ISSN 1980-5772
eISSN 2177-4307
ACTA Geográfica, Boa Vista, v.13, n.32, mai/ago. de 2019. Pp. 113-135

ANÁLISE DA MORFOMETRIA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIMOSO, MATO GROSSO DO SUL/ BRASIL

Morphometrical analysis of mimoso river watershed, Mato Grosso do Sul/Brazil

Análisis de la morfometría del relevo de la cuenca hidrografica del río mimoso, Mato Grosso do Sul/Brasil

Rafael Brugnolli Medeiros
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS-CPTL)
rafael_bmedeiros@hotmail.com

Andre Geraldo Berezuk
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
andrebzk713@bol.com.br

André Luiz Pinto
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS-CPTL)
andre.pinto@ufms.br

Resumo
A presente pesquisa tem como objetivo principal, analisar a compreender a morfometria do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso – BHRM, localizada no município de Bonito/MS, por meio da utilização da declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical, onde a interpolação desses componentes morfométricos, revela a energia potencial erosiva do relevo, pautada nas propostas metodológicas de Spiridonov (1981) e Mendes (1993). Para tanto, utilizou-se o Modelo Digital de Terreno – MDT/SRTM disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, somando com a utilização do ArcGis 10® para manuseio do MDT e interpolação dos componentes. Ainda na metodologia, foram realizadas saídas de campo para conferência das informações obtidas nos mapeamentos, desde as inclinações, bem como o comprimento e altitude das rampas do terreno. Resultou-se em uma diversidade significativa de classes da declividade, dissecações horizontal e vertical, evidenciando a energia potencial erosiva da área de estudo que transcorre das classes muito fraca a moderadamente média no alto e baixo curso da BHRM, devido aos declives e amplitudes altimétricas reduzidas. Já no médio curso as classes média e suavemente forte foram encontradas devido aos declives acentuados do relevo montanhoso existente nessa região, que somados às rampas estreitas, elevam o potencial erosivo da bacia hidrográfica. Concluindo, essa análise se mostrou importante visando futuras pesquisas na BHRM, visto que traduz algumas das características principais de porções da bacia, além de levar em consideração a importância dessa bacia, não apenas na questão turística, mas, sobretudo, ambiental.

Palavras-chave: declividade; dissecação horizontal; dissecação vertical; energia potencial erosiva do relevo.

Abstract
The present research has the main objective of describe the morphometrical aspects of the Mimoso River Watershed, city of Bonito/Mato Grosso do Sul State. The methodological way of this research is

based on mapping the slopes intensity, the horizontal dissection and the vertical dissection. The interpolation of these morphometric components quantifies the erosive potential energy of the relief, based on the methodological scope of Spiridonov (1981) and Mendes (1993) studies. Seeking for the creation of these maps, we have used the Digital Terrain Model – DTM/SRTM, which is available by the Geological Survey of the United States. Moreover, we have used the software ArcGis 10® along this technical proceeding. Also, field trips were done to check the information obtained at the maps created from the slopes data, as well as the length and altitude of the terrain aclives. Seeing the diversity of slope classes, created by horizontal and vertical dissections, we can quantify and observe the potential erosive energy that runs from the very weak to moderately average classes in the upper and lower reaches of the Mimoso River Watershed due to its soft slopes and low local altimetry. However, in the middle sector of this watershed, intermediate and mid-strong classes have been found due to the sharp slopes of the mountainous relief existing in that watershed sector, which elevates the erosive potential of the basin when it is added to the narrow ramps of this area. In conclusion, this analysis is important for other future researches in this area, since it translates some of the main characteristics of the basin, basin which we should taking into account not only the importance of the tourism activity, but the environmental activity too.

Keywords: slope; horizontal dissection; vertical dissection; relief's erosive potential energy.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal, analizar a comprender la morfometría del relieve de la Cuenca Hidrográfica del Río Mimoso - BHRM, ubicada en el municipio de Bonito / MS, por medio de la utilización de la declividad, disección horizontal y disección vertical, donde la interpolación de esos componentes (en el caso de las mujeres), en el caso de las mujeres. Para ello, se utilizó el Modelo Digital de Terreno - MDT / SRTM disponibilizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, sumando con la utilización de ArcGis 10® para manejo del MDT e interpolación de los componentes. En la metodología, se realizaron salidas de campo para la conferencia de las informaciones obtenidas en los mapas, desde las inclinaciones, así como la longitud y altitud de las rampas del terreno. Se produjo una diversidad significativa de clases de declividad, disecciones horizontal y vertical, evidenciando la energía potencial erosiva del área de estudio que transcurre de las clases muy débil a moderadamente media en el alto y bajo curso de la BHRM, debido a las pendientes y amplitudes altimétricas reducidas . Ya en el medio curso las clases media y suavemente fuerte fueron encontradas debido a las pendientes acentuadas del relieve montañoso existente en esa región, que sumadas a las rampas estrechas, elevan el potencial erosivo de la cuenca hidrográfica. Concluyendo, este análisis se mostró importante con vistas a futuras investigaciones en la BHRM, ya que traduce algunas de las características principales de porciones de la cuenca, además de tener en cuenta la importancia de esa cuenca, no sólo en la cuestión turística, sino sobre todo ambiental.

Palabras clave: declividad; disección horizontal; disección vertical; energía potencialmente erosiva de la relevación.

INTRODUÇÃO

O relevo possui uma grande diversidade de gêneses, formas e tipos, cada um possuindo dinâmicas diferenciadas e que provocam, ao meio natural e antrópico, uma série de manifestações que limitam ou potencializam possíveis impactos ambientais. Essa diversidade é provocada por fenômenos do passado e presente, onde sua dinâmica é o que esculturou o relevo que vemos atualmente (CUNHA e PINTON, 2013), apresentando assim, uma noção

básica de que esse relevo encontra-se estático e que não existem relações entre seus componentes (ROSS, 2000). Contudo, a dinamicidade existente nas relações entre os componentes presentes no relevo de uma bacia hidrográfica, provocam inúmeras modificações que acarretam em processos erosionais.

Partindo para a necessidade de compreender a morfometria do relevo estudada, que é considerado um documento síntese que corrobora na compreensão das características desse relevo, identificando os locais com maior inclinação, extensão dos comprimento das rampas do terreno e, consequentemente, áreas com maior energia potencial erosiva.

Segundo Christofoletti (1981), a morfometria corresponde a forma do relevo, que, dentre suas características, destaca-se a forma das vertentes, rugosidade, comprimentos, declives e altimetria, representando uma ciência de análise do relevo, de maneira que o mesmo foi transformado ao longo do tempo e do espaço.

Diversos autores trabalham com a energia do relevo[1] ou energia potencial erosiva do relevo[2]. Mesmo que alterando sua nomenclatura, estes estudos provêm da mesma metodologia inicial de Spiridonov (1981), com adaptações de Mauro et al. (1991) e Mendes (1993). Essas metodologias traduzem, de maneira clara e didática, a relação existente entre a declividade (inclinação do relevo), dissecação horizontal (comprimento das rampas) e a dissecação vertical (altimetria dessas rampas).

A relação existente entre esses componentes traz consigo a identificação da energia potencial erosiva do relevo (nomenclatura abordada nessa pesquisa), que procura identificar os locais com maior propensão a erosões, mediante a ação pluvial e da própria ação física natural das bacias hidrográficas. Até por esses fatores, utiliza-se a nomenclatura “potencial”, pois é uma avaliação mediante os dados adquiridos pelos documentos morfométricos, não levando em conta dados de precipitação, uso antrópico, solo, rochas, entre outros fatores que podem elevar ou reduzir os processos erosionais. Logo, a metodologia utilizada traduz, de maneira satisfatória, as áreas que possuem maior probabilidade de ocorrência de erosões, assoreamentos e impactos ambientais relacionados ao relevo. É necessário levar em consideração que sempre ocorrem modificações na metodologia utilizada, pois a mesma modifica-se mediante as características da área de estudo e aos objetivos da pesquisa, conforme sugere Troppmair (1970).

Dentre as variáveis utilizadas, destaca-se a importância da declividade, pois segundo Medeiros (2016), sua análise detecta áreas críticas às erosões, auxiliando em planejamentos ambientais e manejo das terras. Já com relação a dissecação do relevo, Cunha et al. (2003)

1 Sato e Cunha (2007), Machado e Cunha (2013), Cunha e Pinton (2013).
2 Medeiros (2016), Gomes (2016).

afirmam que é um grande indicador da rugosidade topográfica, apontando como aliado na identificação da energia do relevo e que acaba determinando, o grau de entalhamento dos rios na superfície terrestre.

A presente pesquisa busca, assim, mensurar e compreender a morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso – BHRM, sobretudo no que se refere à energia potencial do seu relevo, pois se constitui como importante bacia que disseca a Serra da Bodoquena, no estado do Mato Grosso do Sul, com crescente ocupação turística e agrícola e que necessita de estudos vinculados ao ordenamento do uso e manejos de suas terras.

