

OBTENÇÃO DE ÍNDICES GEOMORFOLÓGICOS A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EM SUPERFÍCIE MODELADA E SUA INFLUÊNCIA COM EVENTOS DE DESLIZAMENTOS NA BACIA DO VALE DO CUIABÁ - PETRÓPOLIS (RJ)

Igor Vieira Vargas Colares*

Luis Felipe Barreto de Oliveira*

Rodrigo Sá de Araujo**

Manoel do Couto Fernandes***

Resumo: Existe uma série de alternativas para trabalhar com a dimensionalidade dos elementos de uma paisagem, e mesmo assim o geoprocessamento possui uma limitação estabelecida pela não consideração da irregularidade do espaço a ser analisado. Com o intuito de entender como as diferentes observações em superfície planimétrica (SP) e modelada (SM) podem se comportar mediante as mensurações morfológicas, o presente trabalho busca comparar resultados de índices geomorfológicos obtidos a partir destes dois tipos de observações na bacia do rio Cuiabá, localizada no município de Petrópolis (RJ). Todo estudo foi desenvolvido na escala de 1:10.000 compilada das bases topográficas onde foram construídas os índices geomorfológicos em superfície planimétrica, tais como Gradiente Topográfico (Gt), Densidade de Drenagem (Dd) e Índice de Eficiência de Drenagem (IED). Resultados mostraram um significado aumento para superfície modelada em relação à planimétrica, principalmente em relação a medidas de área e comprimento de drenagem, com um aumento médio de 18.58% e 6.31% respectivamente. Os cálculos destes índices geomorfológicos, possibilitam observar novas informações que se aproximam mais da realidade.

Palavras-chave: índice de eficiência de drenagem, eixo de concavidade, índices geomorfológicos.

* Bacharelados em Ciências Matemáticas da Terra – BCMT/UFRJ - igorcolares@ufrj.br; luisbarreto@ufrj.br

** Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa – rodrigoaraujo.ufrj@gmail.com

*** Professor Associado do Departamento de Geografia da UFRJ – manoel.fernandes@ufrj.br.

OBTAINING GEOMORPHOLOGICAL INDEX FROM OBSERVATIONS IN PATTERNED SURFACE AND ITS INFLUENCE WITH LANDSLIDE EVENTS IN CUIABÁ VALLEY BASIN - PETROPOLIS (RJ)

Abstract: There are many alternatives to work with the dimensions of the elements of a landscape, and even then the GIS has a limitation established by not consider the irregularity of the space to be analyzed. Aiming to understand how the different observations on behavior in a planimetric surface (SP) and patterned surface (SM) by variations of size and morphological measurements, this work seeks to compare results of geomorphological indices obtained from these two types of observations in the Cuiaba river basin, located in the city of Petropolis (RJ). Every study was developed on the scale of 1:10.000 topographic compiled bases where were built geomorphological indices in planimetric surface, such as Topographic Gradient (TG), Drainage Density (Dd) and Drainage Efficiency Index (DEI). Results showed a significant increase for the patterned surface in relation to the planimetric, mainly concerning measurements of area and length of drainage, with an average increase of 18.58% and 6.31%, respectively. The calculations of these geomorphological indexes, shows the opportunity to observe new information that approach the reality.

Keywords: drainage efficiency index, hollow, geomorphological indices.

LA OBTENCIÓN DE ÍNDICES GEOMORFOLÓGICOS A PARTIR DE OBSERVACIONES EN LA SUPERFICIE MODELADA Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS ACONTECIMIENTOS DE RESBALONES EN LA CUENCA DEL VALLE DE CUIABÁ

Resumen: Un número de alternativas para trabajar con la dimensionalidad de los elementos de un paisaje, e incluso entonces el GIS tiene una limitación establecida al no considerar la irregularidad del espacio que va a analizarse. Con el fin de entender cómo las diferentes observaciones en superficie planimétrica (SP) y modelado (SM) pueden comportarse mediante mediciones morfológicas, este trabajo pretende comparar los resultados de los índices geomorfológicos obtenidos de estos dos tipos de observaciones en la cuenca del río Cuiabá, ubicados en la ciudad de Petrópolis (RJ). Todo estudio se desarrolló en la escala de 1: 10.000 topográfico compilado a partir de bases donde los índices geomorfológicos se construyeron en la superficie planimétrica, como gradiente topográfico (Gt), densidad de drenaje (Dd) y el Índice de Eficiencia de drenaje (IED). Los resultados mostraron un aumento de la superficie en forma significativa en relación con el planimétrico, especialmente en relación con las mediciones de área y el drenaje de longitud, con un incremento medio del 18.58% y 6.31%, respectivamente. Los cálculos de estos índices geomorfológicos,

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

permiten observar la nueva información que están más cerca de la realidad.

Palabras clave: drenaje ratio de eficiencia, eje de la convexidad, índices geomorfológicos.

