

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 Colares¹
Luis Felipe Barreto de Oliveira¹
Rodrigo Sá de Araujo²
Manoel do Couto Fernandes¹

1- Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
(igorcolares@ufrj.br; luisbarreto@ufrj.br; manoel.fernandes@ufrj.br)

2- Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa – UNL
(rodrigoaraujo.ufrj@gmail.com)

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. In this sense, the analysis in the patterned surface has a greater accuracy regarding the measurements in the landscape, as in the case of geomorphological analysis. 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). They were extracted for 41 basins second order of the Cuiaba River Valley. The indices Dd and DEI were applied to patterned surface after creating an DEM from hypsometry. Besides these two indices was also considered the hollow for these second-order basins, which are part of the runoff, together with the hydrographic. 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. When coupled with the hollow shaft of hydrography, where there was a percentage difference of 8.63% for the total drainage, showing a significant accretion when analyzing a projection closer to the real. The runoff velocity is closely linked to the drainage efficiency index of showing the importance of considering the relief, especially when it shows with a accentuated altimetry variation. For the use of more consistent data regarding the drainage slope influences the water runoff through the surface, thus making the importance of relevance to study patterned surface. The calculations of these geomorphological indexes, shows the opportunity to observe new information that approach the reality.

Keywords: drainage efficiency index, hollow, geomorphological indices.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os avanços em pesquisas científicas obtiveram melhoramentos de forma acelerada. Assim também como as ferramentas para análises, tais como *softwares* e instrumentos para a pesquisa em campo. Sabemos que os estudos da morfologia de um terreno são de grande relevância para análises, prevenção de

diversos fenômenos, além do aproveitamento das potencialidades da área em estudo e quanto melhor os instrumentos para estudá-las, maior a precisão. A obtenção de índices geomorfológicos, extraídos a partir da morfologia do terreno, podem ser adquiridos por técnicas de geoprocessamento. Tais técnicas auxiliam muito a pesquisa, porém há de ter muita atenção devido à variação do relevo, pois são alcançadas através de projeções em superfície planimétrica, não atentando a variação altimétrica, ou seja, a realidade da paisagem.

Em locais com relevo bem acentuado, como o do presente artigo, a obtenção de dados a partir de projeções em superfície planimétrica contém uma disparidade maior com a realidade, se comparar com os dados colhidos em projeções de superfície modelada. Os processos geomorfológicos se expressam através da tridimensionalidade da paisagem por meio das diferenças altimétricas e das formas geométricas das encostas. De acordo com Coelho Netto (1995), esses elementos são de fundamental importância na análise da dinâmica hidrológica e erosiva de uma paisagem. Para melhor entender, em visão tridimensional, se faz a partir de uma leitura integrada, dentro de cada nível hierárquico de bacia de drenagem, que é a unidade geomorfológica básica para esse tipo de análise.

O presente estudo visa a comparação e influência destes índices geomorfológicos tanto para superfície planimétrica (SP) como para superfície modelada (SM). Além dos índices já comumente avaliados como densidade de drenagem, área de drenagem entre outros, foi desenvolvido o índice de eficiência de drenagem (IED) na bacia do rio Cuiabá. Esse índice, apresentado por COELHO NETTO *et al.* (2007), 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 de drenagem, possui respostas diferentes quando são adotadas as análises em superfície modelada e planimétrica.

O Vale do rio Cuiabá está localizado no distrito de Itaipava, município de Petrópolis, que se encontra na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). O desnível altimétrico é de aproximadamente de 1000m, variando de 760 m a 1860 m, tendo o pico Maria Antonieta como seu ponto culminante e as áreas mais baixas próximas à foz do rio Cuiabá. Este forte desnível altimétrico em uma área relativamente pequena (36,19 Km² em superfície planimétrica) resulta em declives acentuados que muitas vezes superam os 75% de declividade (Botelho op. cit.).

Os deslizamentos encontrados são do tipo translacional raso, caracterizados por escorregamentos que ocorrerem em um plano de ruptura definido (geralmente côncavo, como visto em grande parte da região) e de forma repentina, possuindo curta duração. A característica mais relevante para o presente estudo, é o fato de estar associado a saturação do solo, tendo uma relação importante com o índice de eficiência de drenagem.

