvio-aluvionares representam porções fluviais agradacionais com presença de material coluvial de áreas mais elevadas proximais (planícies inseridas em cânions ou bordas de chapadas, por exemplo).

O padrão das planícies dissecadas seguiu a proposta de mapeamentos geomorfológicos clássicos, como as categorias de “*fluvial destructive*” de Klimaszewski (1963; 1982) e “*fluvial-denudation*” de Demek (1972), com a subdivisão de unidades com padrões degradacionais e agradacionais (ou destrutivos e construtivos, de dissecação e acumulação). Assim, as planícies dissecadas representam áreas de deposição fluvial que, devido às vertentes declivosas adjacentes ou incisão dos vales, possuem morfodinâmica ativa e remobilização de sedimentos. Diferem das planícies alúvio-coluvionares por terem amplitude altimétrica inferior (Tabela 1).

Para o padrão de relevo das baixadas, foi adotado o conceito de Guerra e Guerra (2008, p. 79), cujos autores definiram as baixadas como “área deprimida em relação aos terrenos contíguos” e ressaltam as especificidades da terminologia no estado de Mato Grosso, devido ao Pantanal. No relatório do mapa geomorfológico do Projeto RadamBrasil (1982), por exemplo, há a referência a distintas baixadas matogrossenses, com destaque para a

denominada “Baixada Cuiabana”. As baixadas são predominantes nas macroformas das superfícies rebaixadas, mas também podem constar como padrões em áreas transitórias de planaltos dissecados.

Referente aos padrões de relevo denudacionais, as colinas, morrotes, morros e escarpas/morros elevados foram distinguidos com ênfase na morfografia, adaptando os preceitos de Silveira et al. (2025). Como referência, exemplificada na literatura nacional, Rossato et al. (2008, p. 125) caracterizou a colina como “pequena elevação da superfície, em geral côncavo-convexa [...], bastante suavizada em virtude de processos erosivos”. Florenzano (2008, p. 13) definiu as colinas e morrotes como baixas elevações do terreno com amplitudes entre 20 m e 60 m, que se diferenciam pelas características dos topos (quase planos e arredondados) e declividades (baixa e alta, respectivamente). Os morros, por sua vez, foram definidos pela autora como feições médias, com amplitudes entre 100 m e 200 m e altas declividades. Evidencia-se, portanto, os aspectos morfométricos inerentes ao conceito que foram adaptados à representatividade destas formas de relevo no estado de Mato Grosso, conforme exposto na Tabela 1. O padrão das escarpas e morros elevados foi tratado como classe unificada.

Os denominados relevos aplanados, do 4º táxon, representam padrões morfológicos denudacionais de baixa declividade e amplitude altimétrica, com dissecação inferior às colinas, que podem contemplar as superfícies aplainadas caracterizadas por Ab’Saber (1965), sobretudo as pediplanadas nos planaltos interioranos, e remanescentes de paleosuperfícies poligenéticas (Silveira; Silveira, 2023). O padrão de relevo das cimeiras corresponde às áreas planas mais elevadas, presentes no reverso das principais escarpas em relevos cuestiformes da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta classe foi caracterizada, pelos produtos do Projeto RadamBrasil (1982), como superfície de cimeira.

A compartimentação das montanhas, no 4º táxon, distinguiu quatro padrões de relevo característicos. A classe de piemonte teve como referência Ab’Saber (1988) e representa a morfologia agradacional do ambiente montanhoso, com “rampas de erosão laterais ao eixo das depressões intermontanas”. De modo complementar, os patamares intermontanos classificados indicam níveis de superfícies entre as cristas de estruturas dobradas que compõem a macroforma de montanha. A distinção entre o padrão das montanhas elevadas e montanhas dissecadas foi atribuída pela predominância da amplitude altimétrica e declividade (Silveira et al., 2025). As porções mais altas, com variação superior a 300 metros (principal critério morfométrico para a definição de montanhas), representam os núcleos montanhosos. As porções adjacentes, com amplitude inferior, foram modeladas sob efeito de processos erosivos que resultaram em padrão morfológico distinto, definido no mapeamento como montanhas dissecadas.

2.2. Parâmetros de classificação e mapeamento

Operacionalmente, após a definição dos objetos a serem mapeados, foram estabelecidos os parâmetros de classificação geomorfológica. O 1º táxon foi cartografado por critérios morfométricos com os atributos derivados do MDE Copernicus.

- As planícies foram mapeadas pelo atributo denominado White Top Hat (Equação 1), calculado com raio de 10 km e tendo como limiar de representação os valores inferiores a 10, cujo resultado se sobrepôs às demais classes no produto final.

$$WTH = Z_0 - Z_{maxmin} \quad (\text{Equação 1})$$

onde Z_0 é o MDE e Z_{maxmin} é a altimetria máxima da altimetria mínima num raio predeterminado.

- As montanhas foram modeladas tendo como referência o valor de amplitude altimétrica superior a 300 metros (no raio de 1 km), alta declividade no terço superior das vertentes ($> 4,5^\circ$ ou 15 %) e presença de topos aguçados (excluindo-se, assim, as escarpas dos planaltos sedimentares com topos planos no reverso), além de apresentarem continuidade espacial.

- Para as superfícies rebaixadas (SR) foi considerada a análise regional dos valores de altimetria (MDE) a partir do seguinte critério: $SR < (\text{MédiaMDE5km} - 0,5 \text{ DesvPadMDE5km})$, ou seja, considerou-se como limiar a média da elevação num raio de 5 km subtraída por meio (0,5) desvio padrão do valor de elevação (também com raio de 5 km).

- Os planaltos, por fim, foram representados pelos parâmetros inversos das demais formas de relevo citadas.

O 2º táxon, relacionado aos condicionantes estruturais, foi mapeado a partir de uma adaptação das unidades propostas pelo IBGE (2019) e CPRM (Lacerda Filho et al., 2004; Moraes, 2010), com a reinterpretação das unidades e o refinamento dos limites com base nos atributos geomorfométricos, principalmente do relevo sombreado multidirecional.

O 3º táxon manteve a identidade de algumas unidades morfológicas de mapeamentos prévios (cuja toponímia são consagradas na literatura geomorfológica local), enquanto outras foram subdivididas devido à identificação de distintos padrões de rugosidade. Todas, no entanto, foram delimitadas a partir de padrões homogêneos dos atributos geomorfométricos, principalmente a declividade e o relevo sombreado. As classes contemplaram chapadas, patamares, serras, depressões, sistemas de leques fluviais, planícies aluviais e pantanais, planícies interplanálticas, planaltos em distintos níveis de dissecação e superfícies pediplanadas, por exemplo. A discussão conceitual sobre as categorias geomorfológicas consta apresentada como subtópico anterior (2.1).

O 4º táxon, por fim, foi classificado em 16 padrões de relevo, modelados a partir de quatro atributos geomorfométricos (WTH, declividade média, amplitude altimétrica e IPT) com análise de vizinhança (raios de 1 km e 10 km), conforme parâmetros dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros geomorfométricos de classificação dos padrões de relevo (4º táxon).

Padrões de relevo	Parâmetros geomorfométricos			
	WTH (raio de 10 km)	Declividade média (raio de 1 km) (em graus)*	Amplitude altimétrica (raio de 1 km) (m)	IPT (raio de 10 km)
Planícies aluviais atuais	< 10 m	> 1,7° e < 4,5°	< 30 m	> -2,5 stdv
Planícies aluviais subatuais	< 10 m	< 1,7°	< 30 m	> -2,5 stdv
Planícies intercolinas	< 10 m	> 1,7° e < 4,5°	> 30 e < 80 m	> -2,5 stdv
Planícies dissecadas	< 10 m	> 4,5°	> 30 e < 80 m	> -2,5 stdv
Planícies colúvio-aluvionares	< 10 m	-	> 80 m	< -2,5 stdv
Baixadas	> 10 m	-	< 250 m	< -2,5 stdv
Colinas	> 10 m	> 1,7° e < 4,5°	> 30 m	> -2,5 stdv
Morrotes	> 10 m	> 1,7° e < 4,5°	> 80 e < 150 m	> -2,5 stdv
	> 10 m	> 16,7°	> 30 e < 80 m	> -2,5 stdv
Morros	> 10 m	> 8,5° e < 16,7°	> 150 e < 250 m	> -2,5 stdv
	> 10 m	> 16,7°	> 80 e < 250 m	> -2,5 stdv
Escarpas e morros elevados	> 10 m	-	> 250 m	-
Relevos aplanados	> 10 m	< 1,7°	< 30 m	> -2,5 stdv
Cimeiras	> 10 m	> 4,5° e < 8,5°		> 2,5 stdv
Piemonte	> 10 m	> 8,5° **	< 80 m *	< -2,5 stdv
Patamares intermontanos	> 10 m	> 8,5° **	> 80 e < 300 m *	< -2,5 stdv
Montanhas dissecadas	> 10 m	> 8,5° **	> 80 e < 300 m *	> -2,5 stdv
Montanhas elevadas	> 10 m	> 8,5° **	> 300 m *	> -2,5 stdv

* Equivalência dos valores de declividade em graus e porcentagem: 1,7° = 3%; 4,5° = 8%; 8,5° = 15%; 16,7° = 30%.

** Em macroformas de montanhas (1º táxon). stdv = desvio padrão.

Os padrões de relevo condizem às unidades morfográficas com homogeneidade regional, o que justifica o uso de raios distintos no cálculo dos atributos geomorfométricos. O WTH foi empregado para a individualização das planícies, a declividade média e a amplitude altimétrica para a dissecação e rugosidade do relevo e o IPT objetivou distinguir os padrões agradacionais e degradacionais.