Introdução

Nas últimas décadas os avanços em pesquisas científicas e ferramentas para análises, tais como softwares e instrumentos para a pesquisa em campo, obtiveram melhoramentos de forma acelerada. Este avanço inclui também melhoramentos na área de geoprocessamento, que por sua vez é uma técnica que cada vez mais se torna essencial para estudos da morfologia de um terreno. Tais estudos são de grandes relevâncias, pois a análise e observação dos fenômenos ocorridos em relevos acidentados podem auxiliar na prevenção de eventuais movimentos de massa, como por exemplo, os que assolaram a região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Porém existem cuidados a serem tomados devido à variação de altitude do relevo, pois os estudos são alcançados através de observações em superfície planimétrica (bidimensional), não atentando a variação altimétrica, ou seja, a rugosidade da paisagem.

Em locais com relevo acidentado, como o do presente artigo, uma leitura da paisagem numa coleta de dados a partir de superfícies planimétricas, ou seja, em uma representação do relevo de forma bidimensional (2D), plana, existe contraste se compararmos com a mesma análise dos dados a partir de observações em superfície modelada. Esta diferença é observada devido ao fato das mensurações em superfície modelada levar em consideração as diferenças altimétricas do relevo, fornecendo uma leitura tridimensional (3D) da paisagem.

Os processos geomorfológicos se expressam através desta tridimensionalidade da paisagem por meio das diferenças altimétricas e das formas geométricas das encostas. E de acordo com Coelho Netto (1995), esses elementos são de fundamental importância na análise da dinâmica hidrológica e erosiva de uma paisagem. Assim, o seu melhor entendimento passa pela adoção de observações em superfície modelada.

O presente estudo visa comparar e analisar a adoção de observações em superfície

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

planimétrica (SP) e superfície modelada (SM) do índice geomorfológico de eficiência de drenagem (IED) na bacia do rio Cuiabá. O índice de eficiência de drenagem (IED) é apresentado por COELHO NETTO et al. (2007), e define um valor proporcional à capacidade do relevo em drenar a água superficial de uma bacia e, por envolver parâmetros morfométricos de área e comprimento, possui respostas diferentes quando são adotadas as análises em superfície modelada e planimétrica. Para tanto, serão assumidas estas observações para as mensurações de área da bacia, comprimento de drenagem e concavidades, e densidade de drenagem.

O Vale do Cuiabá é uma localidade definida pela bacia do rio de mesmo nome, que está localizado no distrito de Itaipava, município de Petrópolis, que se encontra na região serrana do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Esta bacia possui um desnivelamento altimétrico de 1100 m, variando de 760 m no outlet da bacia até 1860 m no pico Maria Antonieta, que é um dos divisores da bacia. Este forte desnivelamento em uma área relativamente pequena (36,19 Km² em superfície planimétrica) resulta em declives acentuados que muitas vezes superam os 75% de declividade (Botelho, 1996).

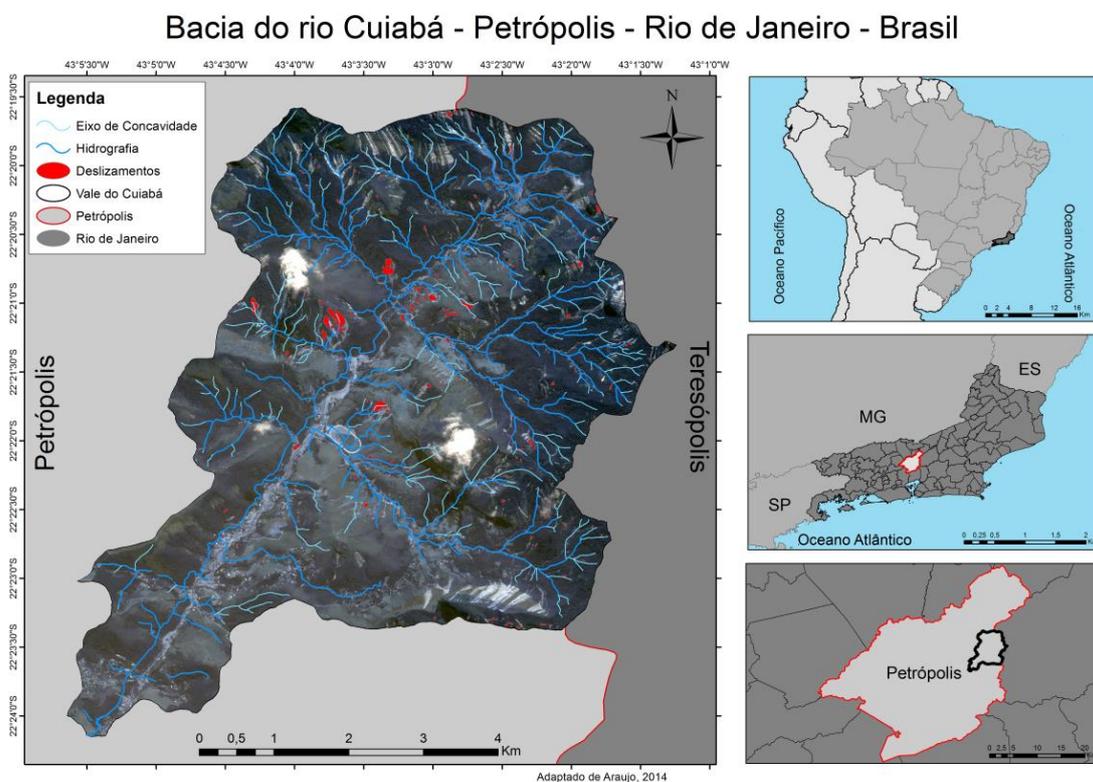


Figura 1. Localização do vale do rio Cuiabá.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

