



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

# CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMATIZADA PARA O MAPEAMENTO DE UNIDADES MORFOLÓGICAS DO RELEVO NA PORÇÃO SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

Gisele Neuman<sup>(a)</sup>, Claudinei Taborda da Silveira<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup>Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, giseleneuman@gmail.com

<sup>(b)</sup>Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, claudineits@ufpr.br

**Eixo:** Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

## Resumo

A geomorfometria sofreu grande desenvolvimento nas últimas décadas, e apoiado nos avanços das geotecnologias e da própria informática, conforma um cenário favorável para a utilização da análise digital do relevo na identificação de formas e no mapeamento de unidades geomorfológicas. Considerando esta perspectiva, o presente trabalho aborda as possíveis variações de resposta na aplicação da classificação semi-automatizada proposta por Hammond/Dikau (1964/1991) a partir da variação de um único componente (o tamanho da janela móvel de análise de dados). O Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizado, com resolução de 20 metros, foi construído a partir de dados vetoriais planialtimétricos de cartas topográficas na escala 1:25.000. Os resultados obtidos demonstraram que as classificações geomorfométricas são sensíveis ao tamanho das janelas móveis utilizadas, destacando a importância do rigor metodológico e do conhecimento heurístico da área de estudo para a conversão do conhecimento geomorfológico em parâmetros válidos para a área a ser analisada.

**Palavras chave:** Geomorfometria, MDT, Formas do relevo.

## 1. Introdução

Tentativas de sistematização e classificação das formas do relevo são muito comuns no estudo da Geomorfologia, no Brasil podem ser citadas as propostas de classificação do



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

relevo de Azevedo (1949), Ab'Saber (1967), Ross (1985), projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), os mapeamentos geomorfológicos do estado de São Paulo (IPT, 1981; ROSS e MOROZ, 1997), o mapeamento geomorfológico do Paraná (MINEROPAR e UFPR, 2006) e o manual técnico de geomorfologia do IBGE (2009). Nas últimas décadas, estas propostas classificatórias vêm apresentando reformulação, principalmente no que tange as técnicas utilizadas. Nas propostas mais recentes de classificação de formas e padrões do relevo, a análise digital a partir de modelos digitais de elevação (MDE) como os oriundos dos dados SRTM e de modelos digitais do terreno (MDT) derivados de curvas de nível, tem apresentado destaque, automatizando o processo de classificação (BORTOLINI *et al.* 2018; GOMES *et al.*, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2018).

Como resultado, trabalhos de classificações automáticas e semi-automáticas do terreno focados na aplicação de técnicas de *Object Based Images Analysis* e de árvore de decisão (DRĂGUŢ *et al.*, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2012; BERTANI *et al.* 2013; PEDERSEN, 2016), Geoestatística (HENGL *et al.*, 2008), análise estatística multivariada (GHIMIRE, 2014), lógica *Fuzzy* (MARTINS *et al.* 2016; ZHU *et al.*, 2018;), e outras formas de análise espacial utilizando Sistemas de Informação Geográfica (DIKAU *et al.*, 1991; DIKAU *et al.*, 1995), tornam-se técnicas de suporte alternativas para a elaboração de parâmetros, que auxiliem na definição de métodos, que possam ser replicados em diferentes contextos geomorfológicos.

Estas propostas apresentam como alicerce, a conversão do conhecimento heurístico em parâmetros para utilização em cálculos matemáticos, visando a construção de mapeamentos com menor carga subjetiva, sendo possível sua elaboração por qualquer usuário final de modo automático ou semi-automático (SEIJMONSBERGEN *et al.*, 2011).

Dentre os trabalhos que buscaram sistematizar a classificação das formas do relevo, destacam-se os produzidos por Hammond (1954, 1964), que buscou a objetividade na



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

classificação de formas com a utilização de uma sequência de procedimentos quantitativos de análise do relevo.