Devido seu relevo apresentar altos declives nos morros residuais, seus rios são cachoeirados, que proporcionam rica beleza cênica, com áreas pouco ocupadas por causa do relevo acidentado, sendo recobertos por exuberante vegetação nativa, com exceção das áreas planas do planalto da serra da Bodoquena, que vem sendo utilizado para a agricultura comercial de exportação, seja da soja (durante boa parte do ano) e do milho (entressafras), no alto curso da BHRM.

A Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso localiza-se no município de Bonito, a leste do Mato Grosso do Sul, **Figura 1,** apresentando 250,93 km² dispostos em terrenos acidentados, com grandes declividades em ambientes cársticos e terrígenos, que traduzem, na paisagem, uma grande diversidade de gêneses formas e estruturas.

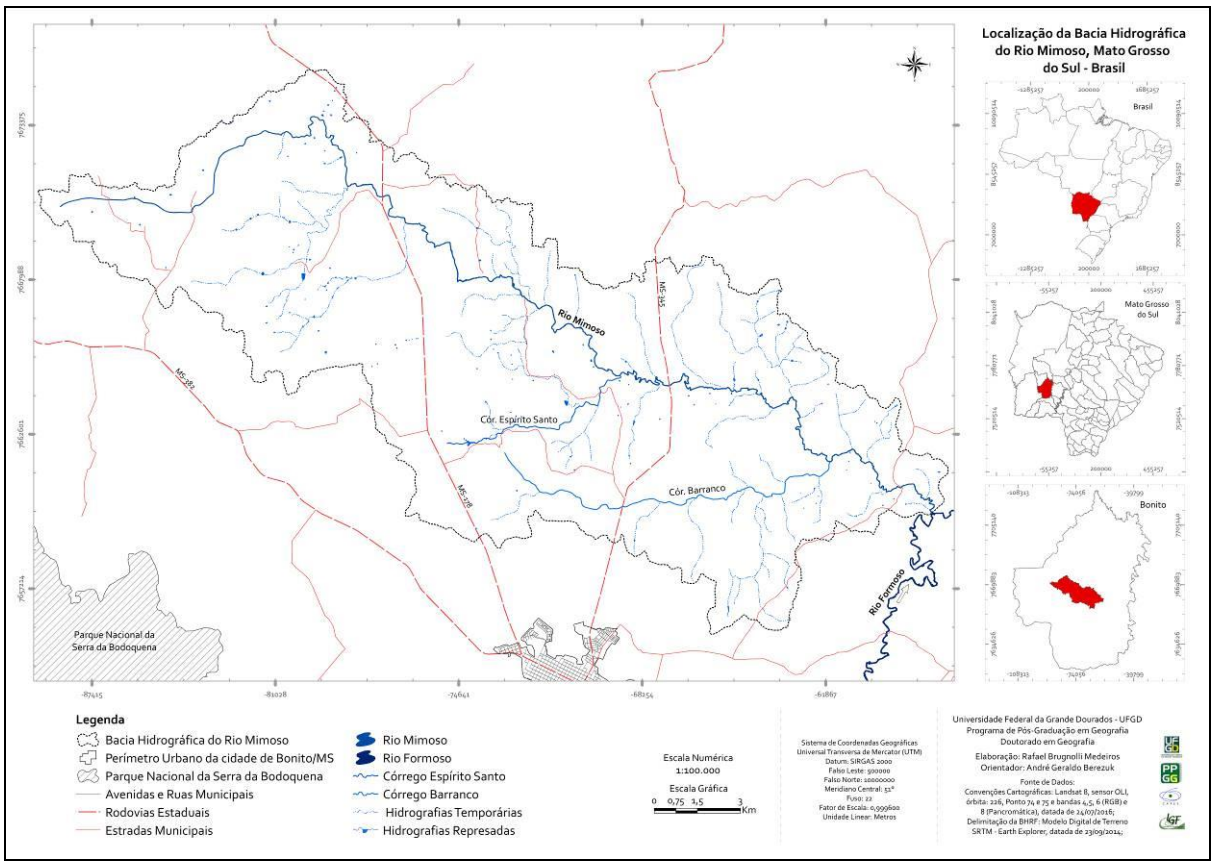


Figura 1: Localização da BHRM, Bonito/MS.

MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração e análise da hipsometria, foi realizada como uma extensão à morfometria do relevo, pois apresenta os patamares altimétricos, podendo observar a significativa variação das altitudes do sistema BHRM. Para tanto, o mapeamento foi realizado com auxílio do SIG ArcGis 10®, mediante a utilização do Modelo Digital de Terreno - SRTM, demonstrando o relevo em terceira dimensão, por meio da interpolação de valores altimétricos e da criação de triângulos entre um vetor e outro.

A análise da energia potencial erosiva do relevo é realizada mediante a identificação de três documentos morfométricos. O primeiro deles está relacionado à inclinação do relevo, ou seja, à declividade. Esta foi quantificada e espacializada mediante a utilização do Modelo Digital de Terreno – MDT/SRTM, disponibilizada pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. Assim é possível identificar as cotas altimétricas e curvas de nível ao longo de toda a área de estudo.

Esses procedimentos foram realizados no SIG ArcGis 10®, onde foi utilizado o módulo *Spatial Analyst* > *Surface* > *Slope*, identificando a declividade em porcentagem, podendo ser relacionada com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, definindo algumas limitações de uso antrópico em determinadas áreas com declives mais acentuados. Dessa forma, o mapeamento ficou determinado por seis classes, com intervalos variados, de acordo com a classificação do SIBCS. Assim, são determinadas as classes 0,00% a 3,00%; 3,01% a 8,00%; 8,01% a 20,00%; 20,01% a 45,00%; 45,01% a 75,00%; e >75,01%.

Essas classes foram divididas posteriormente, para a elaboração dos pesos de energia potencial erosiva do relevo, levando em conta as metodologias de Mendes (1993), Medeiros (2016) e Gomes (2016), onde cada um dos autores utilizou pesos e classes variadas, de acordo com a área de estudo, demonstrando para o leitor, melhor visualização e compreensão dos objetivos da pesquisa.

O segundo documento morfométrico analisado é a dissecação horizontal, que consiste basicamente na determinação do comprimento das rampas, ou seja, é feita a delimitação de todas as sub-bacias e microbacias com seus mananciais perenes, efêmeros e temporários. Após essa delimitação, são traçadas linhas retas formando ângulos de 90º com a hidrografia, sendo que são essas linhas que dividem e determinam as classes de dissecação horizontal.

Essas classes iniciam-se de 0 a 100 metros como os maiores pesos de energia potencial erosiva do relevo e finalizam com a classe “Maior que 2.000 metros”. Esses pesos são definidos, segundo Spiridonov (1981), onde a classe com maior comprimento da rampa tende

a possuir um relevo mais aplainado e, consequentemente, possuidor de menor potencial erosivo. Já as classes com comprimentos mais estreitos, seu manancial tende a ser mais entalhado e seu relevo mais acidentado, possuindo maior potencial erosivo.

Esse mapeamento utiliza-se do MDT/SRTM, sobretudo na criação dessas sub-bacias e microbacias. Posteriormente, é realizada toda a classificação por meio da criação de *shape* de polígonos, onde são traçadas todas as classes individualmente, obtendo assim, melhor representação da realidade.

Com relação ao terceiro e último documento morfométrico, referente à dissecação vertical, são utilizados os mesmos procedimentos descritos no parágrafo anterior, contudo, sua forma de traçado das linhas é diferenciado, pois a dissecação vertical consiste na identificação dos patamares altimétricos que as curvas de nível e as rampas do terreno estão localizadas. Logo, são traçadas as linhas que dividem as classes, a partir da intersecção da hidrografia com cada curva de nível existente.

Os pesos são definidos, seguindo a ordem inversa da dissecação horizontal, ou seja, as classes mais altas possuem maior potencial erosivo, pois, segundo Medeiros (2016), quando mais distante do nível de base das bacias hidrográficas, maior será sua capacidade gravitacional de transporte de sedimentos e, consequentemente, causar mais erosões.

A análise desses documentos morfométricos podem propiciar a identificação (espacialização) e quantificação da energia potencial erosiva do relevo, mediante a proposta metodológica de Mendes (1993). O procedimento para interpolação das informações, é realizado em ambiente SIG ArcGis 10®, onde é feita a interpolação dos documentos morfométricos, identificando que os locais que possuem altos declives, rampas mais estreitas e patamares altimétricos elevados dessas rampas, são as que possuem maior energia potencial erosiva do relevo, ou seja, áreas que a bacia hidrográfica é potencialmente mais propensa a ocasionar erosões. As classes ficaram dispostas da seguinte forma (**Tabela 1)**:

Tabela 1: Classes de energia potencial erosiva do relevo, de acordo com a declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical da BHRM, Bonito/MS.