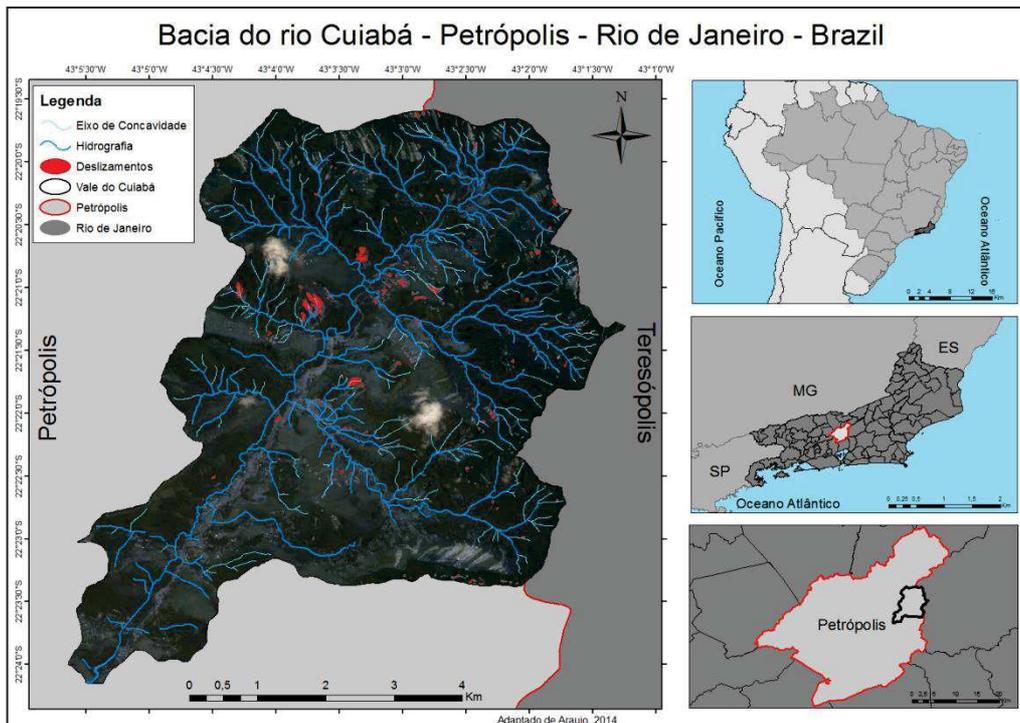


Figura 1. Localização do vale do rio Cuiabá.

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).

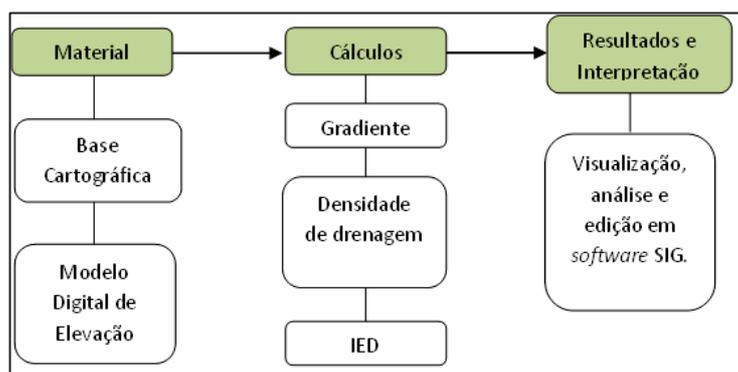


Figura 2. Etapas da metodologia.

Na primeira atividade 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. Foi feito uso da imagem WorldView 2, sendo utilizada para vetorização dos deslizamentos.

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.

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. Foram delimitadas 41 bacias de 2ª ordem, de acordo com a classificação de STRALHER (1952), como podemos ver na figura 3.