Considerando este cenário, o presente trabalho tem como objetivo a aplicação da proposta de classificação de Hammond/Dikau (1964/1991) testando os efeitos da variação do tamanho da janela móvel usada para a elaboração da análise de vizinhança.

### Caracterização da área de estudo

O recorte da área de estudo (FIGURA 1), localiza-se na porção sudeste do Estado do Paraná, corresponde a 1330 km<sup>2</sup> e abrange parcialmente 6 municípios: São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Guaratuba, Morretes, Paranaguá e uma pequena porção de Matinhos.

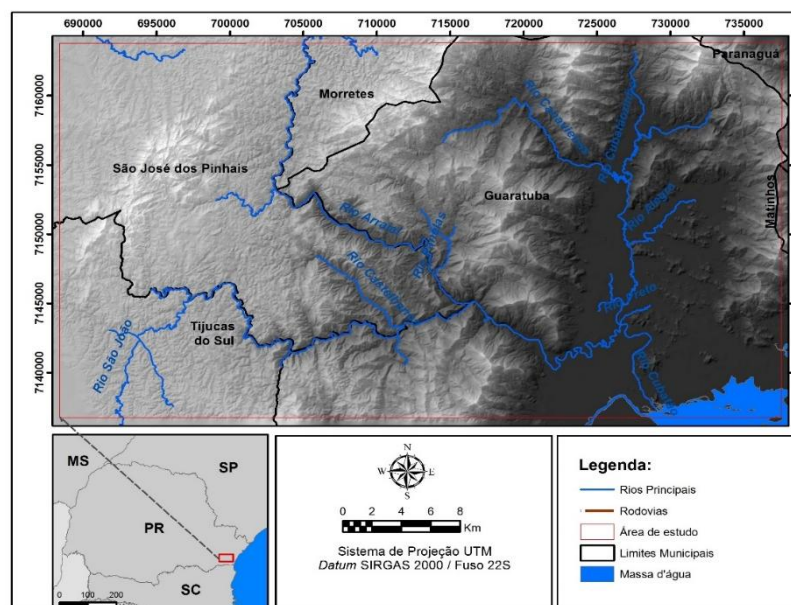


Figura 1 – Localização da área de estudo

O recorte geográfico foi escolhido por representar a complexidade geomorfológica das transições entre o Primeiro Planalto Paranaense, a Serra do Mar e a Planície Litorânea, possibilitando a realização de testes com as metodologias de classificação de unidades de



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

relevo de maneira automatizada em diferentes compartimentos geomorfológicos, além da disponibilidade de base cartográfica na escala 1:25.000.

## 2. Materiais e Métodos

O Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizado, com resolução de 20 metros, foi gerado pelo algoritmo ANUDEM a partir de dados vetoriais planialtimétricos de oito (8) cartas topográficas na escala 1:25.000 (2857-2 SE, 2857-4 NE, 2858-1 SO, 2858-3 NO, 2858-1 SE, 2858-3 NE, 2858-2 SO, 2858-4 NO), elaboradas pelo Diretório do Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2002), atualmente disponíveis para acesso público pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG).

O método de classificação do relevo proposto por Hammond (1964) e Dikau *et al.*, (1991) e posteriormente adaptado ao ambiente SIG por Reuter (2009) é baseado na aplicação de uma janela móvel de tamanho variável, de acordo com a escala de trabalho e as formas de relevo a serem mapeadas.

Constitui-se de um sistema de classificação em três níveis hierárquicos resultantes da combinação de atributos topográficos: a declividade, com porcentagem relativa de áreas definidas por um valor limítrofe de declividade; o valor de diferença altimétrica da área de estudo; predomínio de áreas planas ou declives suaves, conforme valor limítrofe da declividade (8%).

