

ANÁLISE DO ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (IDR) NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO (SP)

Amaral, C.M. (UFRJ) ; Avelar, A.S. (UFRJ)

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar o Índice de Dissecação do Relevo (IDR) na área urbana do município de Campos do Jordão (SP) a partir da metodologia automatizada elaborada por Guimarães et al. (2017) através da matriz de classificação estabelecida por Ross (1994). Foram calculadas a dissecação vertical (DV) (amplitude altimétrica) e a horizontal (DH) (dimensão interfluvial média) a partir do MDE ALOS/PALSAR, de 12,5m de resolução espacial. Com a soma desses produtos (DV+DH) obteve-se o IDR. Desse modo, foi constatado as classes “Muito Forte”, para a proposição de Ross (1994) e, “Muito Fraca” e “Muito Forte” para as propostas (2A, 2B e 2C) de Guimarães et al. (2017). Entende-se que os resultados variam conforme o método aplicado e que adaptações são sugeridas de acordo com as características geomorfológicas de cada ambiente. Acrescenta-se a importância da realização do campo, pois é uma ferramenta intrínseca aos cálculos e mapeamentos das variáveis morfométricas.

PALAVRAS CHAVES

Índice de Dissecação do Relevo; Dissecação Vertical; Dissecação Horizontal; Morfometria; Modelo Digital de Elevação

ABSTRACT

This work aims to analyze the relief Dissection Index (DI) in the urban area of Campos do Jordão (SP) from the automated methodology developed by Guimarães et al. (2017) through the classification matrix established by Ross (1994). The Vertical Dissection (VD) (altimetric amplitude) and Horizontal Dissection (HD) (mean interfluvial dimension) were calculated from the DEM ALOS/PALSAR, with 12.5 m of spatial resolution. With the sum of these products (VD+HD) the IDR was obtained. It was found in this way, the classes "Very Strong", for the proposition of Ross (1994) and, "Very Weak" and "Very Strong" for the proposals (2A, 2B and 2C) of Guimarães et al. (2017). It is understood that the results vary according to the applied method and that adaptations are suggested according to the geomorphological characteristics of each environment. The importance of carrying out the field is added, as it is an intrinsic tool for the calculations and mapping of morphometric variables.

INTRODUÇÃO

A caracterização morfométrica do relevo refere-se principalmente aos seus parâmetros quantitativos como a mensuração de comprimento, largura, declividade, altura, curvatura, orientação e frequência de suas formas. Dentre os parâmetros morfométricos mais utilizadas, destaca-se o Índice de Dissecação do Relevo (IDR), indispensável à compreensão da (trans)formação das paisagens e importante subsídio ao planejamento e gestão ambiental (ROSS, 1994; FLORENZANO, 2008; MANTOVANI; BUENO, 2021). Um relevo dissecado é aquele onde a paisagem foi trabalhada pelos agentes erosivos (GUERRA, 2008). Morfometricamente, o IDR considera o grau de entalhamento do vale que corresponde a amplitude altimétrica entre o topo e o fundo de vale de referência (dissecação vertical), e a dimensão interfluvial média, que se refere a medida do tamanho dos interflúvios (dissecação horizontal) (ROSS, 1992; 1994; GUIMARÃES et al., 2017; LIMA, 2018; MARQUES NETO, 2020). O IDR permite analisar as relações morfogênese-pedogênese, segmentar o relevo e as unidades de paisagem, avaliar a fragilidade ambiental, detecção de áreas de risco, bem como ter uma melhor compreensão da distribuição dos processos e contextos morfogenéticos. Consequentemente, fornecer informações importantes ao planejamento do uso da terra e sua ocupação. (GUIMARÃES et al., 2017; MARQUES NETO, 2020; MANTOVANI; BUENO, 2021). Áreas com maior densidade de dissecação tendem a apresentar maior proximidade entre as linhas erosivas, o que pode vir a restringir processos de uso e ocupação do terreno nesses locais. Ademais, em relação