Classe de Energia Potencial Erosiva do Relevo	Declividade (%)	Dissecação Horizontal (metros)	Dissecação Vertical (metros)
Muito Suave	0,00 a 1,00	> 2.000,00	0,00 a 20,00
Moderadamente Suave	1,01 a 2,00	1.500,01 a 2.000,00	20,00 a 40,00
Suave	2,01 a 3,00	1.000,01 a 1.500,00	40,01 a 60,00
Suavemente Fraca	3,01 a 5,00	900,01 a 1.000,00	60,01 a 80,00
Moderadamente Fraca	5,01 a 7,00	800,01 a 900,00	80,01 a 100,00
Fraca	7,01 a 8,00	700,01 a 800,00	100,01 a 120,00
Suavemente Média	8,01 a 12,00	600,01 a 700,00	120,01 a 140,00
Moderadamente Média	12,01 a 15,00	500,01 a 600,00	140,01 a 160,00
Média	15,01 a 20,00	400,01 a 500,00	160,01 a 180,00
Suavemente Forte	20,01 a 30,00	300,01 a 400,00	180,01 a 200,00
Moderadamente Forte	30,01 a 45,00	200,01 a 300,00	200,01 a 220,00

Forte	45,01 a 75,00	100,01 a 200,00	220,01 a 240,00
Muito Forte	> 75,01	0,00 a 100,00	> 240,00

RESULTADOS

A análise dos resultados inicia-se com a identificação dos patamares altimétricos por meio da carta hipsométrica, detalhando, com curvas de nível de 40 em 40 metros, o relevo bastante diversificado da BHRM , **Figura 2.**

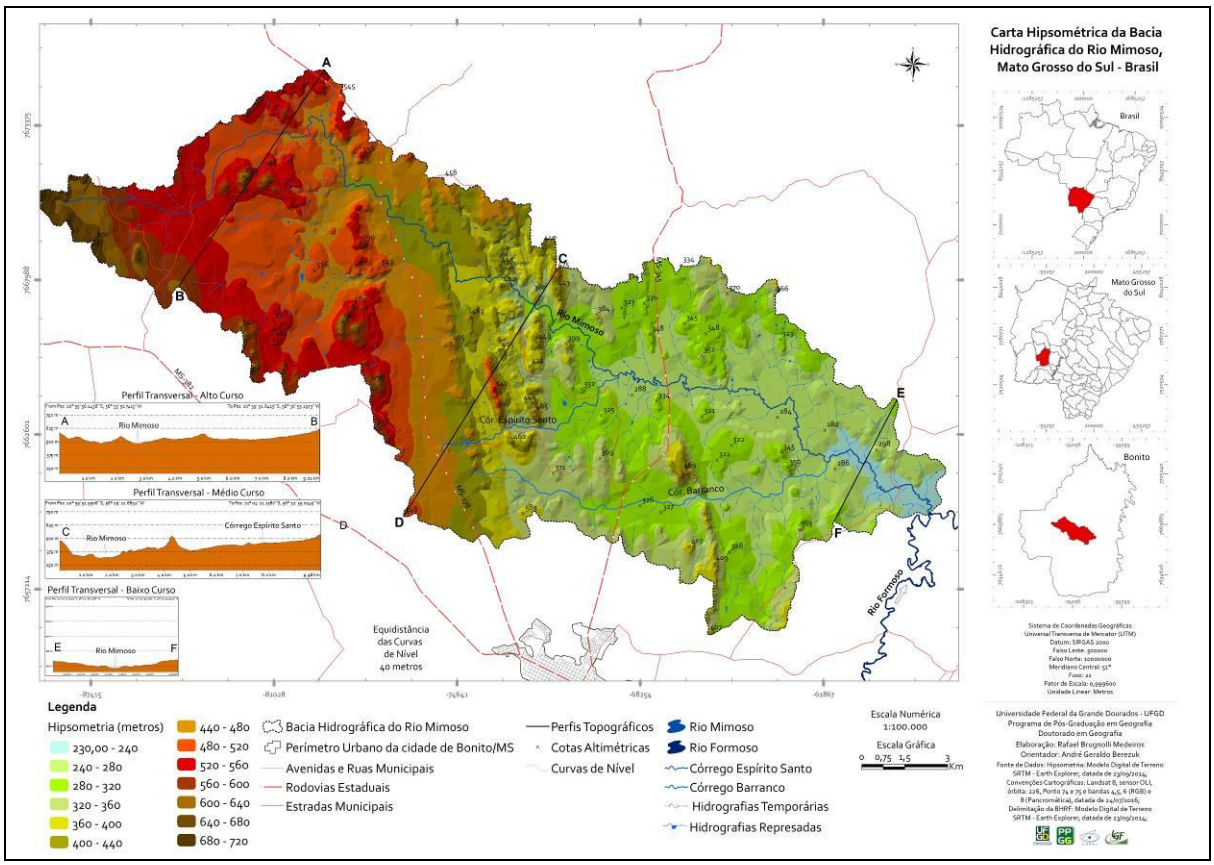


Figura 2: Carta hipsométrica do sistema BHRM.

A análise da hipsometria da BHRM demonstra algumas questões importantes e que possuem influência sobre os demais componentes analisados. A região central e oeste da bacia hidrográfica apresenta uma variação altimétrica mais elevada, podendo ser constatados morros residuais que, em alguns casos, atingem variações altimétricas acima de 100 metros.

Existem extensos planaltos na região oeste que permanecem acima de 480 metros, sobretudo em áreas de relevo cárstico onde a área plana favorece as culturas de soja e milho, visto que, favorece a mecanização e plantio. Com isso, a análise do perfil transversal do alto curso demonstrou que as grandes variações ocorrem apenas nos morros residuais, tanto que, o próprio rio Mimoso não se encontra encaixado em meio ao relevo, esse encaixamento do rio ocorre apenas em seu médio curso.

Na região central do sistema BHRM, ocorrem variações altimétricas devido à grande quantidade de falhas, fraturas, dobras e lineamentos estruturais, que traduzem um relevo mais acidentado. Porém, de modo geral, ainda permanecem em planaltos com relativa planura, sobretudo nas áreas próximas ao córrego Espírito Santo. Apenas em áreas próximas ao rio Mimoso é possível observar, pelo perfil transversal do médio curso, **Figura 3,** que existem consideráveis variações altimétricas na área da bacia..

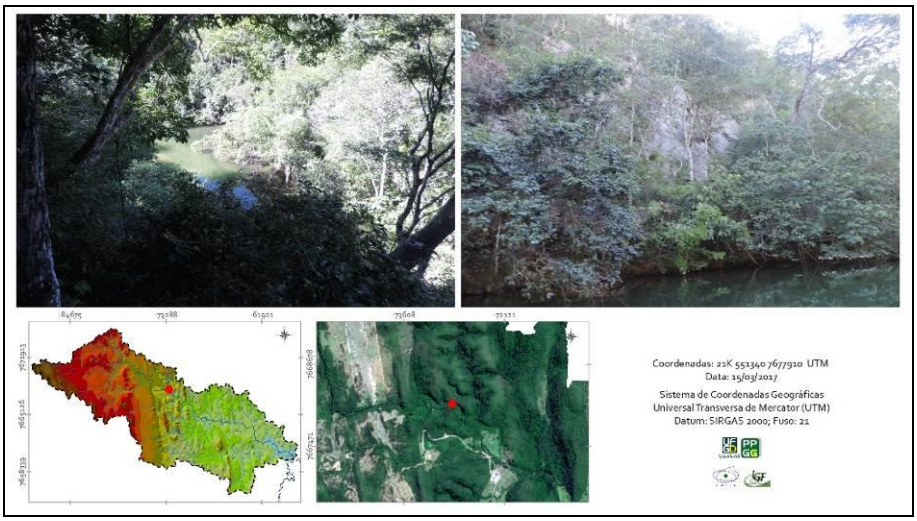


Figura 3: Rio Mimoso margeado por extensos e elevados morros residuais em seu médio curso.

Essa unidade da BHRM, apresenta um relevo acidentado que deixa o rio Mimoso encaixado em meio às escarpas, possuindo muitas cachoeiras e, em alguns pontos, com uma velocidade de fluxo das águas mais elevada. Esses fatores favorecem a preservação deste manancial, pois a vegetação florestal se mostra predominante, sobretudo por seus altos declives, que traz limitações ao uso antrópico.

Na área do baixo curso foi constatada pouca variação altimétrica, principalmente por estar situada em superfícies aplainadas ou suave onduladas, além de rochas terrígenas e um latossolo vermelho distrófico, característico de relevo aplainado. Em seu perfil transversal essas evidências ficam comprovadas, sobretudo quando levado em consideração, que a maior cota encontrada é de 280 metros e a menor de 220 metros, ou seja, pouca variação para seus 4,51 km de extensão do perfil transversal.

A carta hipsométrica traz consigo, feições e variações que possuem papel de destaque na identificação e compartimentação do relevo, além de trazer influências significativas da geologia, tais como falhas, dobras e fraturas. A análise da mesma, partindo de um princípio sistêmico, como foi realizado nessa pesquisa, evidencia essas interações, de modo que traduz

as características do sistema BHRM, sendo que estas características controlam e definem os solos, essenciais para o entendimento da dinâmica existente nessa bacia hidrográfica.