As atribuições qualitativas das classes se ativeram à representação morfológica e morfogenética que as distingue na paisagem. Os trabalhos de campo foram divididos em duas etapas: i) percorrimto para a definição categórica e conceitual dos padrões de formas de relevo; ii) conferência dos resultados da modelagem e das classes mapeadas, sobretudo em áreas de transição entre padrões de relevo (exemplificados nos resultados), seguido de ajustes e refinamento dos parâmetros geomorfométricos. Deve-se considerar que o 4º táxon, neste mapeamento, atende até a escala 1:100.000.

3. Resultados e discussões

O mapeamento geomorfológico hierárquico contemplou as macroformas de relevo no 1º táxon (Figura 1), as unidades morfoestruturais no 2º táxon (Figura 2), as unidades de relevo no 3º táxon (Figura 3) e os padrões de relevo no 4º táxon (Figura 5). Comparativamente, a porção centro-sul de Mato Grosso apresenta maior diversidade geomorfológica denotada pelo mapeamento. A maior elevação do estado tem como ponto culminante a Serra do Monte Cristo, com 1118 metros de altitude, no Parque Estadual Serra de Santa Bárbara.

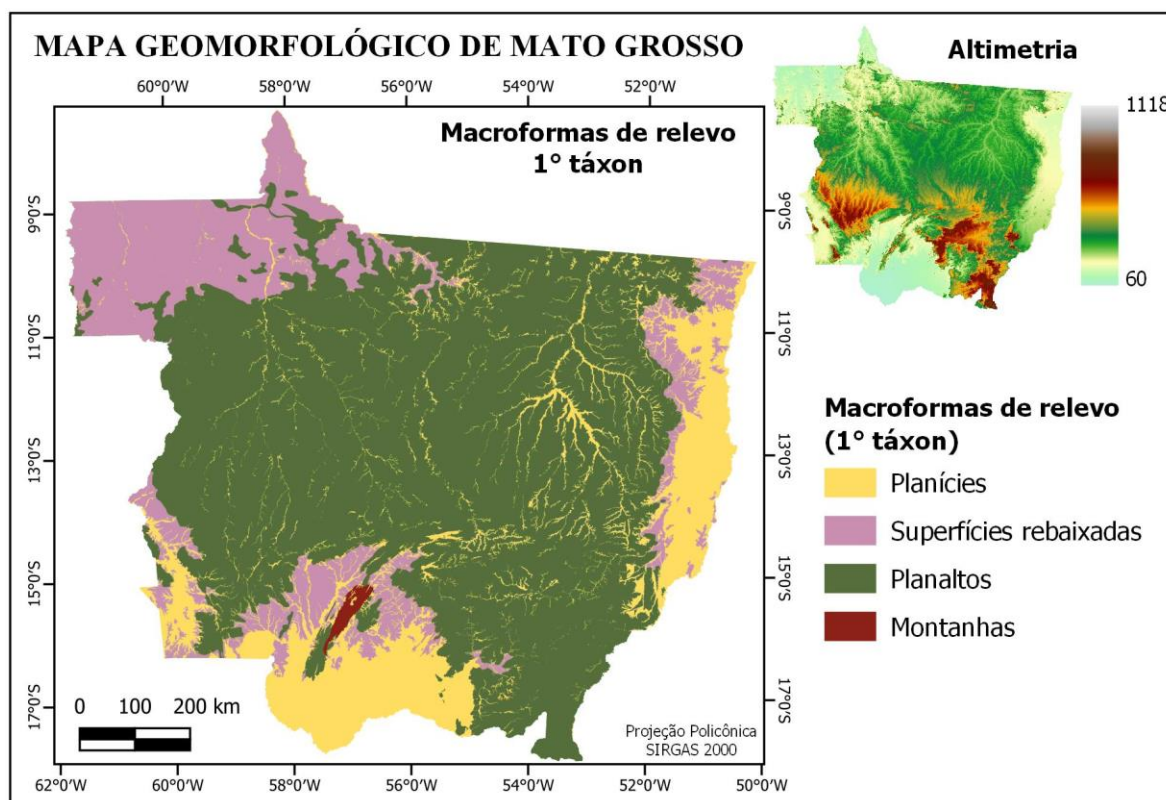


Figura 1. Mapeamento das macroformas de relevo (1º táxon)

As macroformas de relevo representaram as evidências morfológicas, destacadas na paisagem, dos relevos dobrados de antigos orógenos que resguardam características de montanhas, dos movimentos epirogenéticos que sustentaram planaltos e promoveram o desenvolvimento de superfícies rebaixadas, dos processos de dissecação e aporte sedimentar no Neógeno e Quaternário, com as planícies fluviais, além das variações de relevo sob atuação da erosão diferencial em litologias distintas.

As grandes planícies indicam as porções agradacionais dos sistemas fluviais do rio Madeira, Tapajós e Xingu, além das planícies inundáveis no contexto do rio Araguaia e do rio Paraguai (Pantanal matogrossense). Ressalta-se o controle estrutural, com falhas N-S que favoreceram o desenvolvimento da rede de drenagem em Mato Grosso. No caso do Pantanal, embora a sua gênese esteja relacionada à compensação isostática no Paleógeno com o soerguimento dos Andes e acomodações intraplatônicas que resultaram no abatimento da depressão pantaneira, considerou-se que a característica dos depósitos sedimentares inconsolidados foi prevalecente para fins de classificação de macroforma. O Pantanal é, portanto, uma planície ativa desenvolvida sob uma superfície rebaixada com o aporte sedimentar dos planaltos circundantes.

As superfícies rebaixadas caracterizam importantes áreas transicionais no estado de Mato Grosso. As superfícies rebaixadas a noroeste e a oeste correspondem à dissecação da porção intracratônica do Solimões e do cráton Xingu-Tapajós. A sul, as superfícies rebaixadas são oriundas da denudação das bacias sedimentares (Parecis e Paraná) e das montanhas em relevo dobrado da Faixa Paraguai.

Os planaltos foram a macroforma predominante em área ocupada no estado de Mato Grosso, com 65%. Os núcleos mais elevados dos planaltos são associados às cimeiras que bordeiam as bacias sedimentares, comumente associadas à presença de escarpas com recuo erosivo, mesetas, cânions, rampas pedimentares com mergulho

orientado aos níveis de base regionais, topos aplanados (com presença de chapadas) e vertentes extensas. Se no centro-norte de Mato Grosso as descontinuidades topográficas têm predominância dos efeitos da erosão diferencial pela complexidade geológica do contexto cratônico, no centro-sul do estado as maiores amplitudes têm forte influência tectônica e neotectônica.

A categoria de “serra”, *lato sensu*, foi assimilada como um relevo rugoso, dissecado e com expressivos desníveis altimétricos. As serras podem indicar relevos montanhosos, como é o caso da Serra das Araras, mas também podem se referir às bordas de planaltos ou planaltos residuais, como a Serra do Roncador. O conceito de serra, nessa perspectiva, é polissêmico.

A presença de montanhas no estado de Mato Grosso é amparada pela literatura, uma vez que trabalhos como o de Ross (2014, p. 181) e da CPRM (MORAES, 2010), por exemplo, caracterizem o relevo da Faixa Paraguai como domínio montanhoso. O relatório do mapa da folha Cuiabá (SD-21), do Projeto RadamBrasil (1982, p. 493), descreve a área como relevo montanhoso. Outras publicações citam a região como “Província Serrana” ou terminologias afins. Além disso, na perspectiva morfométrica, as áreas montanhosas mapeadas no 1º táxon contemplaram todos os critérios conceituais desta macroforma, definida como “feições elevadas com amplitude altimétrica superior a 300 metros em relação às áreas circunvizinhas, predominantemente com topos aguçados ou em cristas e vertentes declivosas, cuja ocorrência normalmente está associada a conjuntos dissecados contínuos, em sistemas orogênicos ou crátons” (CEN/SBCR, 2022, p. 215). Ross (2013) aponta que os antigos orógenos brasileiros passaram por severas fases erosivas e que alguns ainda mantêm o aspecto de montanha.

A subdivisão das macroformas em morfoestruturas (2º táxon), conforme resultados apresentados na Figura 2, ressaltou os condicionantes litoestruturais do substrato geológico e da morfodinâmica de longo-termo. O estado de Mato Grosso possui três grandes províncias geotectônicas: i) Cráton Amazonas, que abarca as morfoestruturas mais antigas do estado, cujas rochas são datadas com idades superiores a 960 Ma.; ii) Província Tocantins, vinculada ao Ciclo Orogrênico Brasileiro (960 a 540 Ma.), que contempla os cinturões móveis da Faixa Paraguai-Araguaia, que originou antigas cadeias de montanhas; iii) Bacias Sedimentares do Fanerozoico, cujos processos de acumulação se iniciaram com idade inferior a 540 Ma.

Os crátons da Plataforma Sul-Americana são antigas e estáveis porções litosféricas que não foram afetadas diretamente pelos processos colisionais neoproterozoicos, caracterizando-se como partes internas das placas que convergiram durante a formação de Gondwana Ocidental (Alkmin, 2015). Às margens do cráton Amazonas, as colisões diacrônicas dos paleocontinentes Paranapanema, São Francisco–Congo e Amazônia, envolvendo também um arco magmático e um microcontinente, resultaram no fechamento do oceano Goianides e no soerguimento do sistema montanhoso do Tocantins durante a orogênese do Ciclo Brasileiro, no Cambriano Inferior. O cinturão Araguaia, com cerca de 1.200 km de comprimento e 150 km de largura, é composto por um embasamento arqueano e paleoproterozoico sobreposto por sucessões metassedimentares neoproterozoicas (Salgado et al., 2015). Na perspectiva morfológica, apenas 0,3% do território de Mato Grosso preserva as formas de montanhas, o que denota o arrasamento e a reconfiguração dos sistemas orogênicos.