à ocorrência e à suscetibilidade aos movimentos de massa, as áreas mais propícias são aquelas que detêm amplitude de dissecação considerável, devido à ação da gravidade potencializada pelos desníveis altimétricos significativos. Nas porções da paisagem com dissecação vertical mais brandas, onde os vales são mais abertos e a declividade menos acentuada, predominam os rastejamentos (creep) e as erosões laminares (MARQUES NETO, 2020). Spiridonov (1981) e Hubp (1988) desenvolveram métodos analógicos que se baseiam nas bases planialtimétricas, abastecidas com as informações da distância entre rios (dissecação horizontal) e da diferença de altitude entre fundos de vale e topos (dissecação vertical). (MARQUES NETO, 2020). Ross (1992; 1994) apresenta, a partir de adaptação do Projeto RADAMBRASIL, uma matriz do Índice de Dissecação do Relevo (IDR), classificada em Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte. Nos últimos anos, metodologias que envolvem uma rotina semi e/ou automatizada estão mais em evidência, principalmente pelo uso em larga escala do Sistema de Informações Geográficas (SIGs) e dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), como os trabalhos de Ferreira et al (2014; 2015), Sampaio e Augustin (2015), Guimarães et al. (2017), Lima (2018), Berila e Isufi (2021); Mantovani e Bueno (2021) entre outros. Desse modo, este trabalho objetivou calcular e analisar o Índice de Dissecação do Relevo (IDR) da área urbana do município de Campos do Jordão, estado de São Paulo, a partir da metodologia aplicada por Guimarães et al. (2017) que apresentaram uma rotina automatizada do cálculo de IDR para cada pixel. O MDE utilizado foi do satélite ALOS, sensor PALSAR, que apresenta resolução espacial de 12,5m. O software escolhido para os cálculos e a espacialização dos resultados foi o QGIS 3.28 (Firenze), por ser de uso livre e gratuito.