Para a aplicação desta proposta foram utilizados 2 tamanhos diferentes de janelas móveis para a análise de vizinhança (20X20 e 50X50 *pixels*) usando a janela retangular para o cálculo dos parâmetros: declividade, amplitude e perfil do relevo, conforme proposto por Hammond (1954).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O cálculo do parâmetro de declividade foi realizado a partir dos dados derivados da base cartográfica 1:25.000, o valor limítrofe para definição das áreas planas foi mantido da proposta original (8%), portanto originaram-se duas classes, sendo classe 1 ( $\text{dec} < 8\%$ ) e classe 2 ( $\text{dec} > 8\%$ ).

Em seguida, foi calculada para cada pixel a porcentagem de declividade suave ( $\text{dec} < 8\%$ ) em seu entorno, por meio da janela móvel (análise de vizinhança), sendo parcionada em 4 partes: áreas com percentual maior que 80% de áreas planas/suaves; áreas com percentual entre 50 a 80% de áreas planas/suaves; áreas com percentual entre 20 a 50% de áreas planas/suaves; áreas com percentual menor que 20% de áreas planas/suaves.

Assim, o parâmetro declividade representa a porcentagem de declive suave dentro da amostra (HAMMOND, 1954). O gradiente altimétrico, chamado de “Relevo Local” por Hammond (1954, 1964) foi calculado para cada pixel através da diferença entre os valores mínimo e máximo de elevação dentro da janela móvel. O produto foi reclassificado em 6 classes: 0 à 30m; 30 à 90m; 90 à 150m; 150 à 300m; 300 à 900m; valores acima de 900m.

Na modelagem do perfil o predomínio de áreas planas foi definido conforme a análise de vizinhança deste atributo dividida em 4 classes: Percentual maior que 75% de áreas planas/suaves nas terras baixas; percentual entre 50 e 75% de áreas planas/suaves nas terras baixas; áreas com percentual de 50 a 75% de áreas planas/suaves nas terras altas; área com percentual menor que 75% de áreas planas/suaves nas terras altas.

Após estas classificações, foi realizada a combinação dos atributos topográficos através de álgebra de mapas, resultando em dois mapeamentos a partir da mesma base de dados.

Para a validação dos resultados obtidos pela proposta de classificação foram coletados dados de forma de relevo *in loco*, durante campanha de trabalho de campo, a qual



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

foi incrementada em gabinete com a utilização de fotografias aéreas (ITCG, 1980) e imagens SPOT (arquivo BING), com resolução de 2,5m. Estes dados serviram como base de entrada para elaboração do coeficiente Kappa dos mapeamentos gerados. Os resultados do coeficiente foram categorizados segundo a escala (TABELA I) proposta por Landis e Koch (1977).

Tabela I – Parâmetros para caracterização através do Índice Kappa

Valores do índice Kappa	Força de Concordância
< 0.00	Poor (Pobre)
0.00 - 0.20	Slight (Fracá)
0.20 - 0.40	Fair (Razoável)
0.40 - 0.60	Moderate (Moderada)
0.60 - 0.80	Substantial (Forte)
0.80 - 1.00	Almost Perfect (Excelente)

FONTE: Adaptado de Landis e Koch (1977)

### 3. Resultados e Discussões

Aos gerar os modelos discretizados conforme a proposta de Hammond e Dikau constatou-se que somente 37% da área de estudo apresenta concordância em uma comparação entre o mapeamento resultante da janela de vizinhança de 20x20 (Figura 2) e o mapeamento resultante da janela 50x50 (Figura 3).

A análise de vizinhança é diretamente afetada pelo tamanho da janela móvel utilizada, as quais devem estar adequadas ao nível de detalhamento pretendido pelo pesquisador. Isto é facilmente observado na Figura 2, que demonstra a classificação de Hammond/Dikau (1964/1991) aplicada a uma janela amostral de 20 x 20 pixels, os quais configuram uma área de análise com largura de 400m, que (em muitos casos) não é capaz de agregar a vertente em sua área total.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