Os antigos orógenos marcam, também, uma fronteira entre as duas principais bacias sedimentares aflorantes no estado de Mato Grosso: a Bacia dos Parecis, no centro-norte, e a Bacia do Paraná, no sudeste. Tratam-se de típicas bacias intracratônicas, cuja evolução inclui sucessões sedimentares definidas por ciclos transgressivo-regressivos ligados às oscilações do nível relativo do mar no Paleozoico, efeitos da epirogênese, e formações sedimentares de gênese fluvial, desértica ou de deltas em climas diversos. Os registros sedimentares são resultado de sucessivas fases de acumulação sedimentar que se alternaram em períodos de erosão generalizada com regressões e transgressões marinhas.

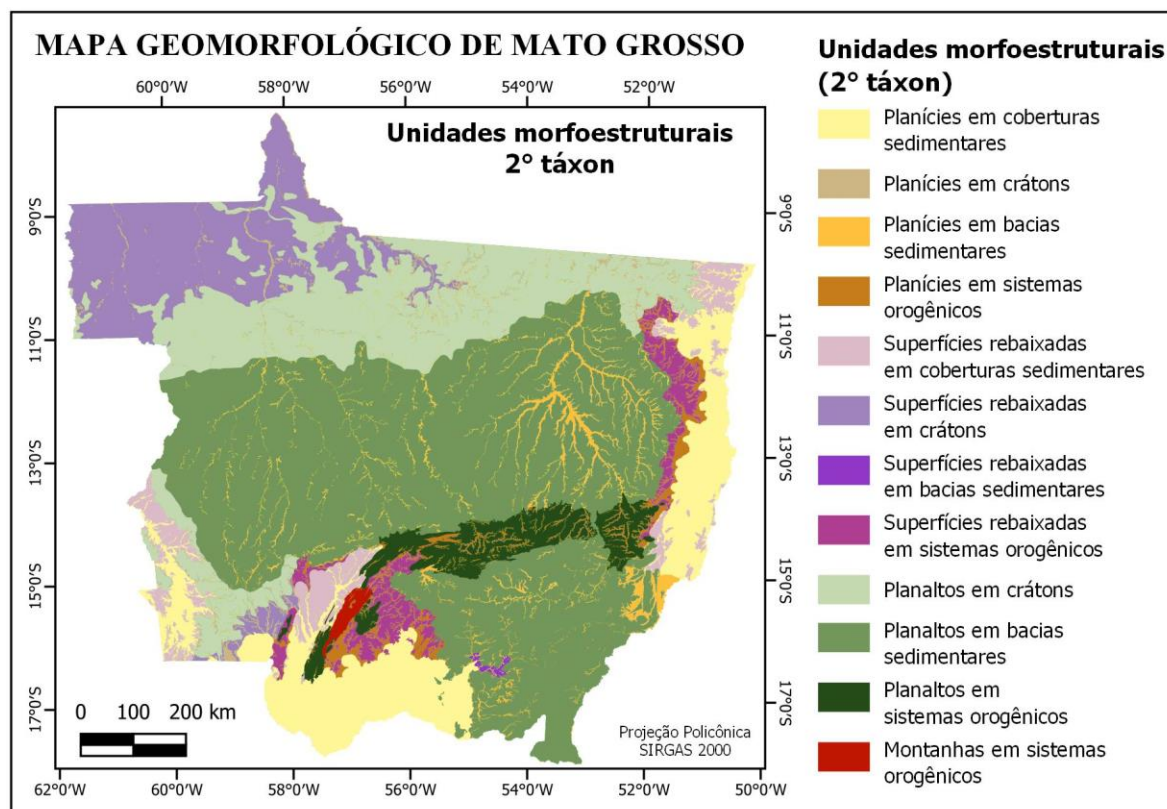


Figura 2. Mapeamento das unidades morfoestruturais (2º táxon)

O mapeamento do 3º nível taxonômico, referente às unidades de relevo, conciliou toponímias consagradas da cartografia geomorfológica matogrossense e detalhamento de morfoesculturas com homogeneidade morfológica. Foram distinguidos 6 pantanais, 9 planícies, 15 depressões (alocadas em superfícies rebaixadas, que é a macroforma do 1º táxon), 32 planaltos, 4 chapadas, além da unidade montanhosa da Província Serrana. Este é o nível hierárquico de classificação com maior proximidade à representação de mapeamentos preexistentes em escala regional. Nessa perspectiva, a fim de preservar a identidade qualitativa/histórica de relevos locais, unidades como a “Depressão Cuiabana”, a “Chapada dos Guimarães” e o “Planalto dos Alcantilados” foram mantidas, ainda que a delimitação tenha sido refinada em acordo à subdivisão taxonômica e aos atributos geomorfométricos empregados.

Como exemplo, a Figura 4 apresenta um recorte no oeste de Mato Grosso com a comparação do mapeamento atual em relação a duas classificações prévias no mesmo nível taxonômico. Note-se que o mapeamento atual consta mais detalhado, principalmente com a compartimentação de planaltos generalizados em propostas anteriores. O Planalto dos Parecis (Werle; Silva, 1996; IBGE, 2019) possui padrões morfológicos distintos, como evidenciado pelo encarte da amplitude altimétrica na Figura 4. Considerando que o 3º táxon, conforme Ross (1992; 1998), deve ser classificado com base nas “altimetrias dos topos, dominância de declividades das vertentes, morfologia dos topos e vertentes, dimensões interfluviais e entalhamento dos canais de drenagem”, verificou-se a necessidade de revisar as delimitações com a utilização de atributos geomorfométricos que sintetizassem tais características.

Silveira e Silveira (2021), numa análise histórica, identificaram que os mapeamentos com unidades morfológicas homogêneas com toponímias são a principal identidade da escola brasileira de cartografia geomorfológica. Isso, no entanto, pode carregar subjetividades e imprecisões conceituais.

Destaca-se, ainda, na Figura 4, que as unidades geomorfológicas do IBGE (2019) preservam sobremaneira a herança das cartas geomorfológicas do RadamBrasil. As unidades imediatamente a norte do Planalto dos Parecis, nos mapeamentos preexistentes, correspondem a depressões. No trabalho atual, estas áreas foram classificadas como planaltos, considerando que as superfícies rebaixadas (definidas por critérios quantitativos) da bacia sedimentar amazônica (Figura 2) se iniciam mais a norte.

No 4º táxon, a definição e o mapeamento dos padrões de relevo (Figura 5) configuram os principais avanços na cartografia geomorfológica apresentados neste trabalho. Por ser uma proposta baseada exclusivamente em

atributos geomorfométricos, ressalta-se que mesmo nos ambientes agradacionais, com pouca variação altimétrica, a modelagem foi eficaz na individualização e caracterização de padrões morfológicos.

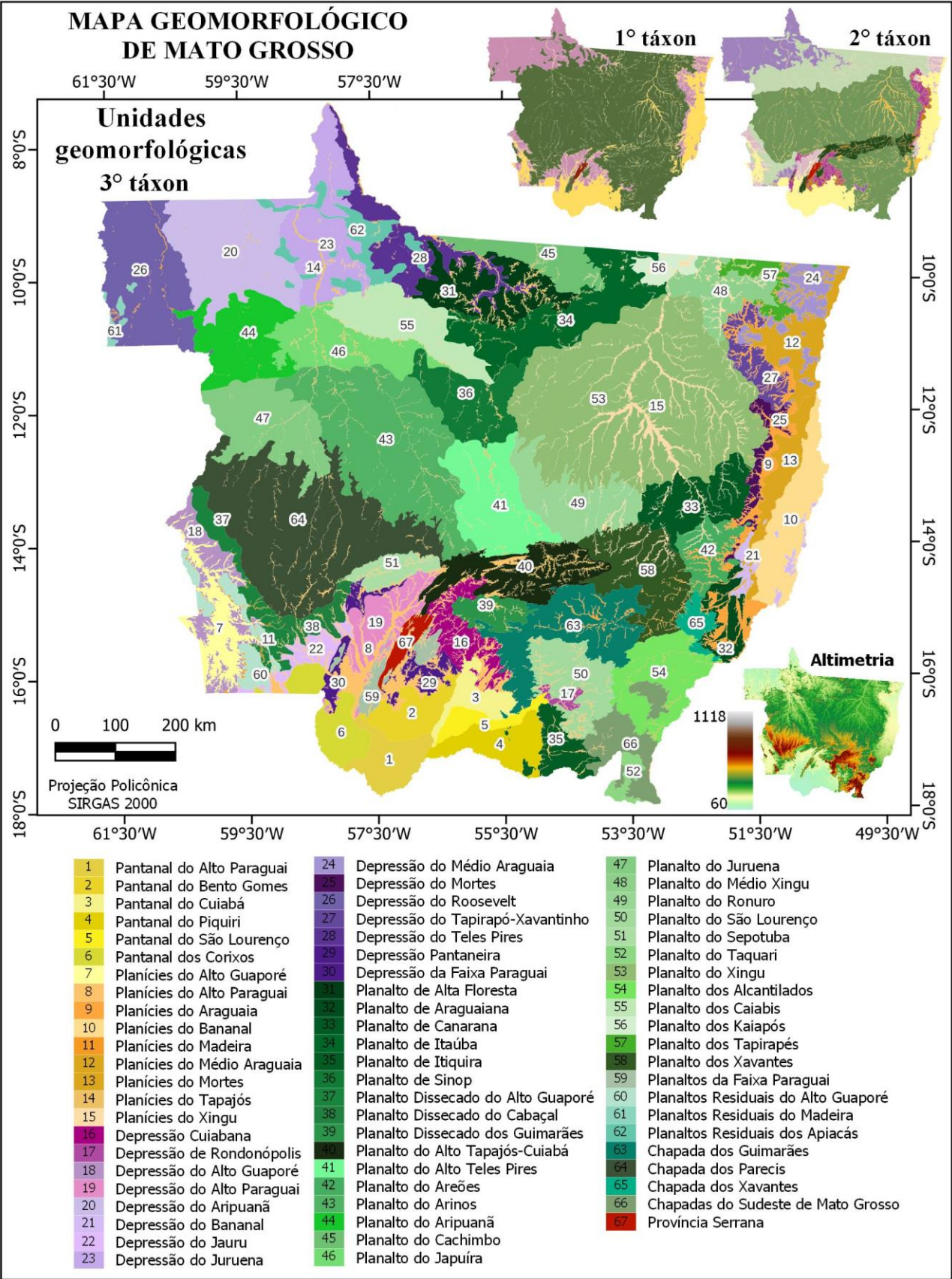


Figura 3. Mapeamento das unidades geomorfológicas (3º táxon).