MATERIAL E MÉTODOS

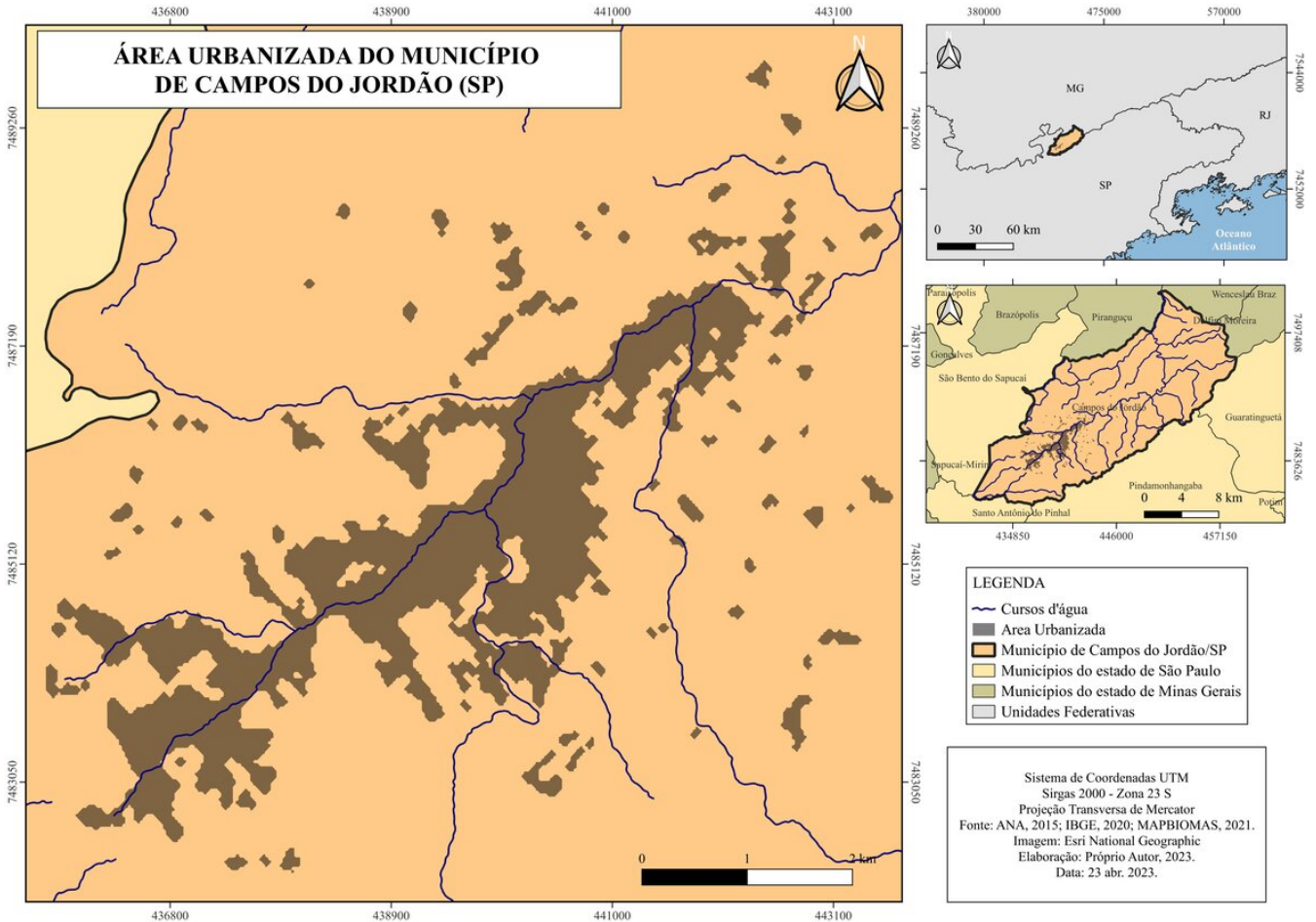
O recorte espacial é a área urbana do município de Campos do Jordão, estado de São Paulo, que possui 47 789 habitantes (IBGE, 2010). Sua área total é de 289,98 Km² e a área urbana corresponde a 9,77 Km², aproximadamente 3,4% do território (IBGE, 2020; MAPBIOMAS, 2021). Inserindo-se na Serra da Mantiqueira, Campos do Jordão caracteriza-se morfoclimaticamente como Domínio de Mares de Morros (AB'SÁBER, 2012) e está a 1 628m de altitude, chegando a 2000m em alguns locais. O rio Capivari, principal canal de drenagem, se desenvolve na direção SO-NE, elevando-se abruptamente em sua margem esquerda, e mais suavemente, ainda que acidentado, na margem direita (ROSA FILHO, 2006; IG, 2014). A Mata Atlântica é o bioma original predominante e os tipos vegetacionais são os de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, ambas com formação Alto-Montana (IBGE, 2012). O clima é majoritariamente do tipo Subtropical úmido com presença constante de ar mais frio ocasionado pelas elevadas altitudes da Serra da Mantiqueira, podendo ocorrer geadas durante o ano (NOVAIS; GALVANI, 2022). A metodologia segue o proposto e executado por Guimarães et al. (2017) através das seguintes etapas: 1) aquisição, tratamento e preparação do MDE; 2) mapeamento do grau de entalhamento dos vales (dissecação vertical); 3) mapeamento da dimensão interfluvial média (dissecação horizontal); e 4) cálculo dos valores de dissecação do relevo conforme a matriz proposta por Ross (1994). Os materiais utilizados foram o MDE ALOS/PALSAR, com pixel de 12, 5m de