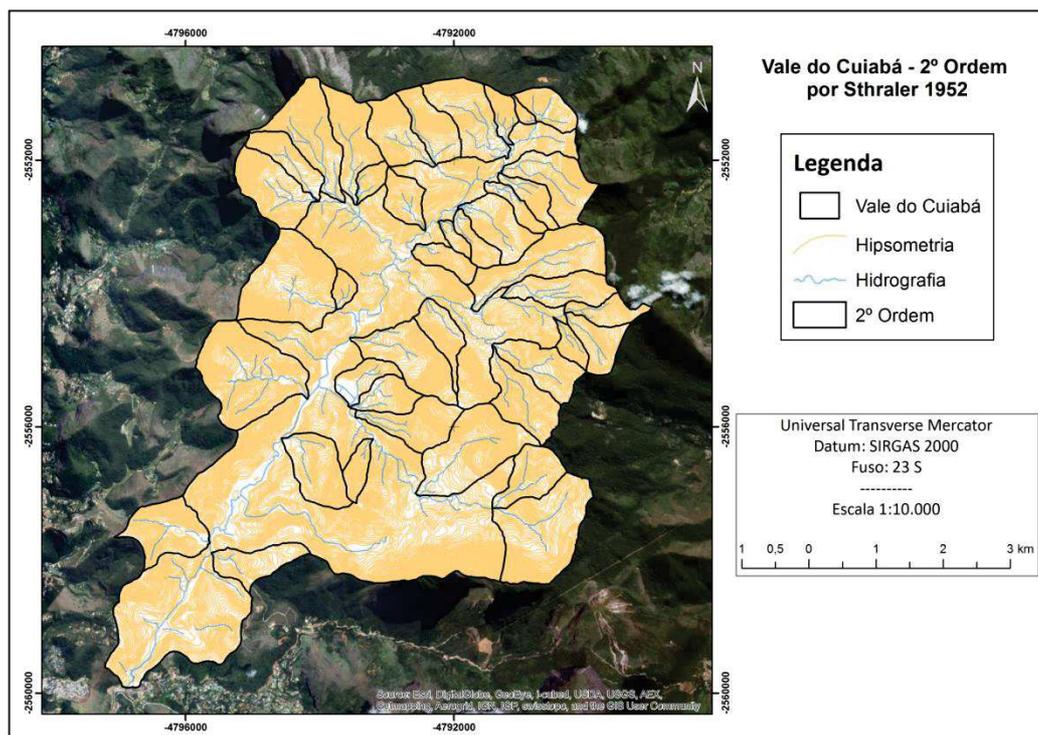


Figura 3. Bacias de segunda ordem, total de 41.

Na segunda atividade foram gerados o modelo digital de elevação (MDE). Na área de estudo optou-se pela grade irregular triangular (*Triangular Irregular Net* - TIN) que obteve como método de interpolação o algoritmo de ajuste linear.

Na última atividade, foram feitos os cálculos dos índices geomorfológicos, tais como densidade de drenagem (Dd) e índice de eficiência de drenagem (IED), tanto em superfície planimétrica como em modelada, sendo esta última após a criação do MDE. A densidade de drenagem (Dd) foi obtida através da relação entre o comprimento de drenagem e a área da bacia de segunda ordem, como apresentada por STRAHLER (1952) ($Dd = \text{Comprimento total da drenagem} / \text{Área da bacia de 2}^{\text{a}} \text{ ordem}$). Relacionando com a área de estudo, é observada uma pequena variação na litologia e a presença de falhas no vale. A Dd é adaptada ao relevo estrutural, juntas, fraturas e outros falhamentos em maciços, nesse caso ocorre uma redução do escoamento superficial e, conseqüentemente, na densidade de drenagem da superfície, que se trata de um dos índices geomorfológicos trabalhados.

O mapa de resultante analítico-integrativa (índice de eficiência de drenagem – IED) 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.

Dentro do índice densidade de drenagem, também foi considerado o eixo de concavidade para essas bacias de segunda ordem, podendo ser observado na figura 4. Estes eixos são feições que promovem o acesso da água presente na superfície da bacia ao rio, portanto caracterizam concentradores de umidade, sendo parte integrante do escoamento superficial, junto com a hidrografia. Assim, sua adoção promove uma relação mais completa com a dinâmica real da área.