Esta bacia hidrográfica é do tipo circular, caracterizada por um forte controle estrutural que confina o rio principal, rio Cuiabá, em uma fratura que se estende no sentido NE-SO. A de uma maneira geral apresenta uma pequena variação litológica, com o predomínio de gnaisses. Os solos são predominantemente rasos e a vegetação não possui enraizamento profundo em função da espessura do solo e da pobreza em nutrientes. A região apresenta uma alta concentração pluviométrica, principalmente no verão quando são registrados casos de chuvas com volume próximo de 100mm/dia. Diante destas características, que possuem relação bem intensa, torna se importante toda à análise e estudo da hidrografia e seus índices geomorfológicos com o intuito de compreender os movimentos de massa que ocorrem nesta localidade.

Os movimentos de massa podem ser classificados quanto à velocidade de escoamento de materiais abaixo, o tipo de material envolvido, a geometria do terreno e a presença ou não de água. Os tipos comumente conhecidos, são o rastejamento, que tem por características movimentos lentos e contínuos, possuindo escoamento difuso, explicando assim a convexidade de encostas que as apresentam; as corridas de massa que estão ligadas a um rápido processo de escoamento de solo ou do composto de solo e rocha com massa de aspecto viscoso, podendo possuir ou não uma superfície de movimentação; os desmoronamentos que também são rápidos no deslocamento, porém movimentam um bloco de terra, ocorrendo em vertentes íngremes, sendo comum em cortes de encosta; os escorregamentos, que possuem movimentos rápidos, mas com limites laterais e profundidades definidos, apresentando geometria planar, circular ou em cunha.

Este último tipo de movimento de massa é o mais característico da região de estudo. Os escorregamentos podem ser rotacionais ou translacionais. O primeiro está frequentemente associado a cortes na base das vertentes, sejam para implementação de estradas ou por erosão fluvial. O escorregamento translacional raso, de ocorrência mais frequente na bacia rio do Cuiabá, tem seu desenvolvimento associado a causas naturais e a influência antrópica de modificação da paisagem. Grande parte dos escorregamentos ocorridos na alta bacia do rio Cuiabá, originadores dos processos interconectados de corrida de lama e detritos, foram constituídos por esse tipo de

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

movimento, também mencionados por alguns autores como aqueles que mobilizam quase que exclusivamente o horizonte superior de solos, ou seja, possuem caráter planar (Fernandes & Amaral, 2000; Santos, 2004; Gonçalves & Guerra, 2006; Guerra, 2007). Estes movimentos de massa podem por vezes atingir uma dinâmica subsuperficial, dependendo do desenvolvimento pedogenético encontrado. Outra característica intrínseca a estes movimentos é que estes possuem um plano de ruptura definido, geralmente côncavo e de forma repentina, de curta duração.

Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos foram utilizadas metodologias encontradas na literatura nacional e internacional. Algumas metodologias sofreram adaptações necessárias, a fim de atender o propósito da pesquisa. Desta forma, foi distribuída em três etapas (Figura 2).

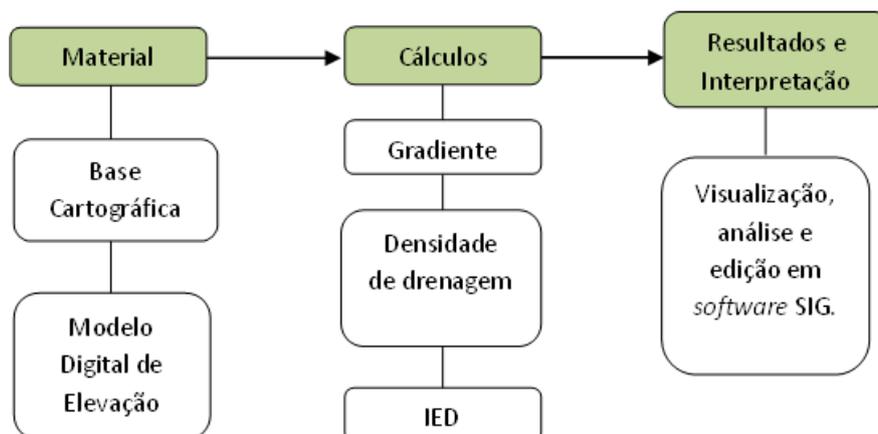


Figura 2. Etapas da metodologia.