resolução espacial; malhas territoriais; delimitação da área urbanizada; e a rede de drenagem ottocodificada. Todos foram disponibilizados gratuitamente pelo Alaska Satellite Facility (ASF), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Projeto MAPBIOMAS e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), respectivamente. A elaboração dos cálculos e mapeamentos se deram em ambiente de geoprocessamento com o software QGIS 3.28. Na primeira etapa, após a aquisição do MDE, foi realizada a reprojeção de WGS 84 - UTM Zona 23 Sul para Sirgas 2000 - UTM Zona 23 Sul e criado um buffer de 5km a partir do limite municipal, objetivando amenizar possíveis erros, ruídos e efeitos de borda, além de agilizar o processamento desses dados. Na segunda etapa foi realizada uma correção do MDE ("r.fill.dir") para preenchimento de pixels, gerando um arquivo sem depressão. Em seguida foi feito a inversão desse novo MDE, multiplicando-o por (-1) na "calculadora raster", para gerar a direção de fluxos ("r.fill.dir") e a correção de seus vazios ("preencher sem dados"). Posteriormente foi criado o arquivo de "meias bacias" ("r.watershed") e, também, corrigido os seus vazios. Esse arquivo matricial é vetorizado e aplicado o valor de altimetria a partir dos dados do MDE sem depressão ("Estatísticas Zonais"), finalmente obtendo-se os valores da amplitude altimétrica que são denominados como Dissecação Vertical. Para a terceira etapa acionou-se a tabela de atributos do arquivo vetorizado e, por meio da "calculadora de campo", foram estabelecidos a área (A); o perímetro (P); o comprimento da bacia