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 hidrografia, buscando uma comparação dentro dos canais de drenagem.

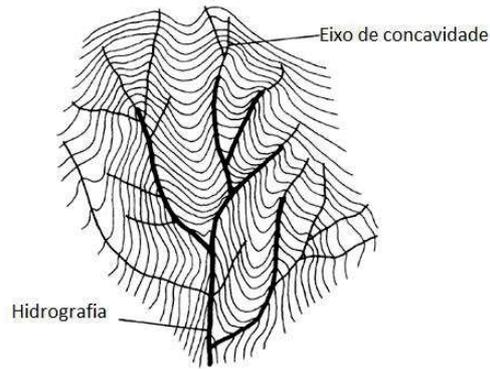


Figura 4. Indicação do eixo de concavidade e hidrografia dentro de uma bacia hidrográfica

RESULTADOS

Os resultados apontaram para um aumento significativo na 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 6,31%, respectivamente. Esse comportamento aponta decisivamente para a diminuição dos 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. Foram observados também uma mudança significativa quando implementando os eixos de concavidade somados a hidrografia. Houve um percentual de diferença de 8,63% 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 -10,23% comparando as superfícies. Já adicionando os eixos, esse decréscimo reduziu para -8,68%.

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, como pode ser percebido nos mapas gerados na figura 5, 6, 7, e 8. Esta variação interfere diretamente, também, na representação cartográfica da distribuição desses valores.

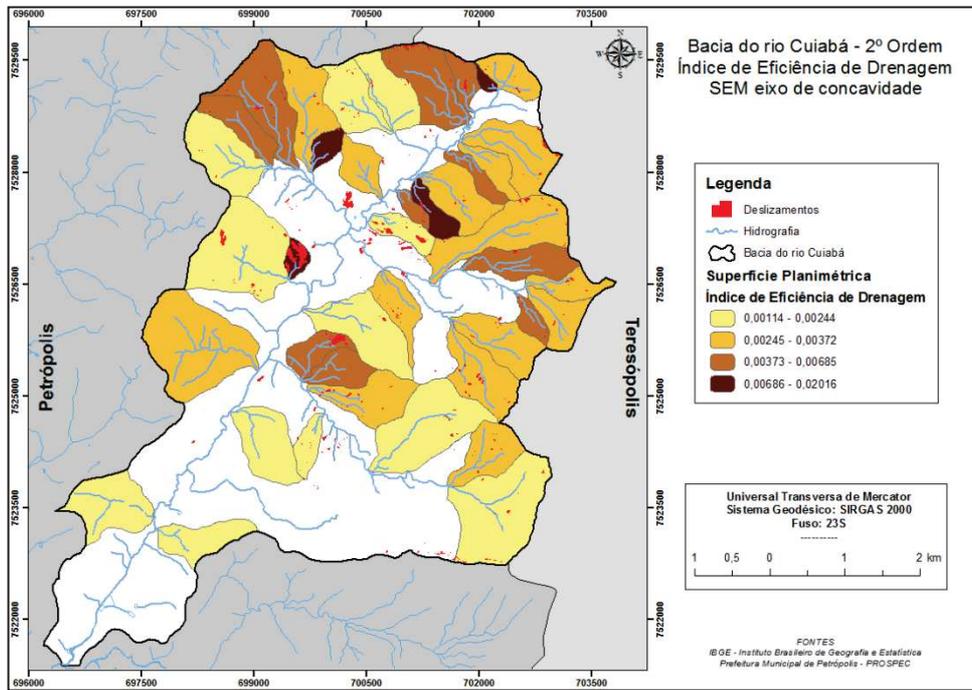


Figura 5. IED sem os eixos de concavidade em superfície planimétrica.