Para uma avaliação da morfometria do relevo, esta inicia-se com a análise das classes de declividade da BHRM, onde é possível identificar as classes encontradas, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS, além de apontar uma grande variedade de características na bacia hidrográfica, desde terrenos planos no baixo curso, com planícies, até terrenos extremamente acidentados no médio e alto curso, sobretudo devido à grande quantidade de morros residuais existentes, conforme a **Figura 4** e **Tabela 2.**

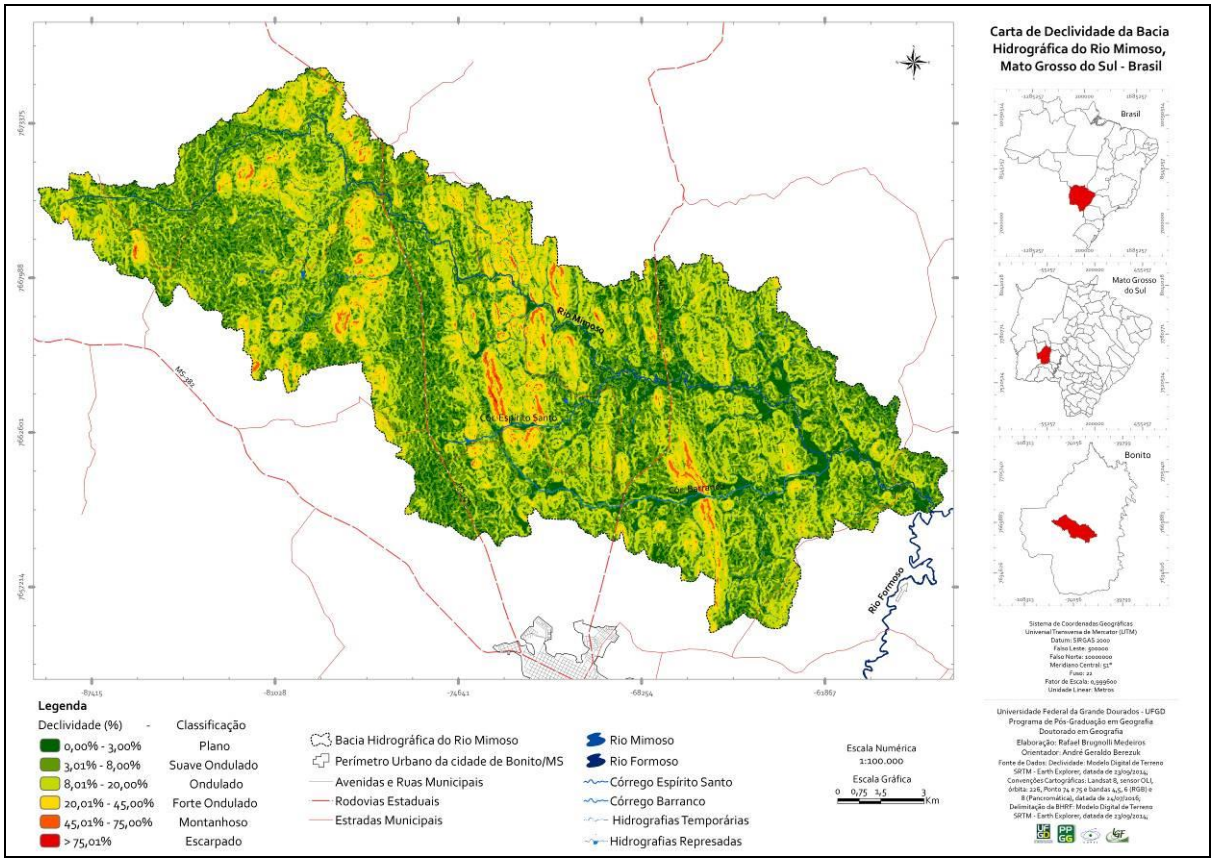


Figura 4: Carta de Declividade da BHRM, Bonito/MS.

Tabela 2: Classes de declividade encontradas na BHRM, Bonito/MS.

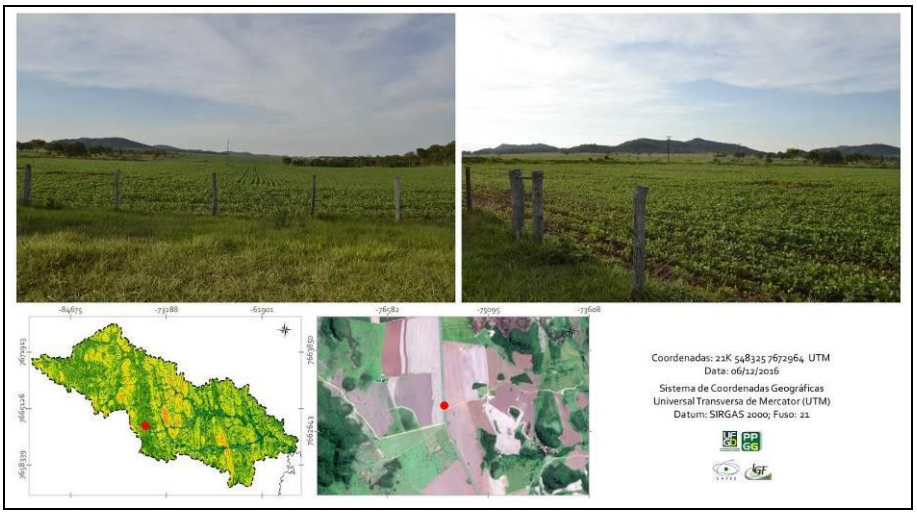
Declividade (%)	Sugestões para o uso para as terras	Área	
		Km²	%
0,00 a 3,00	Aquicultura; Apto a qualquer uso agrícola.	36,94	14,72
3,01 a 8,00	Depende da subclasse, pois será preciso ações de controle erosivo ou de melhoria na fertilidade do solo. Restrita à agricultura, mas apta para agricultura moderna desde que utilizando técnicas de manejo e conservação do solo.	97,53	38,87
8,01 a 20,00	Susceptibilidade a erosão e perda de potencial produtivo do solo. Permite pastoreio, reflorestamento e a manutenção da vegetação natural. Nas classes mais elevadas, não permite uso agrícola, somente manutenção da vegetação original.	89,74	35,76
20,01 a 45,00	Depende da subclasse. Recomenda-se a manutenção da vegetação original, contudo, é possível sua utilização para determinados fins, como criação de gado.	24,42	9,73

45,01 a 75,00	Manutenção da vegetação original. Área de preservação ambiental	2,27	0,90
> 75,01	Manutenção da vegetação original. Área de preservação ambiental	0,04	0,02
Total		**250,93**	**100,00**

Os declives de 0,00% a 3,00%, que possuem, como principal limitação, a possibilidade de sofrerem alagamentos nas regiões mais baixas, foram encontrados em 36,94 km², sobretudo em áreas de planícies do rio Mimoso, córrego Barranco, córrego Espírito Santo e alguns afluentes do baixo curso da BHRM, **Figura 4**. Essas áreas ficaram caracterizadas por apresentarem um relevo extremamente plano, contudo, apenas pequenas áreas do rio Mimoso apresentam alagamentos, sendo estas áreas aptas para serem utilizadas nas atividades voltadas à aquicultura. Para as demais áreas que possuem esse relevo plano, estas pode ser utilizado para todos os fins, em especial as áreas de polje[3], desde que, não adentrem as áreas de proteção ambiental, nas margens dos mananciais.

A classe de 3,01% a 8,00% possui a maior área de abrangência cartografada, com 97,53 km², dispersa em manchas por toda a BHRM. Morfologicamente estas são caracterizadas por tipo de relevo que oscila de plano a suavemente ondulado, necessitando-se de controle erosivo, sobretudo para a agricultura, inclusive a mecanizada, não oferecendo grandes limitações de uso para estas áreas. Sua ocupação apontou para uma maior utilização para a pastagem e vegetação florestal nativa, e em menor proporção, na porção sudoeste da BHRM, com o cultivo comercial de soja e milho, aproveitando, os proprietários, da riqueza de carbonato de cálcio e matéria orgânica, que se traduz, em boa fertilidade natural do solo.

Esta classe é margeada por declividades mais acentuadas de até 20%, morfologicamente abrangidas por morros residuais das formações Bocaina e Tamengo, propiciando classes de dissecações horizontal e vertical, atípicas, **Figura 5** (evidenciada em todo o alto curso da bacia hidrográfica do rio Formoso, do qual o rio Mimoso é afluente).



[3] Região extremamente plana, originada da intensa dissolução do calcário.

Figura 5: Declividade de 3,01% a 8,00%, além de rampas alongadas e patamares altimétricos elevados, a sudoeste da BHRM, Bonito/MS.