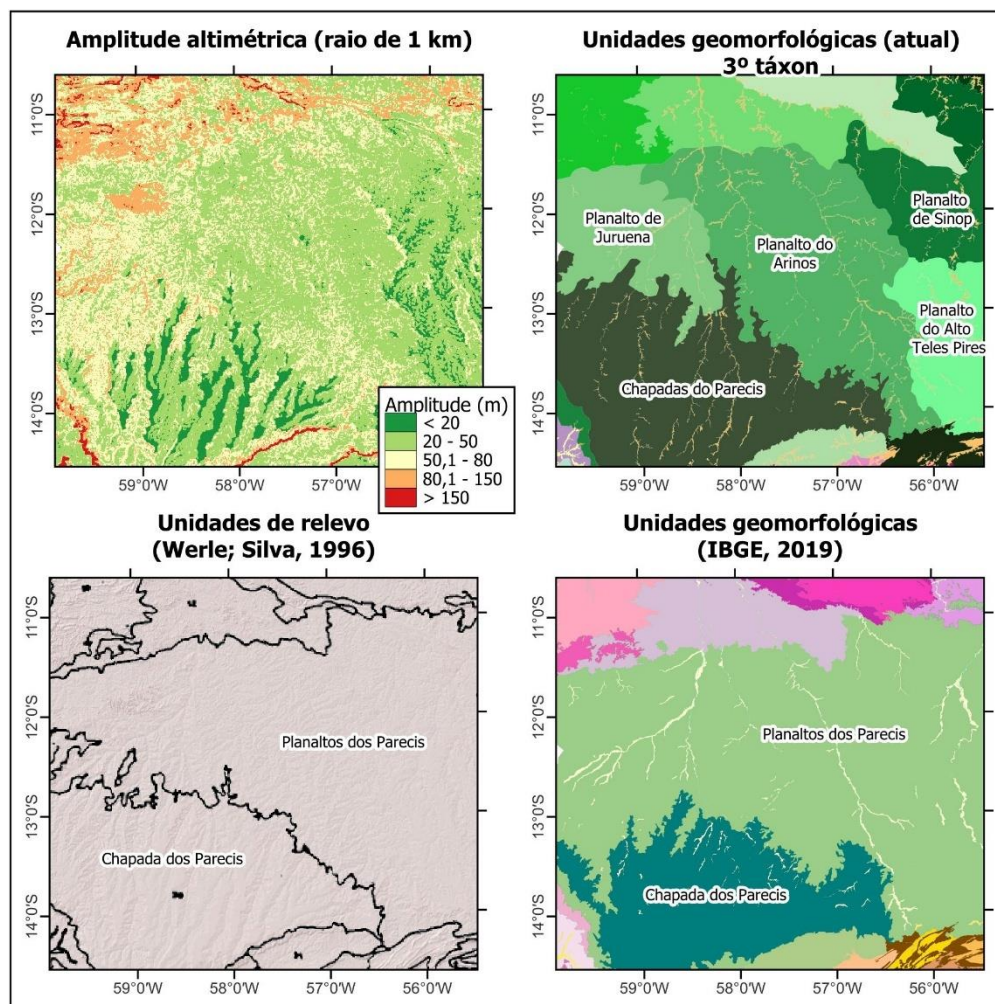


Figura 4. Comparação de unidades geomorfológicas (3º táxon) em recorte na Chapada e Planalto dos Parecis.

As planícies intercolinas representam áreas de aporte sedimentar em canais de baixa ordem fluvial e inseridas em relevos com baixa declividade e vales planos e abertos, enquanto as planícies dissecadas indicam as porções construtivas em que há o processo de incisão fluvial (embora a deposição ainda supere a erosão), com vales mais confinados e relevo dissecado nas adjacências, podendo estar relacionado ao rebaixamento do nível de base local. As planícies colúvio-aluvionares mapeadas são formadas pela interação de processos fluviais e de vertente, com a erosão lateral, transporte gravitacional, depósitos pretéritos de movimentos de massa e remobilização de rampas coluvionares, podendo incluir sedimentos distais do leito atual e antigos terraços fluviais. Estes foram os três padrões de planícies predominantes no contexto dos planaltos de Mato Grosso.

Ao adentrar a planície pantaneira, a maioria dos rios que drenam os planaltos adquire padrão de drenagem distributário e formam os sistemas deposicionais de leques fluviais. O rio São Lourenço, por exemplo, apresenta padrão distributário no Pantanal e vem construindo um megaleque fluvial desde o Pleistoceno (Corradini; Assine, 2012). O megaleque foi identificado pelo mapeamento do 4º táxon na categoria das planícies aluviais atuais, cujo padrão evidencia as avulsões fluviais da região, que podem chegar a dezenas de quilômetros em poucas décadas. Este padrão também registra as áreas com morfodinâmica mais ativa no transporte e deposição dos sedimentos, incluindo os lobos deposicionais caracterizados por Corradini e Assine (2012), derivados do desconfinamento do fluxo proveniente das bacias de drenagem dos planaltos adjacentes. As planícies aluviais subatuais, por sua vez, se atêm às porções menos afetadas pela morfodinâmica das avulsões fluviais recentes.

Salienta-se uma característica interessante da metodologia no Pantanal. O MDE Copernicus é produto de um radar de abertura sintética e os valores de elevação consideram os objetos presentes na superfície, tais como a vegetação e as edificações. Comumente esse é um fator limitante do uso de MDEs globais, mas, no presente trabalho, essa característica foi utilizada como variável complementar no mapeamento dos padrões nas planícies.

As áreas com maior intensidade na morfodinâmica fluvial têm vegetação mais desenvolvida, como é o caso do megaleque do rio São Lourenço. A copa das árvores e os fragmentos florestais resultam em descontinuidades da elevação, mensuradas pela declividade. Caso a modelagem fosse realizada com um MDT (modelo digital do terreno, que considera a altimetria da superfície sem quaisquer objetos), tais variações no Pantanal não seriam evidenciadas, pois é uma área muito plana – variação de 3 a 15 centímetros por quilômetro quadrado, conforme Alvarenga et al. (1980). O MDE, portanto, representou uma característica biogeomorfológica que auxiliou na distinção das planícies aluviais atuais das subatuais.

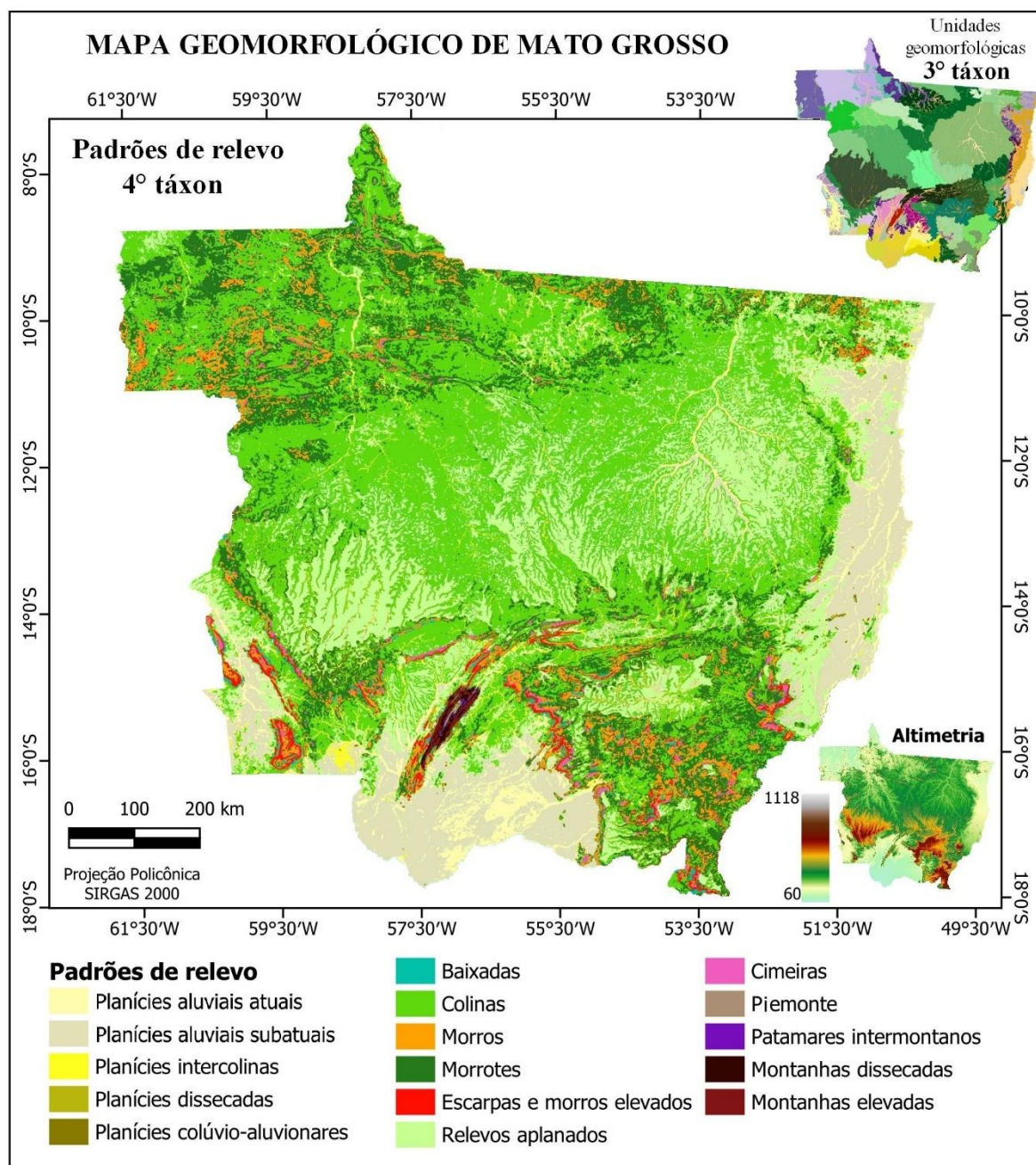


Figura 5. Mapeamento dos padrões de relevo (4º táxon). A subdivisão dos padrões de relevo (4º táxon) em relação às unidades geomorfológicas (3º táxon) resultou em 376 feições neste nível taxonômico (vide arquivo digital disponibilizado).