Na primeira etapa houve o reconhecimento da área, levantamento bibliográfico e a aquisição da base cartográfica do município de Petrópolis, na escala de 1:10.000, fornecida pela Prefeitura Municipal de Petrópolis. Na base cartográfica fornecida pela Prefeitura Municipal de Petrópolis foram encontrados alguns erros nos vetores de hipsometria e de drenagem como, por exemplo, linhas com erros altimétricos, linhas que se cruzavam e linhas desconexas, e assim foram feitas as devidas correções.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

Além disso, os movimentos de massa ocorrido no evento catastrófico de 12 de janeiro de 2011 foram delimitados a partir do uso de uma imagem WorldView II do tipo Ortho Ready Standard Level-2A (ORS2A), adquirida em 28 de setembro de 2011, com ângulo off-nadir 22,5° e resolução radiométrica de 8 bits, contendo as bandas multiespectrais com resolução espacial de 2 m e a banda pancromática com resolução espacial de 0,5 m, incluindo arquivos Rational Polynomial Coefficient (RPC).

Para o presente estudo foram adotadas apenas as bacias de 2ª ordem, pois foram observados resultados mais consistentes e satisfatórios para a comparação das superfícies planimétrica e modelada, como proposto por Araújo (2014). Outro motivo importante se deve ao fato de cerca de 80% dos deslizamentos ocorridos serem encontrados nas bacias de 2ª ordem. Foram delimitadas 41 bacias de 2ª ordem, de acordo com a classificação de STRALHER (1952), como podemos ver na figura 3.

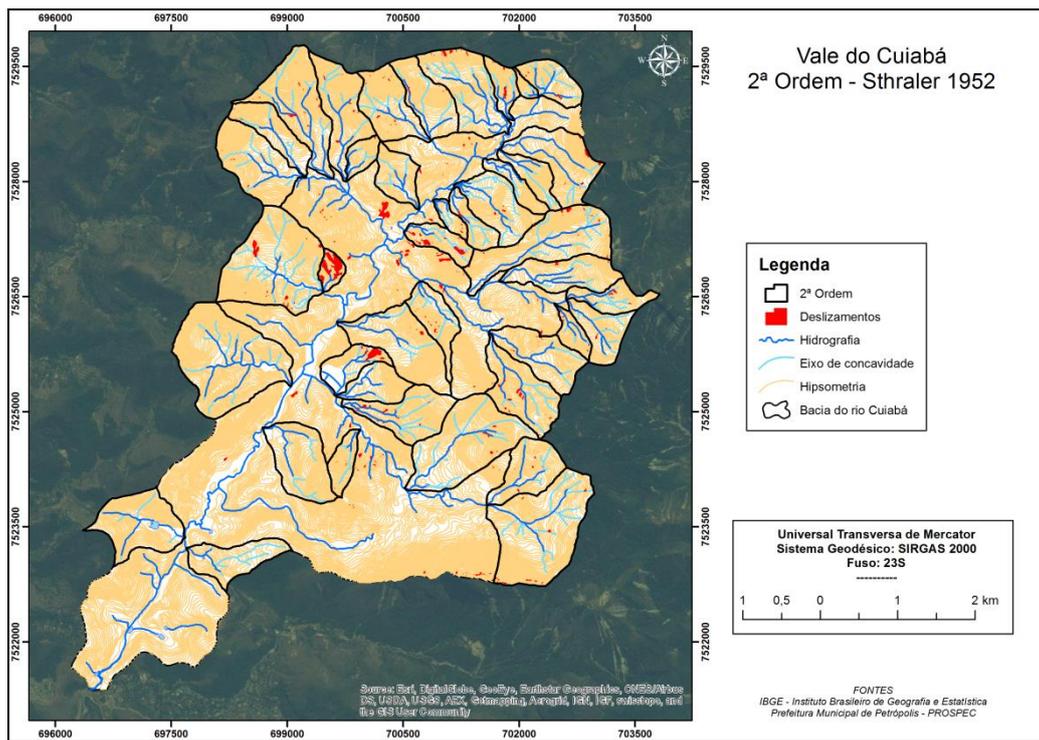


Figura 3. Bacias de segunda ordem, total de 41.

Na segunda etapa foi gerado o modelo digital de elevação (MDE), a partir dos dados hipsométricos da base cartográfica utilizada. Na área de estudo, devido a seu relevo bem acentuado e irregular, optou-se pelo uso do método grade irregular triangular

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

(Triangular Irregular Net - TIN) com o algoritmo de ajuste linear. Fernandes & Menezes (2005) indicam o uso deste tipo método de construção de MDE para obtenção de observações em superfície modelada em áreas com relevo acentuado.

Na última etapa foram feitos os cálculos dos índices geomorfológicos, tais como densidade de drenagem (Dd) e gradiente topográfico (GT). A partir destes dois índices foi obtido o Índice de Eficiência de Drenagem (IED). Toda a estrutura dos índices foram aplicados em superfície planimétrica, e posteriormente em superfície modelada, afim de adquirir uma melhor compreensão das observações nas diferentes superfícies e analisa-las quanto suas respostas.