A classe de declividade de 8,01% a 20,00% é encontrada em todas as regiões da BHRM, sobretudo nas proximidades de morros residuais e em áreas próximas ao divisor de água das sub-bacias, somando área total de 89,74 km². Esses locais têm, como principal característica, maior fragilidade aos processos erosivos, sobretudo, se levar em consideração os demais elementos desse sistema hidrográfico (solo, geologia e dissecações). Nessas áreas, ocorre predomínio de patamares altimétricos mais elevados e que favorecem ao aumento da propensão às erosões regressivas que esculpem os morros residuais. Contudo, ainda não oferece grandes perdas de solo, pois ocorre, em vertentes com comprimento alongado, porém se não submetidas a usos bem manejados da terra, gerando fortes erosões pluviais e fluviais.

A classe de 20,01% a 45,00% é a última classe em que é permitido o uso antrópico segundo o Código Florestal (Lei 12.651/2012), pois acima de 45% as áreas devem ser de preservação permanente – APP. Essa classe é encontrada ao longo de toda a BHRM, sobretudo nas proximidades dos morros residuais e em patamares altimétricos mais elevados, próximo aos divisores de água, abrangendo área total de 24,42 km². Há a ocorrência das vertentes mais estreitas e sua rede de drenagem mais encaixada, em meio ao relevo ondulado.

A classe de declividade de 45,01% a 75,00% é recomendada, como comentada anteriormente, à manutenção da vegetação original, pois suas encostas são íngremes, proporcionando alto potencial de escoamento e de erosão, onde a vegetação é o elemento protetor e de conservação desses ambientes.

O relevo nessa classe já é montanhoso e seus declives classificados como fortes a muito fortes (EMBRAPA, 2013). Essa classe é encontrada nas encostas dos morros residuais, sobretudo no alto e médio curso da BHRM. O rio Mimoso corre extremamente encaixado em meio às rochas carbonáticas no médio curso, possuindo grandes cachoeiras, alcançando área total de 2,27 km². Nessa classe de declividade, devido à riqueza de cachoeiras, formadas por tufas calcárias, ocorrem as maiores cachoeiras em altura e extensão do rio Mimoso.

As áreas, com mais de 75% de declividade, alcançam um total de 0,04 km², pois são pequenas áreas onde o rio se encontra encaixado em meio às rochas carbonáticas da formação Tamengo[4]. Com isso, seu relevo acidentado traz consigo, algumas características que serão explicadas ao longo desta pesquisa, mas que traduzem em rampas estreitas e altos patamares altimétricos, que, por sua vez, evidenciaram a área com maior potencial erosivo da BHRM.

4 Nesta área é caracterizado por ser um maciço rochoso elevado, com intercalações de sedimentos clásticos e exposição de calcários calcíferos.

Ao longo da análise da declividade, é possível identificar uma grande variedade de feições ao longo a BHRM, seja por seu ambiente cárstico no alto e médio curso, com relevo acidentado, e em alguns locais com muitos morros residuais, bem como ambientes terrígenos no baixo curso, onde predominam relevos planos a suavemente ondulados. Essas características trazem informações morfométricas importantes para o objetivo desta pesquisa, contudo, sua análise é complementada pelos processos de dissecação horizontal e vertical, visto que, o comprimento e altimetria das rampas do relevo, são essenciais para identificar a capacidade (potencial) deste relevo em acarretar erosões.

Na dissecação horizontal, foram encontradas 13 classes de análise, de acordo com o comprimento das rampas do relevo. Constatando que a grande maioria da rede hidrográfica se encontra entalhada em meio ao relevo ondulado e, em alguns casos, fortemente ondulado, como o caso do médio curso da BHRM. Sendo possível identificar também, grandes áreas de planaltos onde os declives são reduzidos e os comprimentos de vertentes alongados, como a sudoeste da BHRM, **Figura 6** e **Tabela 3**.

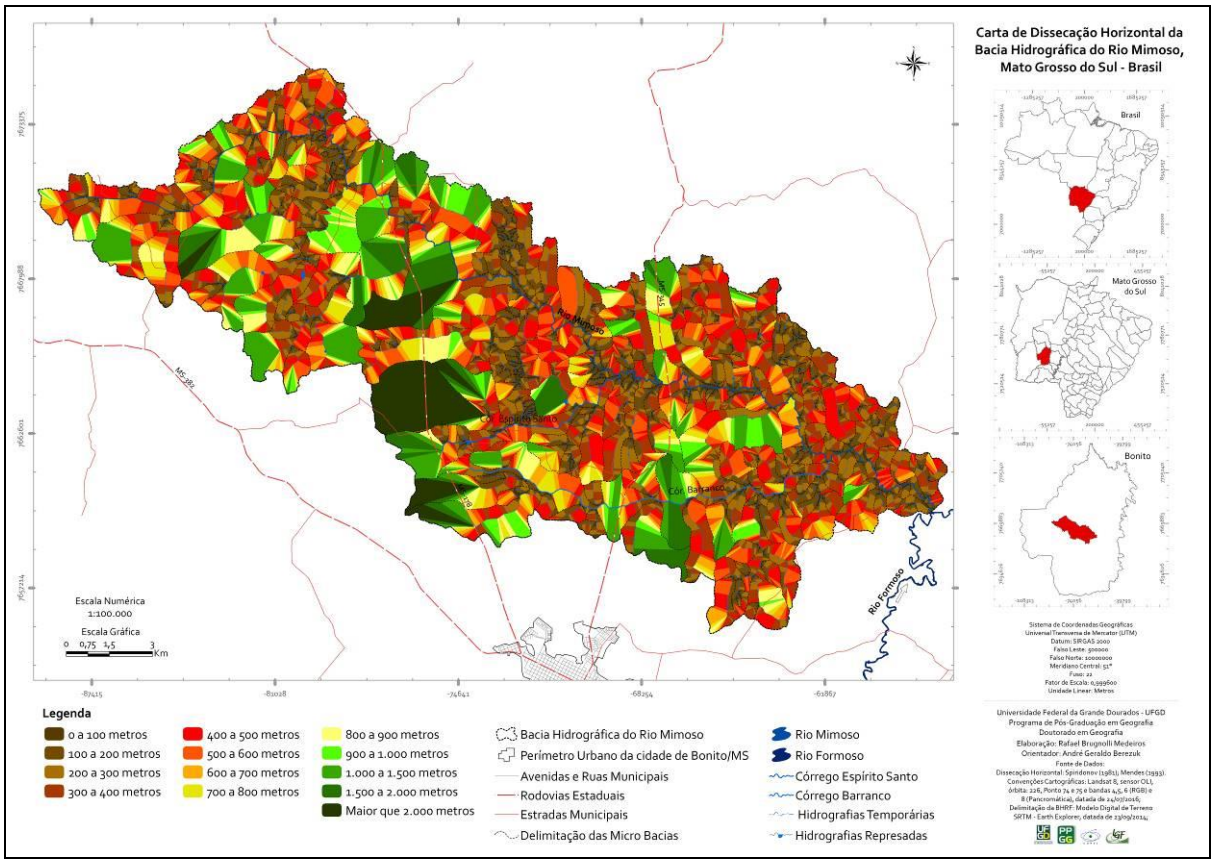


Figura 6: Carta de dissecação horizontal do relevo da BHRM, Bonito/MS.

Tabela 3: Classes de dissecação horizontal do relevo da BHRM, Bonito/MS.

Dissecação Horizontal	Área	
	Km²	%
0,00 a 100,00	8,82	3,51
100,01 a 200,00	26,67	10,63
200,01 a 300,00	32,68	13,02
300,01 a 400,00	29,85	11,90
400,01 a 500,00	28,31	11,28
500,01 a 600,00	25,02	9,97
600,01 a 700,00	15,91	6,34
700,01 a 800,00	12,68	5,05
800,01 a 900,00	12,45	4,96
900,01 a 1.000,00	11,28	4,49
1.000,01 a 1.500,00	23,58	9,40
1.500,01 a 2.000,00	11,32	4,51
> 2.000,00	12,36	4,93
Total	**250,93**	**100,00**

A dissecação horizontal do relevo parte do princípio de que, quanto maior o comprimento da rampa, menor será seu potencial erosivo, pois o relevo tende a ser mais aplainado, diminuindo a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, reduz a perda de solo. Assim, a classe de 0 a 100 metros é encontrada ao longo de toda a BHRM, sobretudo nas proximidades com os mananciais hídricos, seja nos principais (rio Mimoso e córregos Barraco e Espírito Santo), bem como nos afluentes efêmeros e intermitentes, principalmente do médio curso, que é onde o relevo apresenta-se mais acidentado e, em alguns casos, montanhoso nas proximidades do rio Mimoso.

Essa classe mostra o grau de entalhamento dos rios, pois sua vertente estreita chega ao máximo de 100 metros de distância (em um ângulo de 90º) da hidrografia, apresentando assim, áreas com maiores declividades, contudo, não apresentam altos patamares altimétricos (dissecação vertical), que acaba reduzindo a energia potencial erosiva do relevo.

A classe de 100 a 200 metros também é possível de ser encontrada em toda a BHRM. Assim como em grande parte das classes, esta ficou disposta em todas as regiões da bacia hidrográfica, principalmente devido à variedade de feições do relevo existentes. Essa classe apresentou um total de 26,67 km², estando localizada, sobretudo, nas proximidades com os maiores afluentes do rio Mimoso.