A figura 6 exemplifica a representatividade dos padrões vinculados às planícies, num recorte no município de Barão de Melgaço, no contexto pantaneiro. O relevo dobrado em sistema orogênico, com sinclinais e anticlinais sustentadas por filitos e metarenitos neoproterozoicos, preserva na paisagem atual a morfologia de morrotes com

amplitude altimétrica entre 80 m e 150 m. A erosão destas feições produziu, no entorno, o padrão de planície alúvio-coluvionar. O leito do rio Cuiabá orienta a planície aluvial atual, enquanto as demais áreas correspondem à planície aluvial subatual.

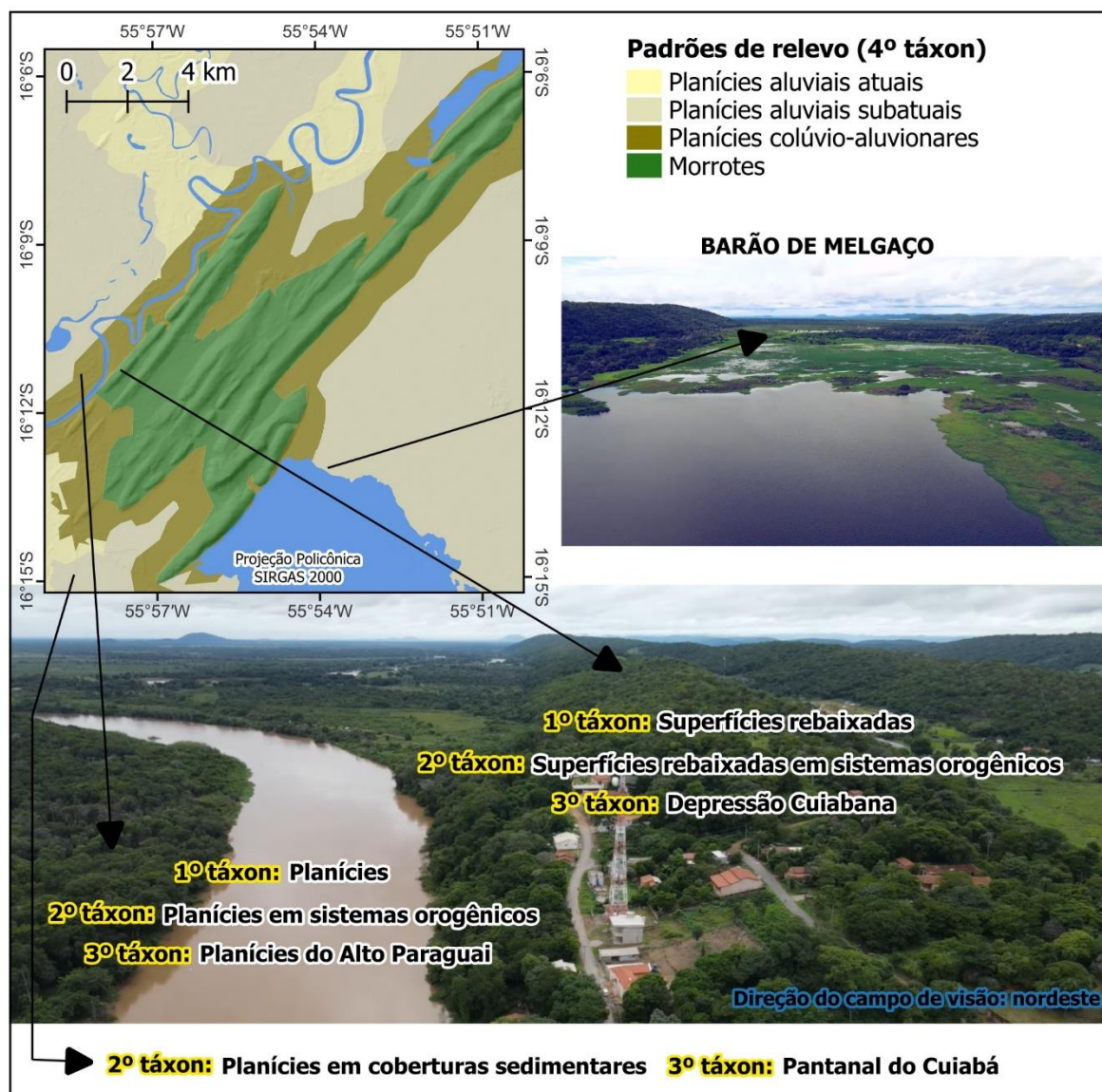


Figura 6. Resultados do mapeamento geomorfológico em Barão de Melgaço (transição para o Pantanal mato-grossense).

As colinas representaram o padrão de relevo predominante no estado de Mato Grosso, com 41,7% de área relativa. Conjuntamente ao padrão dos relevos aplanados, os condicionantes geomorfológicos destas classes favorecem a implantação da monocultura extensiva. Assim, o avanço da fronteira agrícola nestes padrões de relevo atribui significância morfodinâmica aos efeitos do desmatamento, à utilização de pivôs centrais e à gestão hídrica, à impermeabilização do solo nos núcleos urbanos do agronegócio, ao assoreamento e contaminação dos rios e à suscetibilidade a processos erosivos laminares e lineares. Na evolução do modelado, os relevos colinosos e aplanados indicam características climáticas atuais e pretéritas, com as (paleo)superfícies poligenéticas.

A categoria dos morros, no 4º táxon, obteve maior expressividade nas superfícies rebaixadas do cráton Amazonas e na bacia hidrográfica do rio São Lourenço (inserida majoritariamente em planaltos da Bacia Sedimentar do Paraná). Os morrotes se diferenciam por apresentarem menor dissecação e/ou amplitude altimétrica (tabela 1). A figura 7 ilustra os resultados do mapeamento numa área de transição entre planalto e superfície rebaixada (1º táxon), na depressão de Rondonópolis (3º táxon) e no baixo curso do rio São Lourenço, pouco antes

de adentrar a planície pantaneira. O conjunto das feições ruiformes nos arenitos da chamada “Cidade de Pedra” (formações Furnas e Ponta Grossa) foi representado pelo padrão de escarpas e morros elevados, cujo ambiente com os depósitos gravitacionais das vertentes constitui o padrão das baixadas. Trata-se de um recorte com grande diversidade geomorfológica que evidencia os pressupostos conceituais e semânticos do mapeamento geomorfológico realizado.