A densidade de drenagem (Dd) é um índice associada ao escoamento superficial que indica a capacidade de dissecação da estrutura da superfície em função da drenagem. Este índice se expressa através da relação entre o comprimento de drenagem e a área da bacia de segunda ordem, como apresentado por STRAHLER (1952) ($Dd = \text{Comprimento total da drenagem} / \text{Área da bacia de 2ª ordem}$). O gradiente topográfico é razão calculada a partir do comprimento do eixo da bacia pela amplitude de cada sub bacia de 2ª ordem. Este índice gera um valor adimensional que representa a transformação da energia potencial em cinética, indicando um parâmetro de avaliação da morfologia fluvial, no que diz respeito a velocidade de escoamento e a carga sedimentar relacionada.

Com os índices geomorfológicos descritos, foi obtido um mapa de resultante analítico-integrativa (índice de eficiência de drenagem – IED) que é definido por ser o valor resultante do produto dos elementos estruturais e funcionais de gradiente da bacia (Gt) pela densidade de drenagem (Dd), sendo assim: $IED = Gt \times Dd$. O IED, apresentado por COELHO NETTO et al. (2007), define um valor proporcional à capacidade do relevo em drenar a água de superfície de uma bacia e, por envolver parâmetros morfométricos de área e comprimento de drenagem, possuindo respostas diferentes quando são adotadas as análises em superfície modelada e planimétrica.

Este índice mostra elevada relação com os movimentos de massa das bacias, incluindo os deslizamentos translacionais rasos. A resposta hidrológica para este índice se mostra ainda mais pertinente quando considerados os eixos de concavidade, que

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

possuem um fluxo saturado, e diante de eventos pluviométricos intensos a ocorrência de deslizamentos aumentam.

Dentro do índice a densidade de drenagem também foi considerada utilizando o eixo de concavidade para essas bacias de segunda ordem. A inclusão dos eixos para o cálculo do comprimento da drenagem pode ser observados na figura 4. Estes eixos são feições que promovem o acesso da água presente na superfície da bacia ao rio, portanto caracterizam zonas de convergência de fluxos, sendo parte integrante do escoamento superficial, junto com a drenagem permanente. Assim, sua adoção promove uma relação mais completa com a dinâmica real da área.

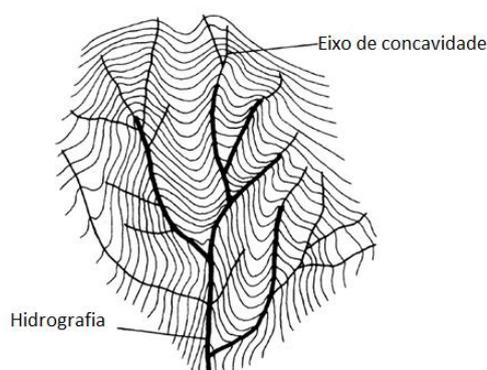


Figura 4. Indicação do eixo de concavidade e hidrografia dentro de uma bacia hidrográfica

Posteriormente, estes índices foram comparados e analisados a partir de dois tipos de observações para buscar entender os diferentes comportamentos gerados. Foram obtidos resultados para o IED com o acréscimo dos eixos de concavidade e também apenas com a drenagem permanente, buscando uma comparação dentro das bacias de drenagem.

Resultados

Os resultados apontaram para um aumento significativo em superfície modelada em relação à planimétrica, principalmente no que tange as mensurações de área e comprimento de drenagem, com um incremento médio de 18,58% e 5,31%, respectivamente. Esse comportamento aponta decisivamente para a diminuição dos

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

valores de densidade de drenagem nas bacias de segunda ordem, visto que foi percebido um maior aumento nas observações de área em relação às de comprimento de drenagem. Foi observada também uma mudança significativa quando implementado os eixos de concavidade somados a drenagem. Houve um percentual de diferença de 8,19% para o total da drenagem somado aos eixos. O índice de eficiência de drenagem também apresentou uma redução quando comparado entre a SP e a SM. Para o IED, sem considerar o eixo de concavidade houve um decréscimo de -10,88% comparando as superfícies. Já adicionando os eixos, esse decréscimo reduziu para -8,37%. Na tabela 1 pode se observar a diferença entre os valores obtidos a partir das observações em superfície planimétrica e modelada.

Tabela 1. Valores comparativos entre SP e SM

VARIÁVEL	Superfície	Superfície	Diferença (%)
	Planimétrica (SP)	Modelada (SM)	
Comprimento Total de Drenagem	58604,473 (m)	61716,175 (m)	5,31
Comprimento Total de Drenagem + Eixo de concavidade	113315,403 (m)	122591,972 (m)	8,19
Área Total	21437759,529 (m ²)	25420061,287 (m ²)	18,58
IED Médio (Total de Drenagem - Eixo de Concavidade)	0,050 (m/m ²)	0,044 (m/m ²)	-10,88
IED Total (Total de Drenagem + Eixo de Concavidade) Médio	0,091 (m/m ²)	0,083 (m/m ²)	-8,37

Estas diferenças também interferem na representação espacial dos índices analisados, onde mantendo uma mesma categorização a intervalos iguais, as bacias mudam de classes de acordo com as observações utilizadas. Esta variação interfere diretamente, também, na representação cartográfica da distribuição desses valores, que podem ser observadas nos mapas de IED sem os eixos (Figura 5-I e 5-II), onde 11 bacias sofreram redução de classes.