Por sua vez, a classe de 200 a 300 metros se apresenta nas áreas próximas aos afluentes de maior extensão da BHCM, com área total de 32,68 km². Como pode ser visto, não possuem grandes alterações nas áreas de abrangência das classes, principalmente, pois estão dispostas ao longo de toda a BHRM, mostrando que não existe grande área homogênea, com exceção feita a última classe de análise (> que 2.000 metros), pois apresenta grande área de planalto, com relevo extremamente plano.

Na classe de 300 a 400 metros é possível identificar pequena mudança na declividade, onde passa a ser considerada como ondulada a fortemente ondulada, apresentando declives oscilando de 20,01% a 45,00%, com patamares, com ainda reduzida de dissecação vertical, abrangendo área total de 28,31 km².

A classe de 400 a 500 metros apresenta relevo ondulado, com declives variando entre 20,01% a 45,00%, sendo encontrado em toda a BHRM, sobretudo em sub-bacias de maior área e com vertentes mais extensas.

A classe de 500 a 600 metros caracteriza-se por patamares altimétricos mais elevados, no alto e médio curso, encontradas nas proximidades dos morros residuais e das montanhas, no médio curso da BHRM, abrangendo área de 25,02 km².Na classe de 600 a 700 metros é possível identificar os grandes morros residuais que deixam os patamares altimétricos elevados e, consequentemente, se eleva a dissecação vertical e a energia potencial erosiva do relevo, abrangendo área de 15,91 km², espalhadas por toda a BHRM.

A elevação da extensão das áreas mais aplainadas começa a se tornar evidente na classe de 700 a 800 metros, totalizando área de 12,68 km². Esta classe é encontrada em todas as regiões da BHRM, contudo, é mais evidente no alto e médio curso, pois seus mananciais e sub-bacias são maiores.

A classe de 800 a 900 metros já é considerada por apresentar relevo suavemente ondulado, ainda não sendo considerado plano, pois existem morros residuais em suas áreas, que elevam a dissecação vertical e sua energia potencial. Abrangem área total de 12,45 km², situados no alto e médio curso.

A classe de 900 a 1.000 metros é encontrada ao longo de 11,28 km², sobretudo no alto e médio curso da BHRM, nas vertentes alongadas que evidenciam uma característica do relevo dessa região, que se constituem nos planaltos da serra da Bodoquena, sejam eles cársticos ou terrígenos. Esses planaltos estão se constituindo como áreas para cultivo de soja e milho, contudo, deve-se levar em consideração, a proximidade com os mananciais hídricos, visto que o principal atrativo dessa bacia hidrográfica, é a natureza e seus recursos hídricos.

A classe de 1.000 a 1.500 metros já pode ser considerada plana, devido ao prolongamento acentuado das rampas do terreno. Essas vertentes alongadas permitem que suas terras sejam utilizadas para determinados fins antrópicos sem qualquer tipo de limitação, como a agricultura comercial. Englobam área de 23,58 km², no alto e médio curso da BHRM, em locais com uma dissecação vertical elevada, pois abrange maiores áreas e, consequentemente, as curvas de nível vão se elevando, alcançando os morros residuais de maiores patamares altimétricos.

A classe de 1.500 a 2.000 metros é passível de identificação dos extensos planaltos do alto e médio curso da BHRM. Essas áreas apresentam um aspecto extremamente plano, onde a dissecação vertical é elevada. Porém, suas rampas alongadas com declividade reduzida, diminuem o potencial erosivo dessas áreas.

Por fim, a classe com extensão maior do que 2.000 metros, referente à dissecação vertical, é encontrada em 6 grandes unidades no alto e médio curso da BHRM, em áreas extremamente planas que alcançam um máximo de 8,00% de declividade, com exceção das proximidades com o divisor de águas, onde o declive possui até 20,00%, contudo, ainda pertencente à mesma vertente alongada. Portanto, seu relevo aplainado reduz o escoamento superficial e a consequente perda de solo, reduzindo também, o potencial erosivo.

Assim, na interpolação dos dados da morfometria do relevo, é aumentado o potencial erosivo, deixando claro que cada uma das variáveis exerce um peso de influência sobre as demais, resultando em um documento síntese, que transmite, de forma satisfatória, a característica desse relevo. Por esses fatores que a análise da dissecação vertical (**Figura 7** e **Tabela 4**) é necessária, pois identifica os patamares altimétricos que estão as vertentes e as inclinações do relevo, sendo que, quanto mais elevado estiver o terreno, maior será sua propensão às erosões, pois está mais distante do nível de base, das sub-bacias e microbacias, e, portanto, maior será a força gravitacional para carreamento de sedimentos dos solos.

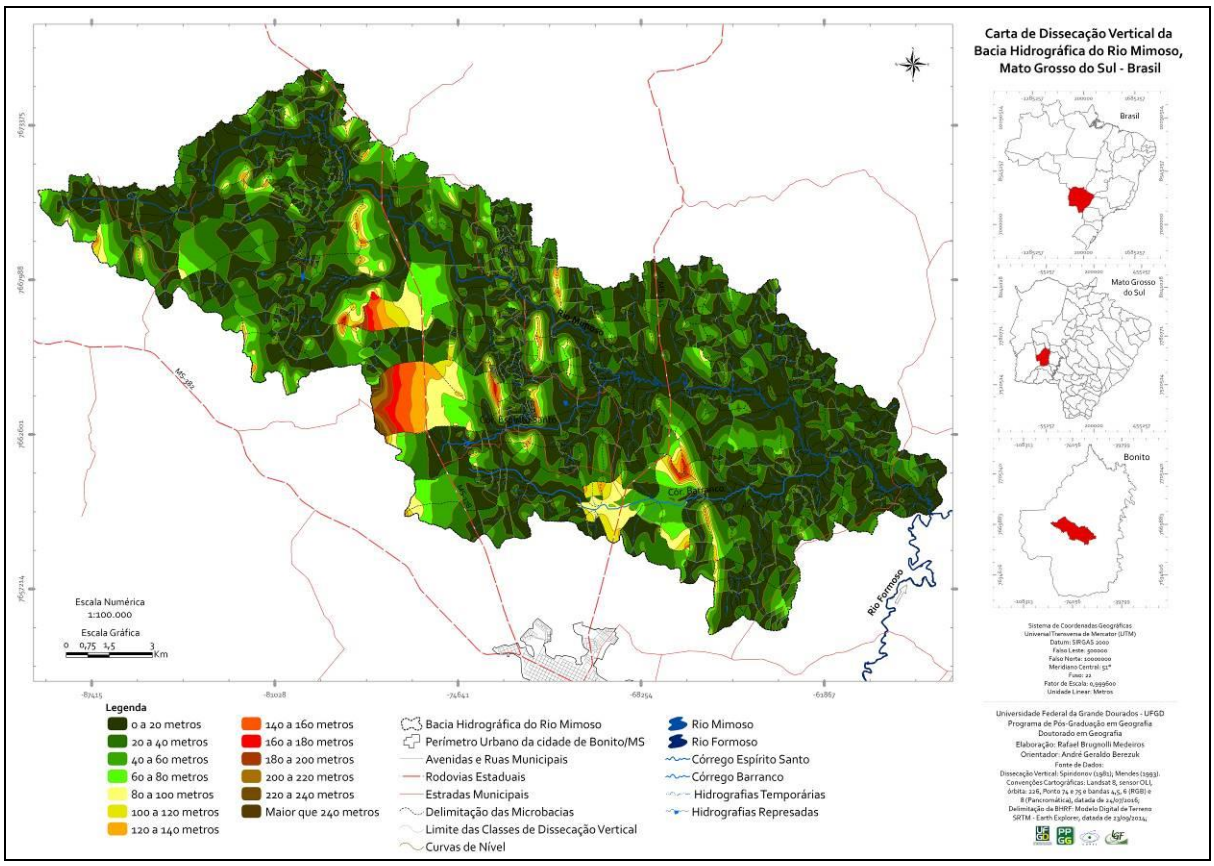


Figura 7: Carta de dissecação vertical do relevo da BHRM, Bonito/MS.

Tabela 4: Classes de dissecação vertical do relevo da BHRM, Bonito/MS.

Dissecação Vertical	Área	
	Km²	%
0,00 a 20,00	122,74	48,91
20,00 a 40,00	68,43	27,27
40,01 a 60,00	28,02	11,16
60,01 a 80,00	12,49	4,98
80,01 a 100,00	8,60	3,43
100,01 a 120,00	3,48	1,39
120,01 a 140,00	2,85	1,14
140,01 a 160,00	1,76	0,70
160,01 a 180,00	1,05	0,42
180,01 a 200,00	0,78	0,31
200,01 a 220,00	0,33	0,13
220,01 a 240,00	0,20	0,08
> 240,00	0,21	0,08
Total	**250,93**	**100,00**

Na análise da dissecação vertical não foi encontrado um padrão definido no relevo, visto que, existe uma diversidade muito grande de feições e características. Assim, para auxiliar na análise das classes de dissecação, pôde ser realizada uma compartimentação morfológica, por exemplo, no baixo curso da BHRM. Devido à grande complexidade da rede hidrográfica, as classes de dissecação vertical ficaram reduzidas, que apontam reduzida energia potencial erosiva do relevo para o referente critério.