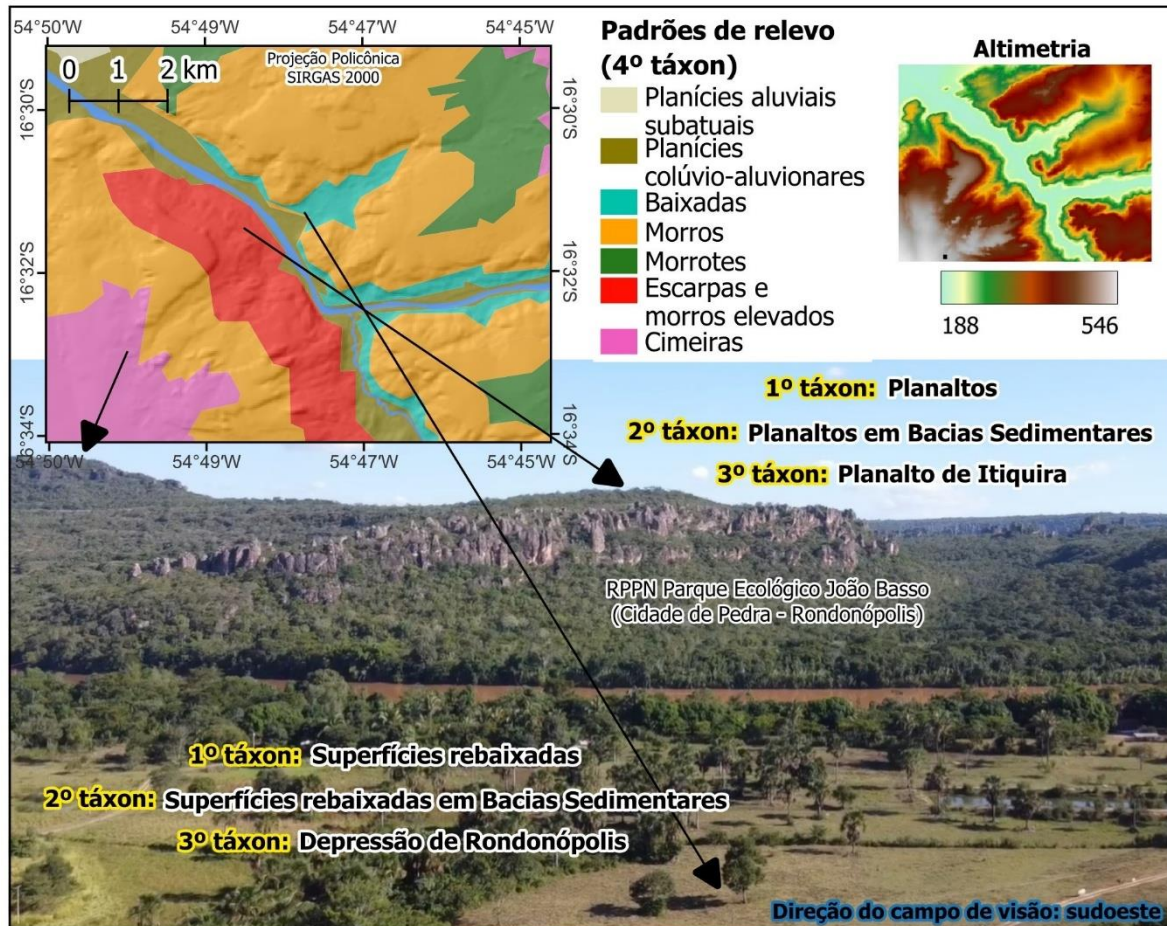


Figura 7. Resultados do mapeamento geomorfológico em Rondonópolis (Cidade de Pedra e rio São Lourenço).

A classe das escarpas e morros elevados (unificada) contemplou as feições com amplitude altimétrica superior a 250 m considerando um raio de 1 km. Caso o desnível seja em todas as direções em relação ao topo, caracterizam-se os morros elevados (com predomínio nos relevos dobrados da Faixa Paraguai). No caso das escarpas, o desnível para uma das vertentes em relação à linha da cumeada é o que caracteriza essa feição. O exemplo da Figura 7, na Chapada dos Guimarães, evidencia os padrões de relevo na transição de um planalto em bacia sedimentar para uma superfície rebaixada, com a Depressão Cuiabana (3º táxon).

A representação da escarpa, neste nível taxonômico, agrupou o *front* da cuesta, a cornija e os depósitos de talus nos sopés das vertentes. Tal como ocorre em outras escarpas do estado de Mato Grosso (Chapada dos Parecis, Chapada dos Xavantes e Planaltos Residuais do Alto Guaporé, por exemplo), o festonamento ocorre por erosão regressiva e a acomodação do material em níveis inferiores se relaciona à formação das baixadas. As baixadas podem ser modeladas em ambiente de confinamento e vinculadas a relevos nivelados em superfícies rebaixadas. Há, nessa evolução geomorfológica das escarpas das chapadas, dois fatores condicionantes: os eventos tectônicos meso-cenozoicos que soergueram as bacias sedimentares, expondo-as aos processos degradacionais; a denudação vinculada às oscilações entre climas secos e úmidos, principalmente com o recuo lateral do *front* e as incisões verticais no reverso das escarpas, comumente com feições residuais associadas.

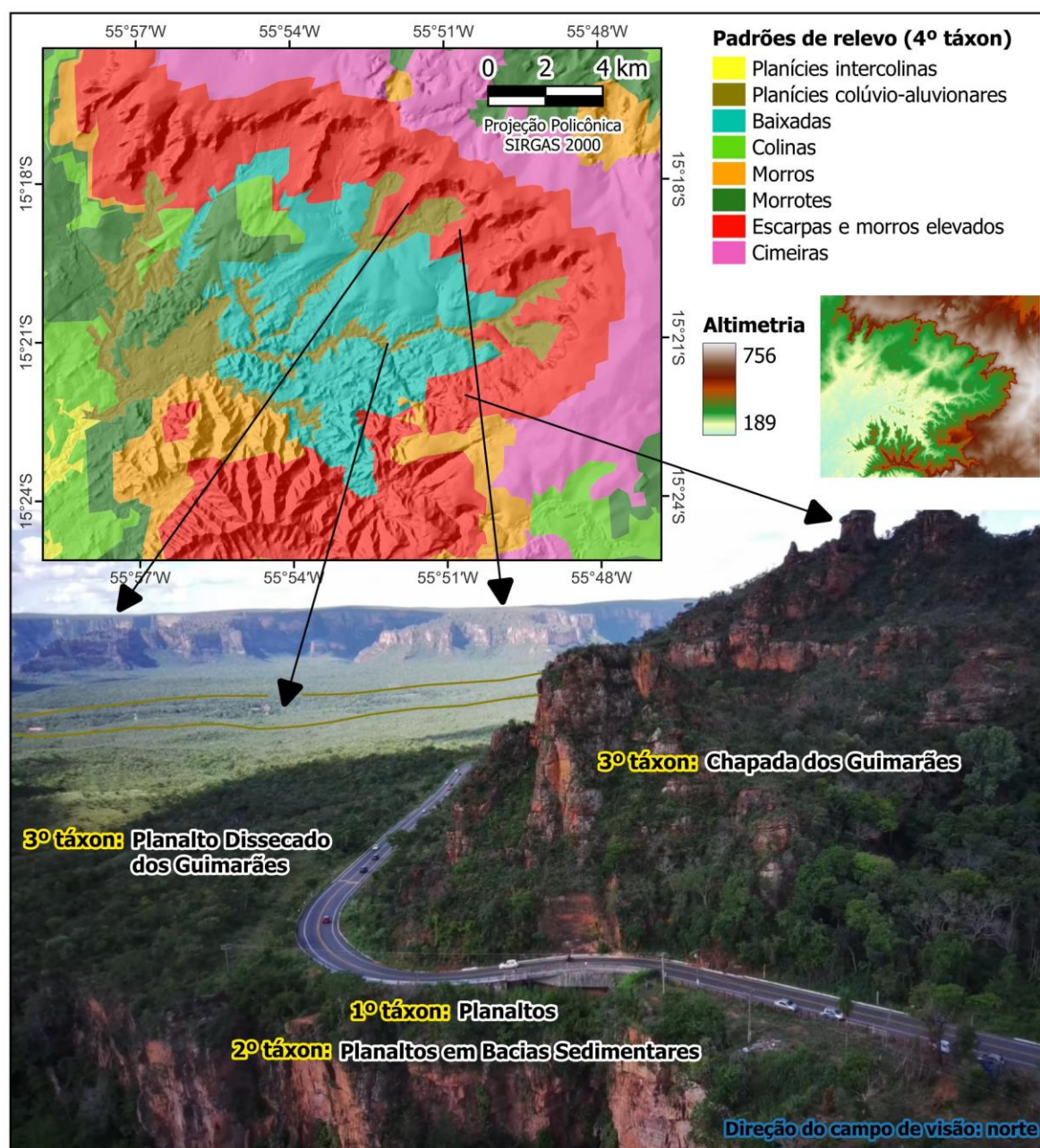


Figura 8. Resultados do mapeamento geomorfológico em Chapada dos Guimarães (Portão do Inferno)

Nas chapadas, as escarpas se associam diretamente a outro padrão de relevo, atribuído como cimeiras, que representa os topos no reverso das escarpas. As cimeiras têm importante significado morfogenético e morfocronológico, visto que estas porções elevadas – associadas à erosão circundenudacional nas bacias sedimentares – testemunham níveis de superfícies aplanadas e auxiliam nas interpretações geomorfológicas de longo-termo. A resistência erosiva das cimeiras se vincula à presença de formações lateríticas. Prado et al. (2014) consideraram modelos de oscilação do lençol freático e pedogênico na interpretação das lateritas na Chapada dos Guimarães, evidenciando dois tipos verticais de transporte de ferro: o descendente (dissolução do ferro de superfície pelo intemperismo químico das precipitações pluviométricas) e o ascendente (flutuação de nível do lençol freático).

Nas áreas mapeadas como montanhas no 1º nível taxonômico, a classificação do 4º táxon indicou quatro padrões de relevo: montanhas elevadas, montanhas dissecadas, patamares intermontanos e piemontes (cujos parâmetros constam na tabela 1). A figura 9 ilustra os resultados na Estação Ecológica da Serra das Araras, cuja amplitude altimétrica é superior a 400 metros. Após meio bilhão de anos de desgaste dos orógenos do Ciclo Brasileiro, constam, na paisagem atual, serras montanhosas paralelas entre si, contendo estruturas rochosas de

arenitos altamente silicificados. Há correlação das montanhas dissecadas com a Formação Araras (desenvolvida em ambiente plataformar carbonático entre 650 Ma e 541 Ma), enquanto as montanhas elevadas constam, majoritariamente, na Formação Raizama (desenvolvida em ambiente de planície transicional deltaica entre 650 Ma e 541 Ma), ambas do Neoproterozoico, conforme o mapa geológico da CPRM (Lacerda Filho et al., 2004).