(L), definido pelo perímetro dividido por dois; e a largura média da bacia (L^-), medido pela altura dividida pelo comprimento da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980; LIMA, 2018). A Dissecação Horizontal é, portanto, igual ao valor da largura média. Por fim, na quarta etapa, com a calculadora de campo, substituiu-se os valores obtidos em DV e DH pelos valores propostos na matriz de Ross (1994). Em seguida foi realizado a soma (DV + DH), gerado o IDR, feito a conversão para arquivo matricial e aplicado as quatro propostas aqui elencadas: (1) de Ross (1994) e as alternativas (2A, 2B e 2C) de Guimarães et al. (2017). Após realizar essas operações, o produto foi recortado novamente com o arquivo do limite municipal estabelecido pelo IBGE (2020) e publicado em escala de 1: 42 500.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz do IDR proposta por Ross (1994) inspirada e adaptada dos trabalhos do projeto RADAMBRASIL é baseada na relação de densidade de drenagem e dimensão interfluvial média, assim como nos graus de entalhamento dos canais de drenagem, voltados para a determinação dissecação horizontal e vertical respectivamente. As categorias morfométricas foram estabelecidas em: Muito Fraca (11); Fraca (12, 21, 22); Média (13, 23, 31, 32, 33); Forte (14, 24, 34, 41, 42, 43, 44); Muito Forte (15, 25, 35, 45, 51, 52, 53, 54, 55). Assim, para Campos do Jordão, segundo a proposta de Ross (1994), a área urbana do município apresenta somente a classe “Muito Forte”, dado que os valores de IDR obtidos foram 15, 25, 35, 45 e 55 (Figura 3). Guimarães et al. (2017) reforçam que a proposta de Ross (1994) induz as classes mais altas e, por esse motivo, fica predominante essa tendência de resultados com dissecação do relevo muito forte. Deste modo, essas áreas são potencialmente mais erodíveis, o que condiz com a dinâmica geomorfológica local. Analisando-se frente às três propostas de Guimarães et al. (2017), 2A, 2B e 2C, considerando os resultados de IDR 15, 25, 35, 45 e 55, a área urbana se configura em dois extremos: IDR “Muito Fraca”, predominantemente nas áreas de fundo de vale, e “Muito Forte”, preferencialmente nas encostas (Figura 3). Para o restante do município também é constatado somente essas duas classes. No trabalho de Guimarães et al. (2017) ressalta-se que as áreas com maior dissecação do relevo são aquelas com elevados declives, vales mais encaixados e aprofundados em forma de V, havendo dimensão interfluvial pequena. Por outro lado, as áreas menos dissecadas são aproximadamente planas e que possuem baixa densidade de drenagem. Desta maneira, Campos do Jordão possui uma caracterização geomorfológica compatível com áreas de alta potencialidade de dissecação, principalmente devido ao predomínio de encostas declivosas e escarpadas, vales encaixados e pequenas planícies de inundação. Sendo assim, a proposta 1 de Ross (1994) é mais generalista em relação as propostas 2A, 2B e 2C de Guimarães et al. (2017). Entretanto, ao considerar as configurações geomorfológicas do ambiente municipal observados em campo e, também, conforme destacado acima, fica claro que a proposta de Ross (1994) apresenta um resultado mais fidedigno, visto que as outras propostas expandem muito a classe “Muito Fraca” para além das áreas que deveriam estar. No que tange a distribuição espacial em si, a classe “Muito Forte” de Ross (1994), detém 100% da área mapeada, seja para a área urbana ou para o município como um todo. Em contraposição, conforme a classificação de Guimarães et al. (2017) a unidade que detém maior significância em relação ao município como todo (66,83%) é a “Muito Forte” e a classe “Muito Fraca” detém maiores porções considerando apenas a mancha urbana (67,53%) (Tabela 1). Por fim, observa-se que a utilização do MDE ALOS/PALSAR e do software QGIS 3.28 se mostraram eficientes em relação ao mapeamento direto, visto que, da área total do município (289,98 Km² - IBGE, 2020), foram contemplados 289,75 km² e apenas - 0,23 km² de defasagem. Em relação a área urbana (9,77 Km² - MAPBIOMAS, 2021) houve um decréscimo de - 0,04 Km², sendo o total mapeado de 9,73 Km².