No médio curso da BHRM, é possível a visualização da diminuição da rede de drenagem, assim, as sub-bacias e microbacias hidrográficas possuíram maiores áreas de abrangência, e consequentemente, a quantidade de curvas de nível em sua delimitação, tende a ser aumentada. Esse fator ficou evidente nas áreas a sudoeste e central da BHRM, onde as dissecações foram mais elevadas, não apenas à extensão das bacias, mas também, em alguns casos, devido ao aumento da declividade.

Já no alto curso da BHRM, caracterizada por planaltos e com declive reduzido, que geram poucas curvas de nível e consequentemente, reduzidas classes de dissecação vertical. Decorrente deste fato, observa-se na análise a maior área de abrangência que as duas primeiras classes ocupam (0 a 20 metros e 20 a 40 metros), 122,74 km² e 68,43 km² respectivamente. Fato este explicado, pela grande quantidade de curvas de nível existentes na bacia, devido ao seu relevo com grande variação altimétrica.

As classes de 40 a 60 metros e 60 a 80 metros foram encontradas no alto e médio curso da BHRM, em sub-bacias de maior extensão, bem como, sub-bacias que possuem, em seus limites, morros residuais e, consequentemente, vertentes mais íngremes que elevam a dissecação vertical.

A soma das demais classes não alcançaram área de 10 km² de extensão, sobretudo pela grande quantidade de mananciais hídricos existentes na BHRM, que acaba delimitando, de maneira detalhada, as sub-bacias e microbacias hidrográficas, não oferecendo grandes valores de dissecação vertical.

Com essa análise e com conhecimento da área de estudo, é possível constatar que as maiores classes de dissecação vertical foram encontradas em ambientes cársticos com rochas carbonáticas, sobretudo, devido ao seu relevo acidentado no médio curso, bem como, aos planaltos cársticos com bacias de maior extensão, da área da serra da Bodoquena, no alto curso da BHRM. Esses fatores evidenciaram e auxiliaram no entendimento dos processos erosivos que potencialmente podem afetar a BHRM.

A energia potencial erosiva do relevo, traz consigo, uma melhor compreensão e espacialização dessas áreas potencialmente propensas aos processos erosicionais. Por meio da junção dos documentos morfométricos do relevo, cada componente presente exerce um peso que determina sua fragilidade, seja pela inclinação do relevo, comprimento das rampas e altimetria das mesmas.

A proposta metodológica de Spidonov (1981) para as dissecações e de Mendes (1993) para a junção destas em uma carta morfométrica, **Figura 8** e **Tabela 5,** trouxe importantes avanços no estudo do relevo da bacia, bem como fornecedora de informações contribui com o planejamento e ordenamento preventivo, contra eventuais impactos ambientais.

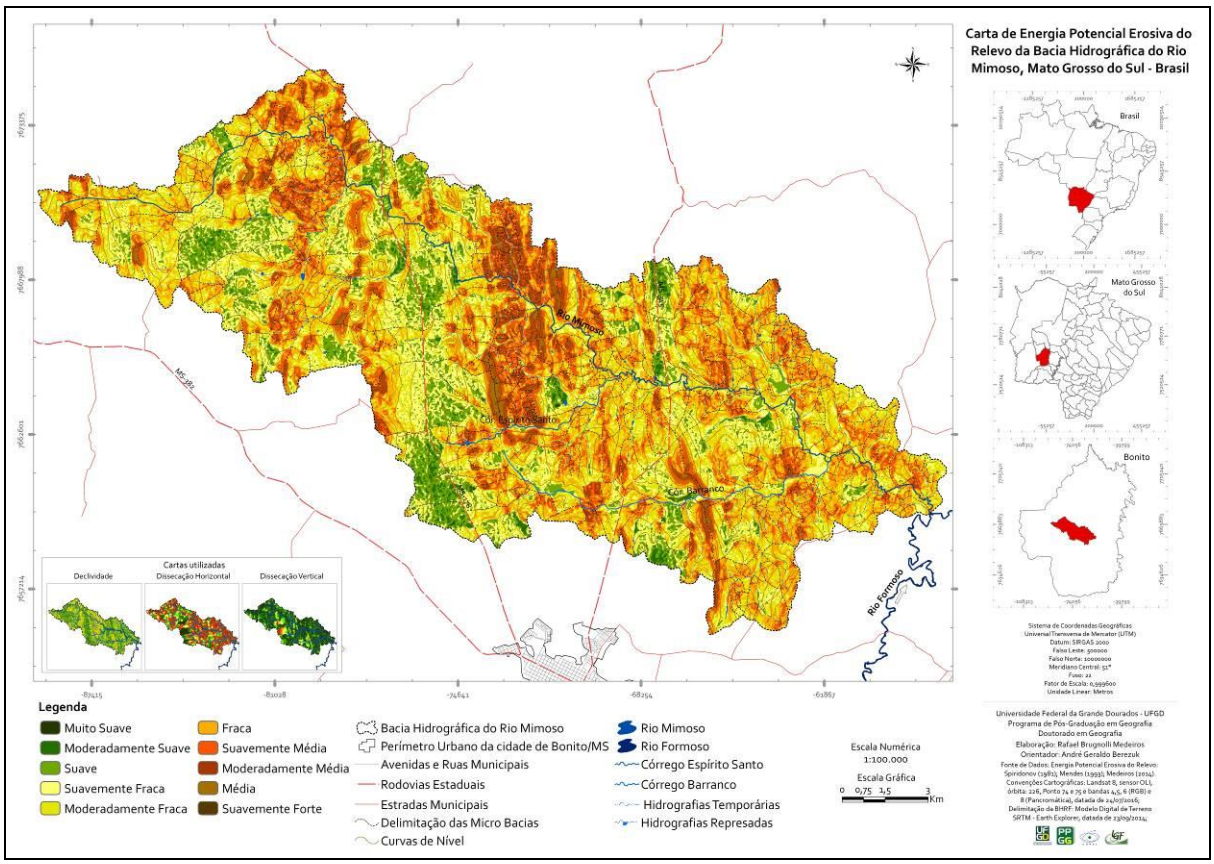


Figura 8: Carta de energia potencial erosiva do relevo da BHRM, Bonito/MS.

Tabela 5: Classes de energia potencial erosiva do relevo encontradas na BHRM, Bonito/MS.

Energia Potencial Erosiva do Relevo	Área	
	Km²	%
Muito Suave	0,05	0,02
Moderadamente Suave	4,14	1,65
Suave	24,41	9,73
Suavemente Fraca	44,59	17,77
Moderadamente Fraca	65,77	26,21
Fraca	62,79	25,02
Suavemente Média	33,71	13,44
Moderadamente Média	14,13	5,63
Média	1,31	0,52
Suavemente Forte	0,03	0,01
Total	**250,93**	**100,00**

A análise da energia potencial erosiva do relevo, posteriormente poderá ser correlacionada com outras variáveis do meio natural, social e antrópico, mostrando a necessidade dessa análise inicial, visto que, existem poucos estudos que levem em conta os aspectos físicos da área de estudo.

Com o mapeamento da energia potencial erosiva do relevo, é possível constatar que não foram encontradas classes forte e muito forte, pois, no processo de interpolação dos dados, não foram encontradas áreas que possuam maiores declives, rampas estreitas e altos patamares que proporcionariam estas classificações. Dessa forma, a diversidade encontrada

mostrou se altamente influenciada pela declividade, onde as áreas com maiores declives foram classificadas com os maiores potenciais erosivos. Já as áreas com menor potencial erosivo, foram encontradas em classes de 0,00% a 8,00% de declividade, além das rampas alongadas e patamares reduzidos.

A classe suavemente fraca abrange um total de apenas 0,05 km², pois são poucas as áreas em que possuam declives e patamares reduzidos e vertentes alongadas, encontradas apenas as margens da MS-178, a sudoeste da BHRM.

A classe moderadamente suave está presente em 4,14 km², sendo encontradas em locais que possuem declive de 0,00% a 8,00% e, sobretudo, vertentes alongadas do médio curso, tanto ao norte, sudoeste e sul da BHRM. Essas vertentes estão ocupadas, em sua maioria, por pastagens, visto que, permite utilização livre e ampla das terras e ainda favorece a agricultura, pois são áreas que, potencialmente, apresentam pouca perda de solo e poucos processos erosivos.

Os terrenos na classe de energia potencial erosiva suave englobam área de 24,41 km². Nesta área, constatam-se declives oscilando nas classes de 3,00% a 8,00%, gerando vertentes mais íngremes, além da presença de patamares altimétricos variados dispersos por todas as sub-bacias da BHRM, com pequena predominância no alto e médio curso, nas margens da rodovia MS-178.