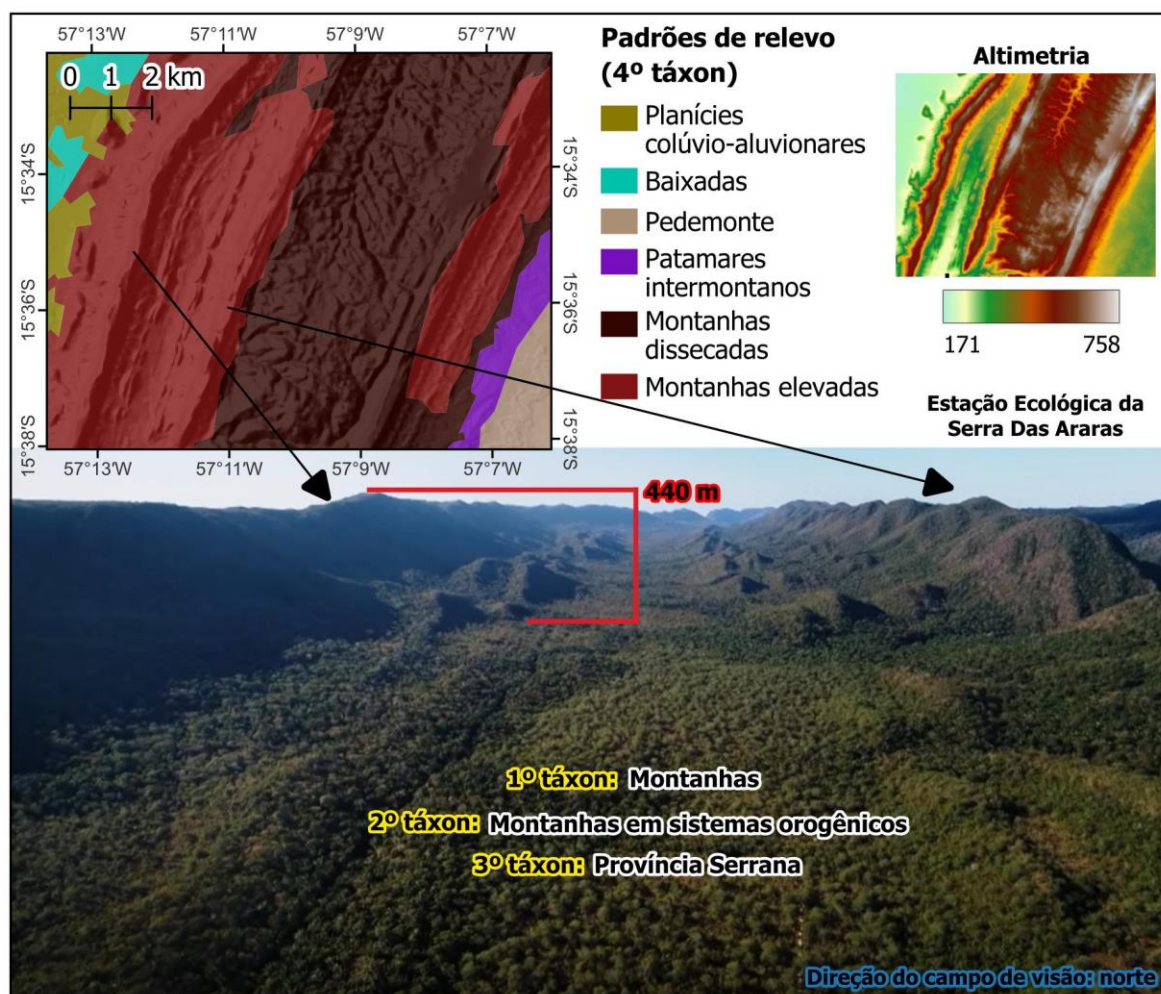


Figura 9. Resultados do mapeamento geomorfológico em Cáceres (Serra das Araras).

O núcleo montanhoso preservado no estado de Mato Grosso corresponde a uma faixa com extensão máxima de 150 km (NE-SW) e 35 km (NW-SE), acompanhando os eixos das dobras da Faixa Paraguai. Ross (1991) cita que os dobramentos são associados a falhamentos transcorrentes e inversos, seguidos de fases erosivas diversas, resultando na escultura dos relevos em estruturas dobradas mais preservadas do Brasil.

As montanhas elevadas preservam os topos de maior proeminência, conforme indicado na Figura 9, em conformidade ao conceito de montanhas do CEN/SBCR (2022), com as características de amplitude, extensão/continuidade e morfologia dos cumes. As montanhas dissecadas, por sua vez, têm menor desnível altimétrico (segmentos com amplitude inferior a 300 m) e indicam o desgaste nas adjacências dos núcleos montanhosos elevados, sendo originadas sobretudo a partir das variações litológicas e da erosão diferencial na sequência das anticlinais e sinclinais. Considera-se que o ambiente de montanha envolve padrões de relevo adicionais às porções degradacionais sustentadas na paisagem, o que denota a importância da homogeneidade morfológica para a delimitação do conjunto – generalização inerente aos táxons superiores. Na Figura 9, por exemplo, o eixo da sinclinal erodida pertence, neste táxon, ao padrão das montanhas elevadas.

Nessa perspectiva, os padrões de relevo dos piemontes e patamares intermontanos foram distinguidos como setores construtivos do ambiente montanhoso. Utilizou-se o Índice de Posição Topográfica para a classificação, que viabilizou representar as relações de energia entre processos degradacionais e agradacionais no relevo, de acordo com a proposta de Silveira; Silveira (2023). Os piemontes representam a morfologia dos sopés das montanhas, com

a ruptura de declive que evidencia o resultado cumulativo do transporte gravitacional de vertente, onde a deposição supera a erosão. Os patamares intermontanos indicam níveis transitórios entre as vertentes elevadas/dissecadas e as vertentes do terço inferior, preservando depósitos detríticos não remobilizados pela ação fluvial e rochas com menor resistência intempérica.

Em relação às limitações da modelagem, os principais ruídos nas classificações provêm dos efeitos de borda ocasionados pelo cálculo regional dos atributos geomorfométricos (raios de vizinhança), sobretudo nos limites entre morrotes, morros e morros elevados. Considera-se que o método assegura a generalização interna (homogeneidade morfológica), mas que pode gerar, no entanto, limites externos extrapolados. Os resultados apresentados condizem à classificação digital sem quaisquer edições manuais no 1º táxon e no 4º táxon, a fim de enfatizar as características e representatividade do mapeamento com a aplicação exclusiva de parâmetros morfométricos.

4. Conclusões

A pesquisa realizada denotou o potencial de aplicação da geomorfometria como recurso teórico-metodológico de base ao mapeamento geomorfológico multiescalar. Considerando a integração dos quatro níveis taxonômicos categorizados, foram mapeadas 376 classes de relevo no estado de Mato Grosso, cada qual com características ramificadas que descrevem a gênese, as formas e os processos atuantes. A hierarquização do relevo em macroformas, morfoestruturas, unidades e padrões se adequa à compartimentação da paisagem como suporte às análises geomorfológicas, desde aspectos geológicos até a cobertura e uso da terra. As regras de classificação unificadas, com número reduzido de variáveis, representaram a diversidade do relevo matogrossense em distintos contextos de dissecação.

Conclui-se que os produtos derivados de MDEs, conciliados ao conhecimento da área de estudo e à clareza conceitual, viabilizam a caracterização morfológica, morfogenética e morfodinâmica numa perspectiva taxonômica e integrada a partir de atributos quantitativos do relevo. A combinação de atributos geomorfométricos locais (janelas 3x3) e focais (análise de vizinhança) foi exitosa na generalização e distinção de morfologias, emulando o efeito de rugosidade (homogeneidade textural) adotado como critério em mapas geomorfológicos tradicionais em escala regional. Em etapas posteriores, o mapeamento passará por um refinamento das delimitações, visto que o efeito de borda produz imprecisões nos contornos.

Considera-se que, no âmbito operacional, uma das principais vantagens de modelagem digital do relevo se atém à possibilidade de reprodução ou adaptação do método, tornando a proposta aberta à inclusão de múltiplas variáveis (geomorfométricas ou não), testes com outros valores/limiares e MDEs. Para fins de replicação, as principais limitações podem estar vinculadas à ausência do rigor metodológico nas etapas que antecedem a elaboração do mapeamento em si, desde as considerações sobre a qualidade do modelo (características de processamento e resolução/escala) até as definições imprecisas acerca dos objetos geomorfológicos que serão modelados. As questões semânticas e conceituais, portanto, devem alicerçar os projetos de cartografia geomorfológica e as características do MDE devem ser condizentes ao nível de detalhamento pretendido para o mapeamento.

O mapa geomorfológico do estado de Mato Grosso buscou sintetizar contribuições pretéritas e discussões atuais mediadas por uma metodologia parametrizada e aberta, o que reforça o intuito da pesquisa de assegurar a continuidade dos trabalhos de mapeamento geomorfológico na área, seja com a inclusão de novas categorias geomorfológicas – visto que este apresentou ênfase morfológica – ou o detalhamento em outros níveis ou sistemas taxonômicos. Ressalta-se, neste estudo, o avanço em relação ao 4º táxon mapeado no estado de Mato Grosso e o emprego de atributos geomorfométricos (calculados de um MDE global) como referência em todos os níveis hierárquicos.

Contribuições dos Autores: Concepção, S.R.M.P.; metodologia, S.R.M.P.; software, S.R.M.P. e A.N.S.; validação, S.R.M.P. e A.N.S.; análise formal, S.R.M.P.; pesquisa, S.R.M.P.; preparação de dados, S.R.M.P. e A.N.S.; escrita do artigo, S.R.M.P. e A.N.S. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Disponibilidade dos dados: Os arquivos vetoriais do mapa geomorfológico deste trabalho estão disponíveis em <https://zenodo.org/records/19893071>

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela concessão da bolsa de

Iniciação Científica (Chamada nº 01/PROPGP/2023/PIBIC – UFR / FAPEMAT).

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Declaração de uso de Inteligência Artificial: Os autores declaram que nenhuma ferramenta de inteligência artificial generativa foi utilizada em nenhuma fase do desenvolvimento deste manuscrito (concepção, redação, análise de dados ou submissão).