Figura 1 - Recorte espacial de estudo.



Localização da área de estudo. Figura inserida na seção inicial "Materiais e Métodos".

Figura 2 – Categorias classificatórias do IDR por Ross (1994) e Guimar

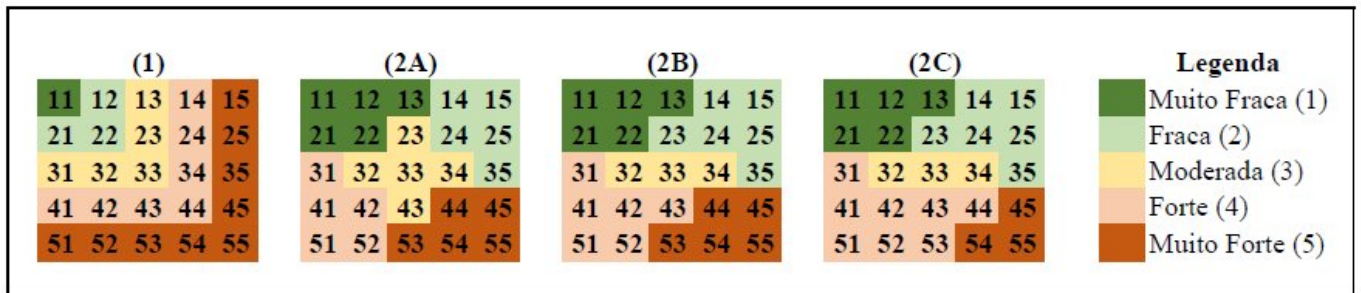
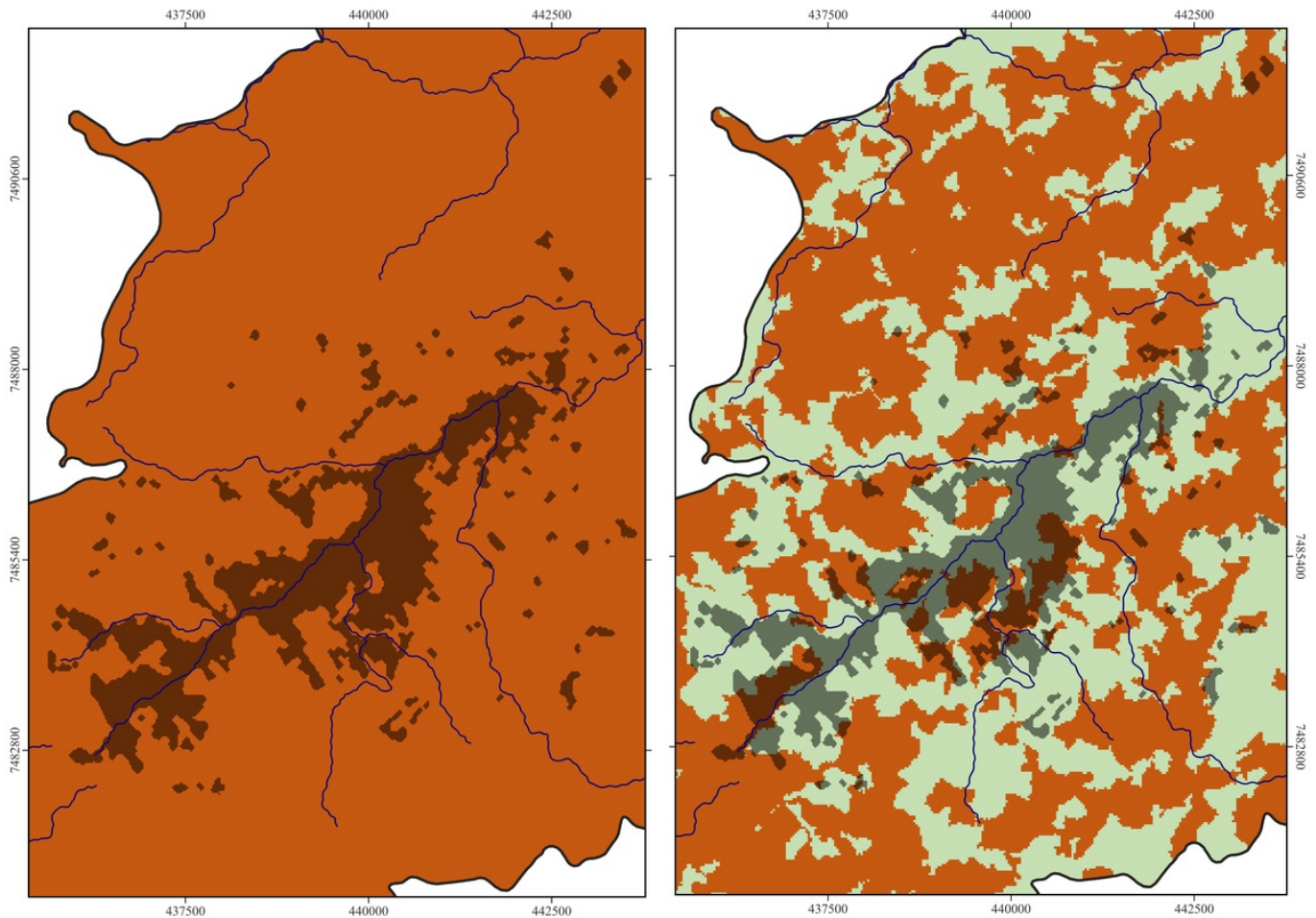


Figura está inserida na seção "Materiais e Métodos" e mostra as propostas que foram aplicadas.