A classe suavemente fraca abrangeu área de 44,59 km², caracterizada por vertentes estreitas e com declividades e dissecação vertical variada, não apresentando uma característica homogênea em sua gênese. Contudo, há de se destacar que inicia algumas limitações de uso das terras, visto que, apresenta, em algumas áreas, do alto e médio curso, declives mais acentuados, em patamares altimétricos mais elevados, necessitando do emprego de práticas de controle dos processos erosivos.

As classes moderadamente fraca e fraca abrangem área total de 65,77 km² e 62,79 km² respectivamente, sendo as maiores áreas de abrangência dentre todas as classes de energia potencial erosiva do relevo. Sendo assim, não apresentam uma característica definida e são encontradas ao longo de toda a BHRM, sobretudo em áreas próximas aos morros residuais, em relevo montanhoso, no médio curso e presentes nas áreas de divisores de água em todas as sub-bacias.

A Classe de energia potencial erosiva suavemente média apresenta algumas características principais, que são as vertentes estreitas, mesmo que não possuam uma alta declividade, com rios encaixados, muito próximos com os divisores de águas da bacia. Esta classe já se encontra muito próxima da classe de alta energia do relevo, sendo necessárias diversas medidas de controle dos processos erosivos, principalmente, nas áreas de maior

patamar altimétrico da BHRM. Desta última classe em diante, são maiores as probabilidades de ocorrerem impactos ambientais decorrentes do relevo, seja por sua inclinação, comprimento e altitude. Tanto que começa a se tornar mais localizada as áreas que abrangem essas classes. Com isso, as classes moderadamente média e média, também foram localizadas, em sua maioria, nas proximidades dos morros residuais do alto e médio curso e também na região montanhosa do médio curso, totalizando áreas de 14,13 km² e 1,31 km² respectivamente.

Com relação à classe suavemente forte, a mesma está localizada de forma específica no médio curso, na região montanhosa onde estão localizadas grandes cachoeiras do rio Mimoso, estes correm entalhados na litológica calcária, que predominam nessa área da bacia, como mostra a **Figura 9.**

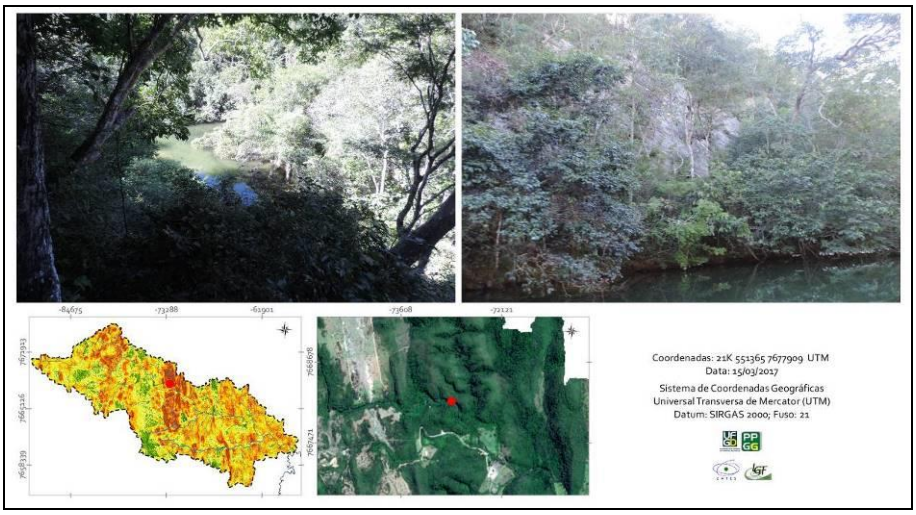


Figura 9: Local com maior potencial erosivo da BHRM, Bonito/MS.

Esse local em destaque está localizado em meio aos calcários da formação Tamengo, possuindo alta declividade, que alcançam até níveis maiores que 75,00%, em alguns pontos, apresentando também vertentes estreitas, que não chegam a 100 metros de comprimento, em relevo montanhoso. Essas áreas necessitando de controle das águas superficiais, para evitar forte ação erosiva, como a necessidade da manutenção da vegetação nativa que, por apresentar grande porte, não permite a desagregação do solo e reduz o escoamento superficial, reduzindo também, a possibilidade de ocorrer erosões.

CONCLUSÕES

A contribuição do mapeamento e da análise da energia potencial erosiva do relevo é notável, devido aos resultados mapeados que apontam para áreas com maior potencial do relevo propenso aos processos erosivos. E que, se correlacionada ao uso e cobertura da terra,

proporciona informações sobre suas limitações de usos e indicativos de técnicas e práticas de manejos conservacionistas, visando à redução da ação erosiva e consecutiva perda de solo e de recursos hídricos, quer por quantidade ou qualidade.

A carta de declividade apontou a grande variação de classes percentuais dos declives, que existem ao longo da BHRM, predominando no alto curso o relevo aplainado, com declives acentuados apenas nas proximidades com morros residuais e dos divisores de águas. No médio curso, a declividade é elevada, devido ao relevo montanhoso e a grande quantidade de morros residuais existentes, deixando os declives em vários pontos, com valores acima de 45%. No setor do baixo curso do rio Mimoso, ocorre predomínio de relevo aplainado a suavemente ondulado, onde as declividades alcançam o máximo de 20%, não oferecendo grandes limitações de uso para essas terras.

Somada à declividade, o mapeamento da dissecação horizontal se mostrou essencial na análise dos comprimentos das vertentes e na sua influência sobre o potencial erosivo dessa bacia. Sendo possível identificar vertentes alongadas apenas no médio curso, onde possui menos mananciais hídricos, que expressam um relevo aplainado ao sul e sudoeste da BHRM.

A dissecação vertical evidencia algumas características do relevo, sobretudo no alto e médio curso da bacia, que são os morros residuais, que elevam os patamares altimétricos das rampas e as inclinações do relevo, bem como, os grandes planaltos da serra da Bodoquena, que possuem vertentes alongadas no alto e médio curso, que traduzem, na dissecação vertical, alto poder gravitacional de transporte de sedimentos.

Com a interpolação e análise integrada entre os componentes morfométricos do relevo, é possível a identificação da energia potencial erosiva do relevo, que ficou caracterizada por apresentar variedade que segue a declividade, pois as áreas com maior potencial são exatamente as áreas que alcançaram classes de declividade maiores que 75%. Com isso, o potencial erosivo no médio curso se mostrou preocupante, possuindo diversas limitações de uso das terras.

Contudo, essa área possui ainda predominância da vegetação nativa florestal, que auxilia na manutenção do equilíbrio desses ambientes e deixam o solo protegido contra a ação das águas pluviais. Todavia, o avanço do plantio comercial de soja e milho em áreas de polje, avança sobre o tálus dos morros residuais, podendo gerar processos erosicionais nas sub-bacias que correm dos topos dos morros residuais até essas pequenas planícies cársticas.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo – USP. 1981.149p.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; e SANCHEZ, M. C. Técnicas de Elaboração, Possibilidades e Restrições de Cartas Morfométricas na Gestão Ambiental', **Geografia,** v. 28, no. 3, p.415-429, 2003.

CUNHA, C. M. L.; PINTON, L. G. A Cartografia do Relevo como subsídio para a análise Morfogenética de Setor Cuestiforme. **Mercator,** Fortaleza, v. 12, n. 27, p. 149-158, jan./abr. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

GOMES, W. M. **Fragilidade potencial natural da bacia hidrografica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS.** 2016. 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas. 2016.

MACHADO, A. C. P.; CUNHA, C. M. L. A Influência das Características Morfométricas do Relevo na Morfodinâmica: em estudo da Alta Bacia do Rio Itanhaém/SP. **Geociências,** v. 32, n. 2, p.298-316, 2013.

MAURO, C. A. et al. **Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP.** In: Encuentro de Geógrafos de América Latina, 3. Toluca, UAEM, v.4, 1991.

MEDEIROS, R. B. et al. Morfometria do Relevo da Bacia Hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Revista Formação,** v. 1, n. 24, p. 204 – 223, 2017.

MEDEIROS, R. B. **Procedimentos Metodológicos para análise da Vulnerabilidade Ambiental em Bacias Hidrográficas com um Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014.** 2016. 341f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas. 2016.

MENDES, I. A. A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba / SP. 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade e São Paulo, São Paulo, 1993.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. 5 ed. São Paulo: Ed. Contexto. 2000. 85p.

SATO, S. E.; CUNHA, C. M. L. O uso de técnicas morfométricas em municípios litorâneos: o caso de Mongaguá (SP). **Estudos Geográficos**, v. 5, n. 2, p. 1-20, 2007.

SPIRIDONOV, A. I. **Princípios de la metodologia de las investigaciones de campo y El mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Faculdad de Geografia, 1981. 3v.

TROPPMAIR, H. Estudo Comparativo de mapeamentos geomorfológicos. **Notícia Geomorfológica.** n.10, p.3-11, 1970.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Earth Explorer:** Imagens de radar SRTM. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em Março de 2016.