Comparando os mapas de IED com o acréscimo dos eixos (Figura 6-I e 6-II), é possível observar que 14 bacias tiveram suas classes reduzidas.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

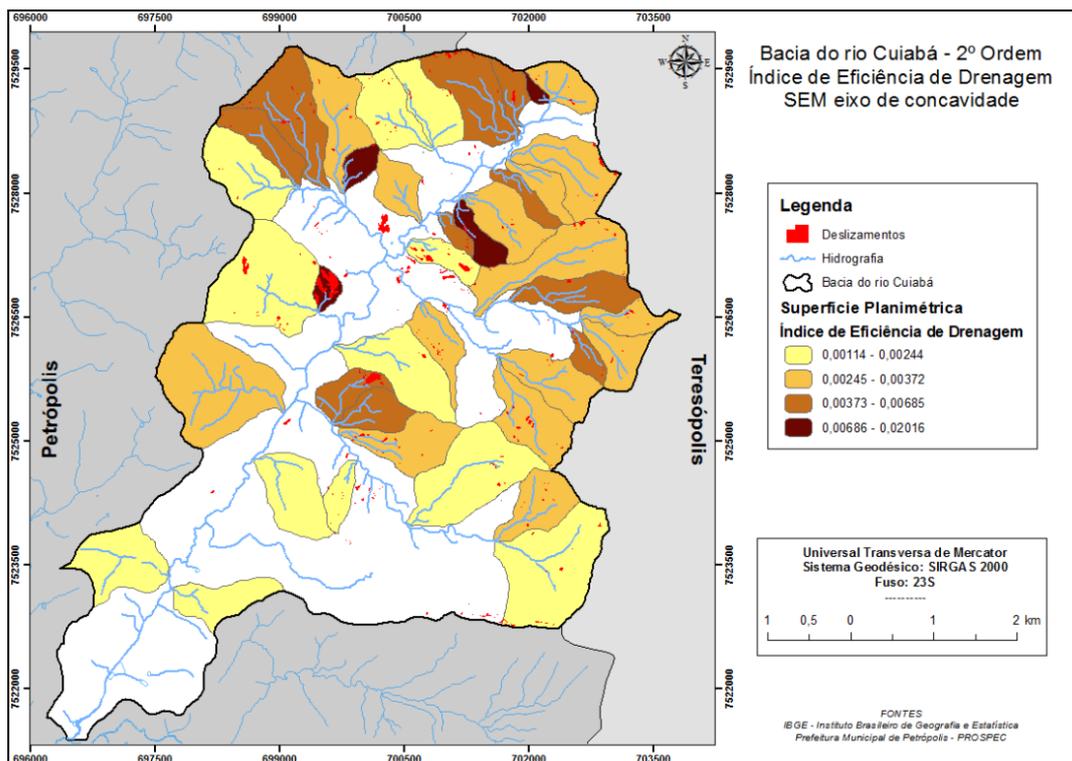


Figura 5-I. IED sem os eixos de concavidade em superfície planimétrica.