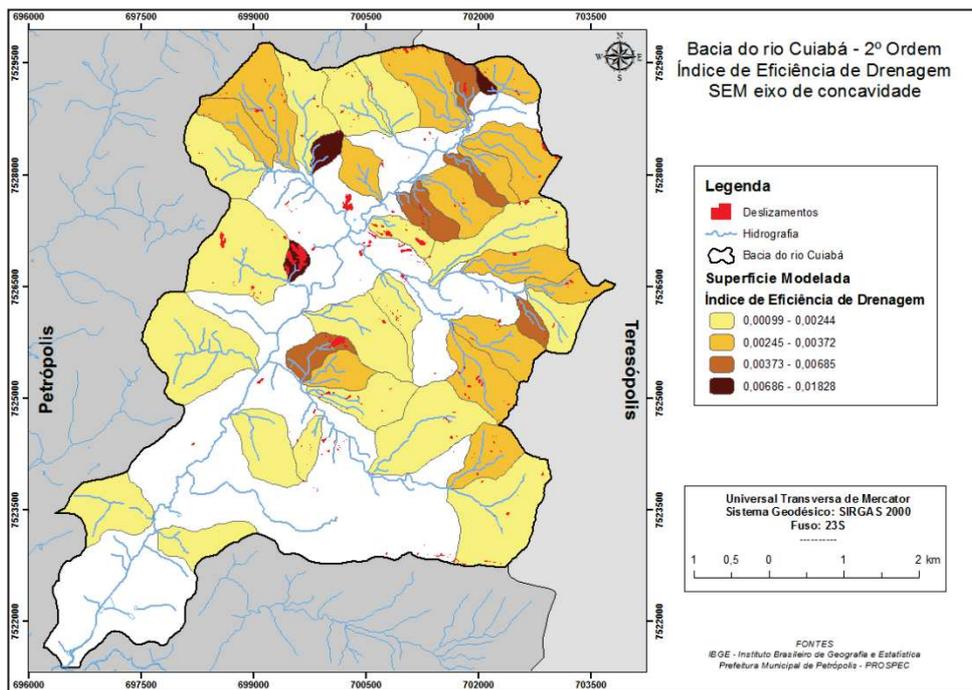


Figura 6. IED sem os eixos de concavidade em superfície modelada.

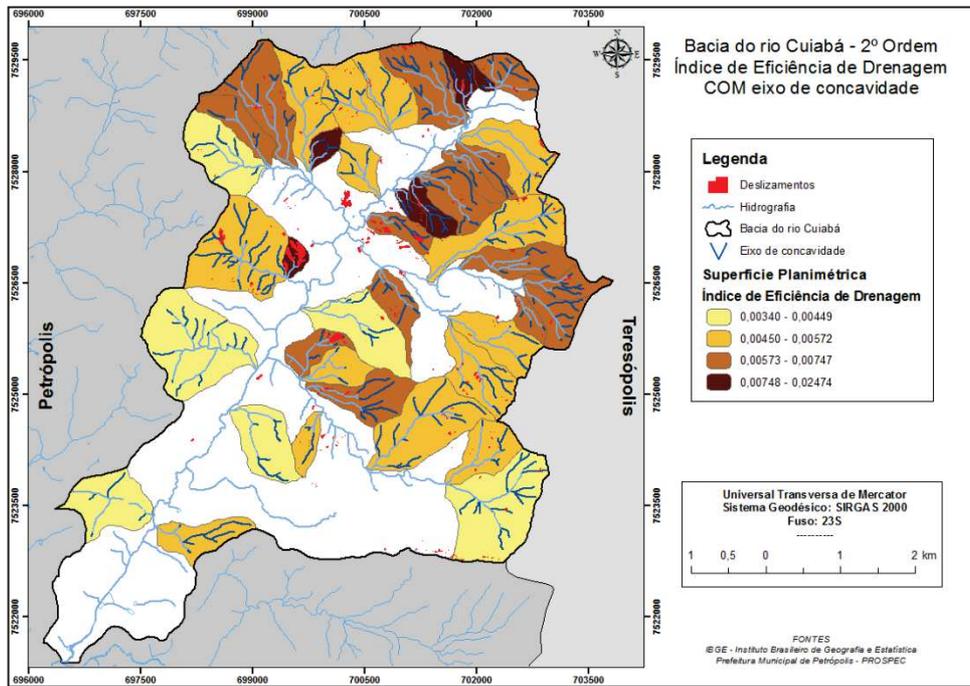


Figura 7. IED com os eixos de concavidade em superfície planimétrica.