Referências

1. ALKMIN, F. F. **Geological Background: A Tectonic Panorama of Brazil**. World Geomorphological Landscapes. 1ed. London: Springer Netherlands, 2015, p. 9-18. DOI: 10.1007/978-94-017-8023-0_2
2. AB'SÁBER, A. N. O planalto dos Parecis, na região de Diamantino, Mato Grosso. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, 17, p. 63-79, 1954.
3. AB'SÁBER, A. N. **Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do planalto brasileiro**. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1965. 197 p.
4. AB'SÁBER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 50, p. 9-57, 1988.
5. ALMEIDA, F. F. M. Traços gerais da geomorfologia do centro oeste brasileiro. In: ALMEIDA, F. F. M.; LIMA, M. A. **Planalto centro-ocidental e Pantanal matogrossense**. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, p. 7-62, 1959.
6. ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento geomorfológico**. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
7. ASSINE, M. L.; CORRADINI, F. A.; PUPIM, F. N.; MCGLUE, M. M. Channel arrangements and depositional styles in the São Lourenço fluvial megafan, Brazilian Pantanal wetland. **Sedimentary Geology**, v. 301, p. 172-184, 2014. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2013.11.007
8. BOTELHO, R. G. M.; PELECH, A. S. Do Mapeamento Geomorfológico do IBGE a um Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, p. 183-201, 2019. DOI: 10.21579/issn.2526-0375_2019_n1_183-201
9. BOTELHO, R. M. G.; SILVEIRA, R. M. P. **Adentrando a Planície Pantaneira**. Excursões Técnicas SBCR. IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
10. CEN/SBCR – COMITÊ EXECUTIVO NACIONAL DO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE RELEVO. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 212-227, 2022. DOI: 10.21579/issn.2526-0375_2022_n2_212-227
11. CORRADINI, F. A.; ASSINE, M. L. Compartimentação geomorfológica e processos deposicionais no megaleque fluvial do rio São Lourenço, Pantanal mato-grossense. **Brazilian Journal of Geology**, v. 42, p. 20-33, 2012.
12. CREMON, E. H.; BETTIOL, G. M.; MAGNA JÚNIOR, J. P.; MACEDO, F. C.; RABELO, M. W. O. Avaliação da altimetria do MDE COP-30 no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, p. 536-546, 2022. DOI: 10.14393/rbcv74n3-60846
13. DEMEK, J. **Manual of Detailed Geomorphological Mapping**. IGU Commission for Geomorphological Mapping. Academia, Prague, 1972.
14. FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
15. GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 648 p.
16. GUTH, P. L.; TREVISANI, S.; GROHMANN, C. H.; LINDSAY, J.; GESCH, D.; HAWKER, L.; BIELSKI, C. Ranking of 10 Global One-Arc-Second DEMs Reveals Limitations in Terrain Morphology Representation. **Remote Sensing**, 16(17), 3273, 2024. DOI: 10.3390/rs16173273
17. HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry: Concepts, Software, Applications**. Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, 2009.
18. IBGE. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Rio de Janeiro: IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019.
19. IRION, G. I.; NUNES, G. M.; CUNHA, C. N.; ARRUDA, E. C.; TAMBELINI, M. S.; DIAS, A. P.; MORAIS, J. O.; JUNK, W. J. Araguaia River Floodplain: Size, Age, and Mineral Composition of a Large Tropical Savanna Wetland. **Wetlands**, v. 36, p. 945-956, 2016. DOI: 10.1007/s13157-016-0807-y
20. JESUZ, C. R.; CABRAL, I. L. L. A morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral - MT. **Revista Ra'e Ga - Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 321-344, 2016. DOI: 10.5380/raega.v38i0.43705
21. KLIMASZEWSKI, M. Landform list and signs used in the detailed geomorphological map. **Geographical Studies**, n. 46 (Problems of geomorphological mapping), p. 139-177, 1963.

21. LACERDA FILHO, J. V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, C. C.; ALBUQUERQUE, M. C. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso**. Esc.: 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2004.
22. LATRUBESSE, E. M.; RODRIGUES, S. C.; MAMEDE, L. Sistema de Classificação e Mapeamento Geomorfológico: uma nova proposta. **Geosul**, v. 14, n.27, p. 682-687, 1998.
23. LÕFGREN, A. De Goiás a Cuiabá através do Chapadão Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 8 (2), p. 211-226, 1946.
24. MEIRA, C. M.; STEVAUX, J. C.; TORRADO, P. V.; ASSINE, M. L. Compartimentação e evolução geomorfológica da planície do rio Cuiabá, Pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, p. 159-183, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i1.1444
25. MINÁR, J.; DRĂGUT, L.; EVANS, I. S.; FECISKANIN, R.; GALLAY, M.; JENCO, M.; POPOV, A. Physical geomorphometry for elementary land surface segmentation and digital geomorphological mapping. **Earth-Science Reviews**, v. 248, 104631, 2024. DOI: 10.1016/j.earscirev.2023.104631
26. MORAES, J. M. **Geodiversidade do Estado do Mato Grosso**. Programa Geologia do Brasil CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Goiânia, 2010.
27. PADOVANI, C. R. Dinâmica espaço-temporal das inundações do Pantanal. Tese de Doutorado em Ecologia Aplicada. Universidade de São Paulo (USP), 2010. DOI: 10.11606/T.91.2010.tde-14022011-170515
28. PRADO, R. J.; CABRAL, I. L. L.; SILVA, A. P. M.; SOLORIZANO, P. E. M.; ALBUQUERQUE, A.P.A. Caracterização de material laterítico do Planalto e Chapada dos Guimarães - MT por EDX, XRD e espectroscopia Mössbauer. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, p. 619-637, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i4.591
29. PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SD.21 Cuiabá**. Levantamento de Recursos Naturais, volume 26. Rio de Janeiro, 1982.
30. PUPIM, F. N.; ASSINE, M. A.; SAWAKUCHI, A. O. Late Quaternary Cuiabá megafan, Brazilian Pantanal: Channel patterns and paleoenvironmental changes. **Quaternary International**, v. 438, p. 108-125, 2017. DOI: 10.1016/j.quaint.2017.01.013
31. RAMALHO, R. **Pantanal Mato-grossense: compartimentação morfológica**. Rio de Janeiro, CPRM. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, CNPq/INPE: 567-574, 1978.
32. ROCHA, A. B. A.; BARBOSA, V. R. F.; FARIA, K. M. S.; MARTINS, E. DE S.; SOARES NETO, G. B. Geomorphologic Map of the Brazilian Cerrado by geomorphometric archetypes. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 23(3), 1674–1684, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i3.2132
33. RONDON, C. M. Chorographia mattogrossense. **Revista do Instituto Histórico de Matto Grosso**, Cuiabá, 15 (29/30), p. 95-113, 1933.
34. ROSS, J. L. S. Contexto Geotectônico e a Morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso. **Revista do Instituto Geológico**, SMA-SP, v. 12, p. 21-37, 1991. DOI: 10.5935/0100-929X.19910002
35. ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiental**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T (Org.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
36. ROSS, J. L. S. O Relevo Brasileiro nas Macroestruturas Antigas. **Revista Continentes**, n. 2, p. 8-27, 2013.
37. ROSS, J. L. S. Chapada dos Guimarães: Borda da Bacia do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 28, p. 180, 2014. DOI: 10.11606/rdg.v28i0.525
38. ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FECHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SILVA, C. R.; SUERTEGARAY, D. M. A. **Terra: feições ilustradas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 264 p.
39. SALGADO, A. A. R.; BUENO, G. T.; DINIZ, A. D.; MARENT, B. R. **Long-Term Geomorphological Evolution of the Brazilian Territory**. World Geomorphological Landscapes. 1ed. London: Springer Netherlands, 2015, p. 19-31. DOI: 10.1007/978-94-017-8023-0_3
40. SALES, J. C.; CABRAL, I. L. L.; JESUZ, C. R. A cartografia geomorfológica aplicada à análise da bacia hidrográfica do rio da Prata em Jaciara - MT - Brasil. **Geografar (UFPR)**, v. 16, p. 571-595, 2021. DOI: 10.5380/geografar.v16i2.80101
41. SANTOS, M. V. **Relatório técnico consolidado da Geomorfologia do estado de Mato Grosso**. Parte 2: Sistematização das informações temáticas. Nível compilatório. DSEE-GM-RT-003. Cuiabá, 2000.
42. SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; BORTOLINI, W.; ALMEIDA, V. P. Geomorphological mapping of the state of Paraná with digital classification method of landform patterns. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 26, p. 1-24, 2025. DOI: 10.20502/rbg.v26i1.2561
43. SILVEIRA, R. M. P. Geomorfologia de Mato Grosso. In: NARDES, A. M. M. (org.). **Mato Grosso: temáticas geográficas e possibilidades interpretativas**. Rondonópolis: Editora UFR, 2023.
44. SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise temática e conceitual de mapas geomorfológicos: a transcrição gráfica da complexidade do relevo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, p. 574-597, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-54437

45. SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Proposta Metodológica para Mapeamento Geomorfológico Baseada na Análise Digital do Relevo: Aplicação no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, p. 2721-2742, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.5.p2721-2742
46. SOFIA, G. Combining geomorphometry, feature extraction techniques and Earth-surface processes research: The way forward. **Geomorphology**, v. 355, 107055, 2020. DOI: 10.1016/j.geomorph.2020.107055
47. VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M. Fluvial archive of peculiar avulsive fluvial patterns in the largest Quaternary intracratonic basin of tropical South America: The Bananal Basin, Central-Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 356/357, p. 62-74, 2012. DOI: 10.1016/j.palaeo.2011.10.002
48. WERLE, H. J. S.; SILVA, M. Unidades do Relevo de Mato Grosso: uma proposta de classificação. **Sociedade & Natureza**, v. 15, p. 409-414, 1996. DOI: 10.14393/SN-v8-1996-61935
49. XIONG, L.; LI, S.; TANG, G.; STROBL, J. Geomorphometry and terrain analysis: data, methods, platforms and applications. **Earth-Science Reviews**, v. 233, 104191, 2022. DOI: 10.1016/j.earscirev.2022.104191



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.