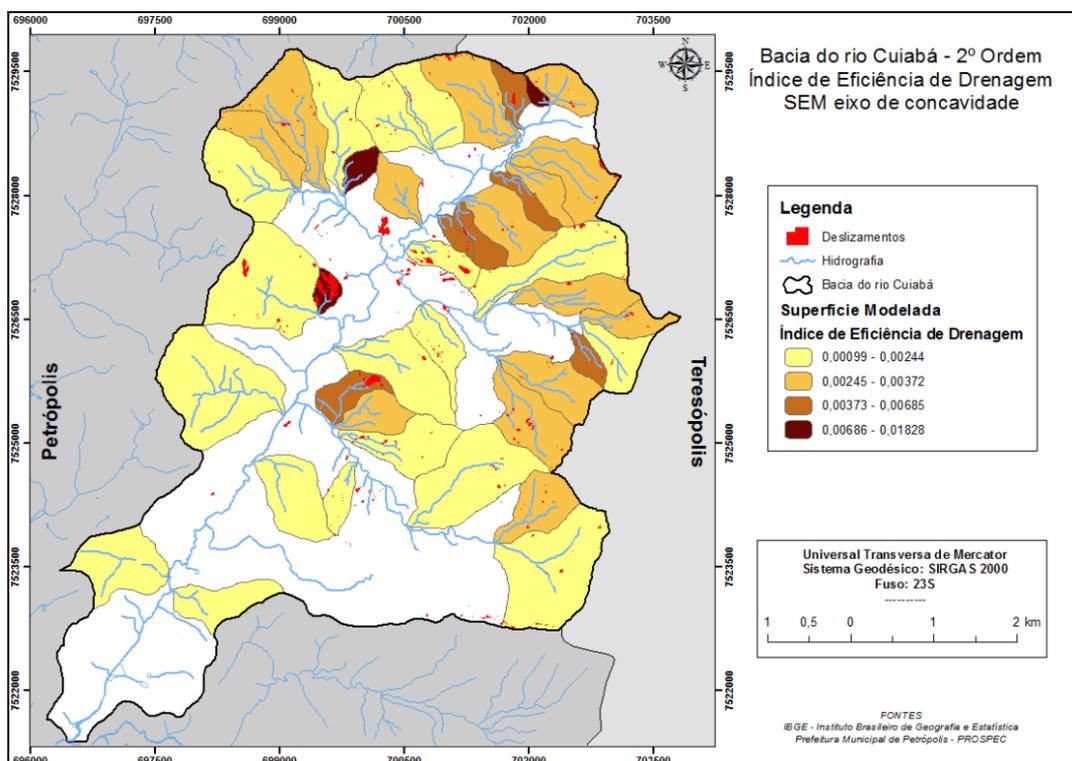


Figura 5-II. IED sem os eixos de concavidade em superfície modelada.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

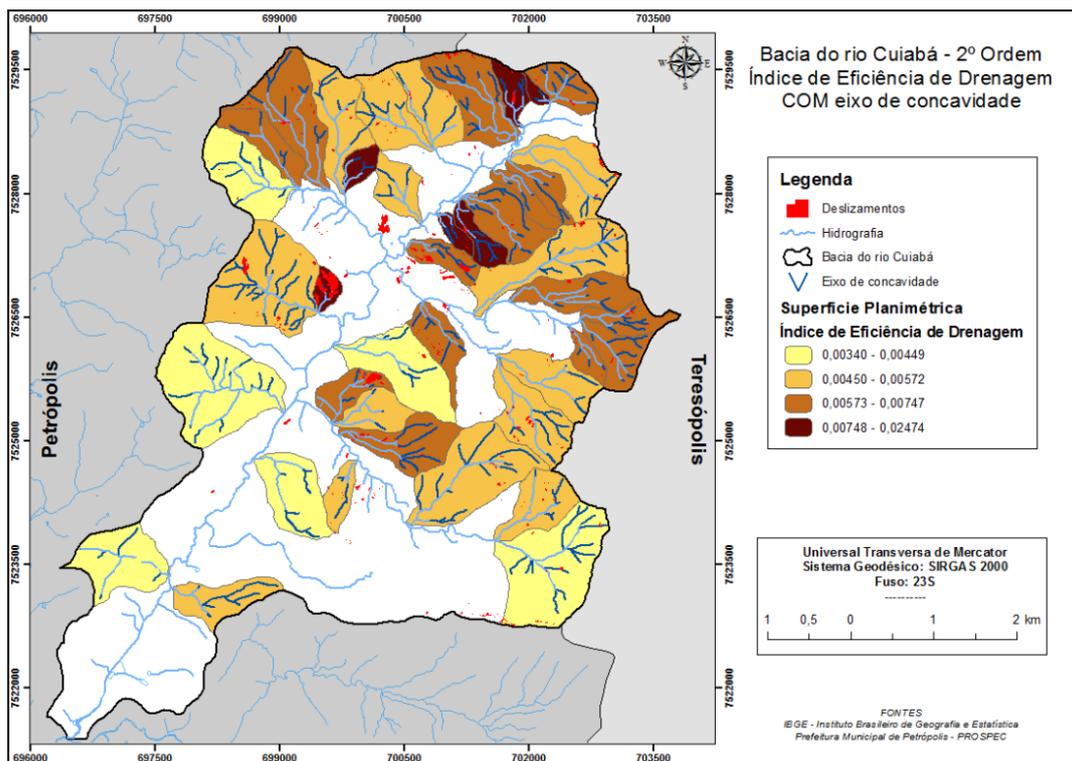


Figura 6-I. IED com os eixos de concavidade em superfície planimétrica.