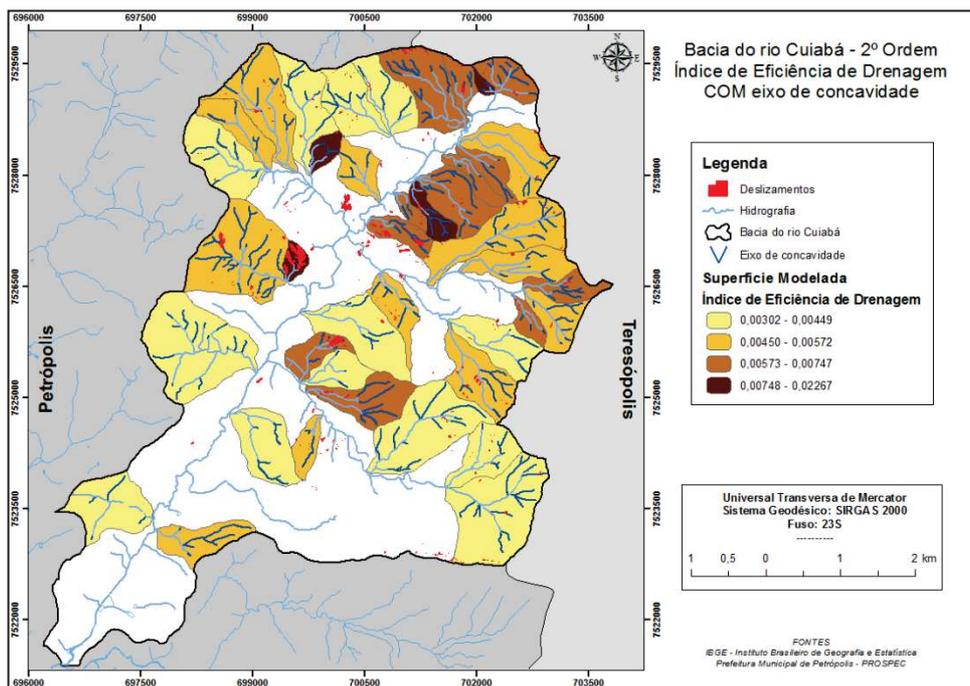


Figura 8. IED com os eixos de concavidade em superfície modelada.

Para os mapas de IED sem os eixos, pode-se notar que 11 bacias sofreram redução de classes. Já comparando os mapas de IED com o acréscimo dos eixos, foram 14 bacias as quais reduziram de classes. Nota-se também as diferenças percentuais, quando levado em conta o eixo de concavidade. Com a inclusão dessa variável,

observa-se uma menor variação do IED, dentro da comparação nas duas superfícies. Os valores gerais de comparação, com a porcentagem de diferença estão na tabela 1.

TABELA 1: VALORES COMPARATIVOS ENTRE SP E SM

VARIÁVEL	Superfície Planimétrica (SP)	Superfície Modelada (SM)	Diferença (%)
Comprimento Total de Drenagem	62511,670 (m)	66459,275 (m)	6,31
Comprimento Total de Drenagem + Eixo de concavidade	117222,600 (m)	127335,072 (m)	8,63
Área Total	21437759,529 (m ²)	25420061,287 (m ²)	18,58
IED Médio (Total de Drenagem - Eixo de Concavidade)	0,00176 (m/m ²)	0,00158 (m/m ²)	-10,23
IED Total (Total de Drenagem + Eixo de Concavidade) Médio	0,00288 (m/m ²)	0,00263 (m/m ²)	-8,68

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 se mostra acidentado. Para o uso de dados mais consistentes, no que diz respeito a 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 foi utilizado 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 calculado foi o índice 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, mostra 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.

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. 2014. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH). Universidade Nova de Lisboa..

BOTELHO, R. G. M. Identificação de unidades ambientais na Bacia do rio Cuiabá (Petropolis-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, 2º 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.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society American Bulletin*, vol. 63, p. 923-938.