Figura 3 – Índice de Dissecação do Relevo (IDR) da área urbana de Camp



ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (IDR) DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO/SP

LEGENDA

- Cursos d'água
- Área Urbanizada
- Limite municipal

ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (IDR)

ROSS (1994)

Muito Forte (15, 25, 35, 45, 55)

GUIMARÃES et al. (2017) (2A/2B/2C)

Muito Fraco (15, 25, 35)

Muito Forte (45, 55)



Sistemas de Coordenadas UTM
Sirgas 2000 - Zona 23 S
Projeção Transversa de Mercator



Fonte: JAXA, 2011; ANA, 2015;
IBGE, 2020; MAPBIOMAS, 2021.
Elaboração: Próprio Autor, 2023.
Data: 23 abr. 2023.

A Figura 3 é o resultado do IDR. Está inserida na seção "Resultados e Discussão".

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Dissecção do Relevo (IDR) se apresenta como um importante produto para os estudos geomorfológicos, principalmente àqueles ligados a dinâmica de movimentos de massa em áreas urbanas e o seu processo de uso e ocupação. De um modo geral, a metodologia aplicada por Guimarães et al. (2017) se mostrou eficiente para a área urbana de Campos do Jordão. Porém, ressalta-se que os trabalhos de campo devem, impreterivelmente, ser considerados para fins de confirmação ou refutação dos resultados. Os valores do IDR dependem diretamente das características geomorfológicas de cada área bem como dos produtos e métodos utilizados para o seu cálculo. Dessa forma, aconselha-se a aplicação dos métodos e classificações existentes, mas considerando a possibilidade de adaptações frente a realidade de cada local, conforme o interesse do estudo, que aqui no caso são os movimentos de massa. Por fim, entende-se que a quantificação e análise do IDR é fundamental aos estudos geomorfológicos e da Gestão de Risco de Desastres, principalmente no que tange a relação das ações antrópicas sob o meio.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento à pesquisa de doutoramento através de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 7ª. Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 158 p.
- BERILA, A.; ISUFI, F. Determination of Dissection Index (DI) using GIS & RS techniques: a case study on drenica river basin. *Folia Geographica*, v. 63, n. 1, p. 5-18, 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª. Ed. São Paulo: Blücher, 1980. 183p.
- FERREIRA, M. V.; TINÓS, T. M.; PINTON, L. G.; CUNHA, C. M. L.; A dissecação horizontal como parâmetro morfométrico para avaliação do relevo: proposta de técnica digital automática. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 4, 585-600, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i4.553.
- FERREIRA, M. V.; TINÓS, T. M.; PINTON, L. G.; CUNHA, C. M. L. A cartografia da dissecação vertical para avaliação do relevo: proposta de técnica automática. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 67/6, p. 1231-1245, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n6-44639.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 11-30.
- GUERRA, A. J. T. Novo dicionário Geológico-geomorfológico. 6ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.
- GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do Índice de Dissecação do Relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, n. 1, p. 155-167, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i1.1163.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ª. Ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Representações cartográficas da estrutura territorial brasileira em nível de estado, município, distrito e subdistrito (Malha Territorial). Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- IG - Instituto Geológico. Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens do Município de Campos do Jordão (SP). São Paulo: Instituto Geológico. Relatório Técnico, 2014. 4 Volumes.
- LIMA, J. S. Estudo integrado da paisagem, geomorfologia e geotecnologias: proposta de automatização dos índices de dissecação do relevo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. 37p.
- MANTOVANI, J. R.; BUENO, G. T. Uma proposta metodológica para mapear a dissecação do relevo e aplicá-la no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. *GEOUSP*, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas - Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Disponível em: < https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-

BR>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MARQUES NETO, R. Cartografia geomorfológica: revisões, aplicações e proposições. Curitiba: CRV, 2020. 174p.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, USP, v. 42, p. 1-21, 2022. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630

ROSA FILHO, A. Percepção geográfica de escorregamentos de encostas em favelas nas áreas de risco – Campos do Jordão – SP. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006. 214p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, USP, v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, USP, n. 8, p. 63-74, 1994. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de Concentração da Rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n. 1, p. 47-60, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.376.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 4.105 de 26 de junho de 1984. Declara área de proteção ambiental a região urbana e rural do Município de Campos do Jordão.