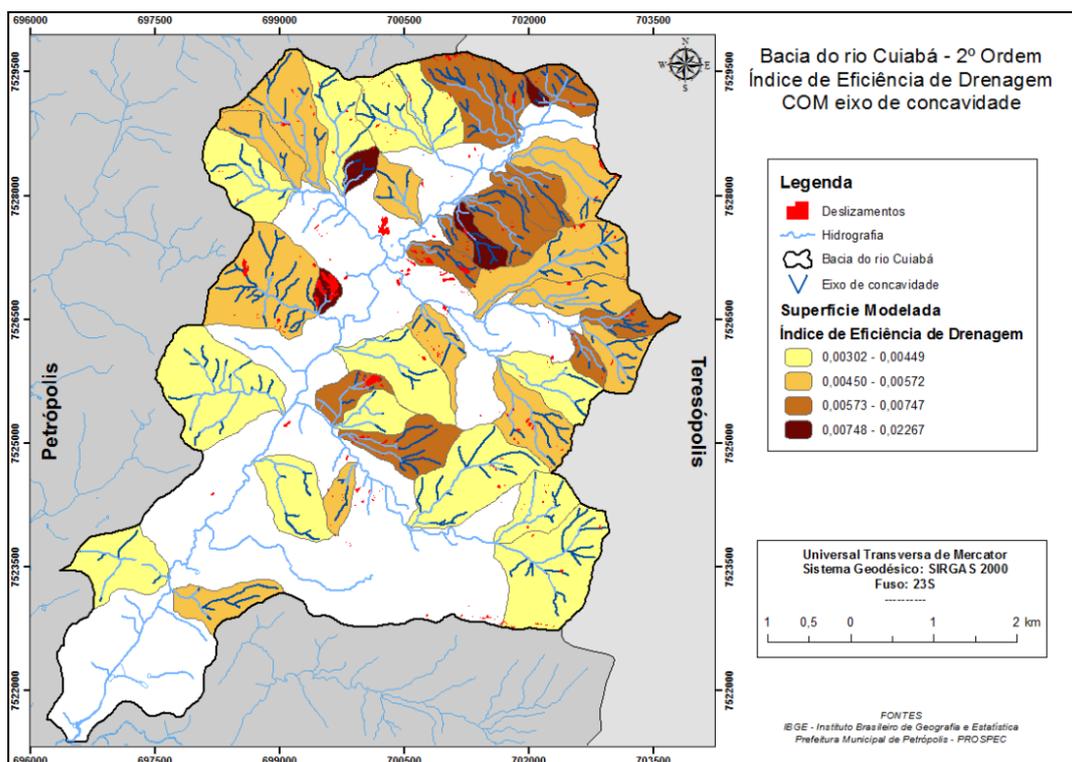


Figura 6-II. IED com os eixos de concavidade em superfície modelada.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

As diferenças percentuais, quando levado em conta o eixo de concavidade refletem em uma menor variação do IED, dentro da comparação nas duas superfícies. Estes resultados reforçam a importância de cuidados em leituras geomorfológicas em terrenos que apresentam grande variedade de amplitude.

Conclusão

A velocidade do escoamento está intimamente ligada ao índice de eficiência de drenagem mostrando a importância da consideração do relevo, principalmente quando o mesmo ocorre em áreas com grandes declividades e susceptibilidade a ocorrência de eventos morfogênicos intensos. Para o uso de dados mais consistentes, no que diz respeito à drenagem, a declividade influencia na passagem da água pela superfície, tornando assim a importância da relevância para estudo em superfície modelada, uma vez que apresenta resultados que diferem da representação em superfície planimétrica.

No estudo de caso, onde se propôs trabalhar o comportamento de índices geomorfológicos, tornou-se importante levar em consideração o modelo tridimensional da área, onde foram utilizados os dados que mais se aproximam da realidade encontrada, pois suas interpretações se aproximam de leituras geomorfológicas da paisagem real.

Para a pesquisa o principal índice geomorfológico trabalhado foi o de eficiência de drenagem, uma vez que para obtenção do mesmo, diversos cálculos foram elaborados, levando em consideração tanto a superfície planimétrica quanto a superfície modelada. Constou-se um significativo incremento nos valores obtidos para a superfície modelada, efetuando assim mudanças nos valores, reduzindo desta maneira o IED.

Os cálculos desses índices geomorfológicos mostram a oportunidade de observar novas informações que se aproximam da realidade. Uma vez que, nesta pesquisa, o relevo é levado em consideração nos cálculos, podendo desta forma modificar o resultado quando comparado as observações em superfície planimétrica.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*

Referências bibliográficas

- ARAUJO, R.S. *Avaliação de índices geomorfológicos em Superfície Planimétrica (SP) e Superfície Modelada (SM), Vale do Cuiabá, Petrópolis – Rio de Janeiro, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH). Universidade Nova de Lisboa. 2014.
- BOTELHO, R. G. M. *Identificação de unidades ambientais na Bacia do rio Cuiabá (Petrópolis-RJ) visando o planejamento de uso do solo*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), 1996. UFRJ. Rio de Janeiro.
- COELHO NETTO, A.L. (1995) Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (org) *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2ª ed.: 93 - 148.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S.; FERNANDES, M.C. & LACERDA, W.A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain. *Geomorphology*. Amsterdam, 2007. 87(3): 120-131.
- FERNANDES, N.F. & AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: Uma abordagem geológico-geomorfológico. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs). *Geomorfologia e meio ambiente*. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- GONÇALVES, L.F.H. & GUERRA, A.J.T. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs) *Impactos ambientais urbanos do Brasil* 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- GUERRA, A.J.T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. *A questão ambiental: diferentes abordagens*. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- SANTOS, A. R. *A Grande Barreira da Serra do Mar – da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Bandeirantes*. O Nome da Rosa Ed. São Paulo, 122p. 2004.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society American Bulletin*, vol. 63, p. 923-938.
- FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. 2005. Comparação entre Métodos para Geração de MDE para a Obtenção de Observações em Superfície Real no Maciço da Tijuca-RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, 57 (2): 154-161.

Trabalho enviado em outubro de 2015.

Trabalho aceito em dezembro de 2015.

Igor V. V. Colares, Luis Felipe B. de Oliveira, Rodrigo S. de Araujo e Manoel do C. Fernandes, *Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)*