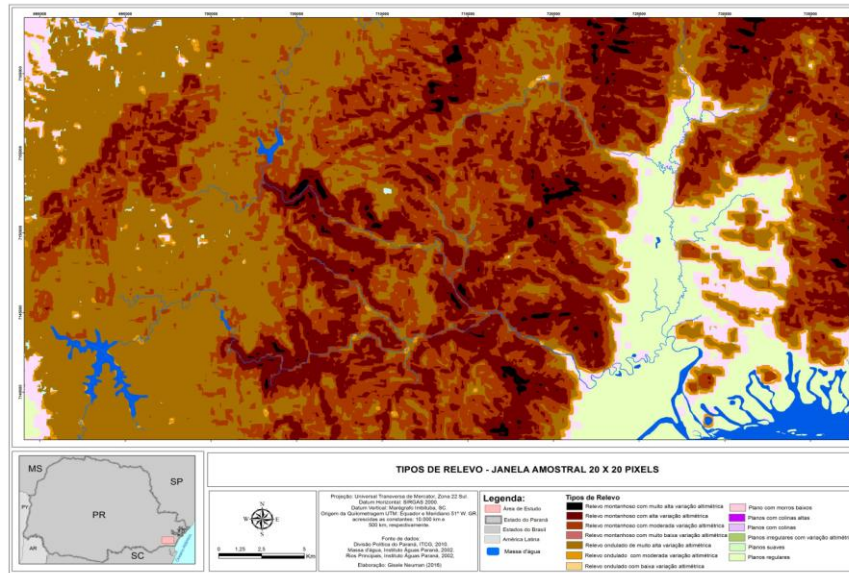


Figura 2 – Classificação de tipos de relevo – Janela amostral de 20 pixels.

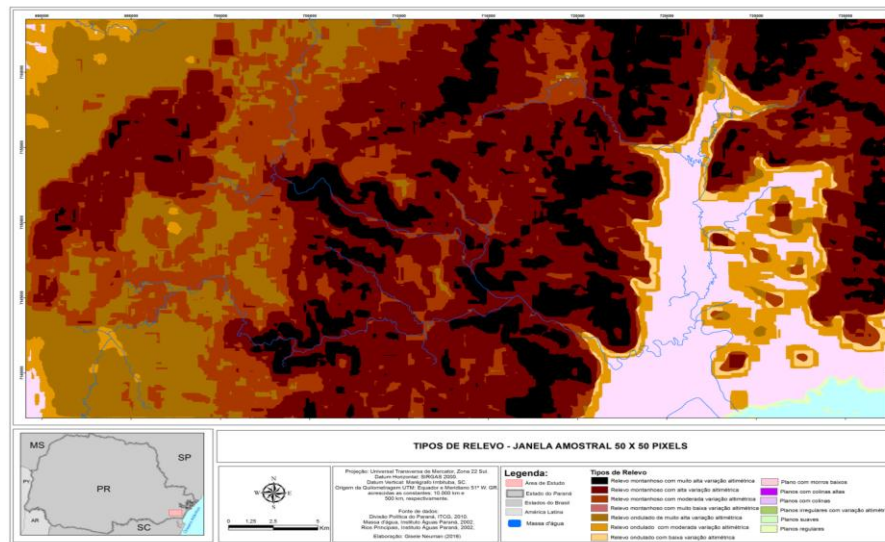


Figura 3 – Classificação de tipos de relevo – Janela amostral de 50 pixels.

Considerando o tamanho das janelas móveis testadas, as classes que apresentaram maiores problemas de representação foram as classes planos regulares (se refere a planície litorânea) e relevo montanhoso com alta variação altimétrica (Serra do Mar).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Como resultado positivo, a janela móvel de 20 x 20 pixels, conseguiu representar os tipos de relevo mais complexos da área de estudo, como as classes de relevo montanhoso com moderada variação altimétrica e relevo ondulado com altíssima variação altimétrica, as quais não obtiveram representação significativa no mapeamento com janela móvel de 50 x 50 pixels (Figura 3) devido ao grau de generalização imposto.

As superfícies com menores variações locais (planície litorânea) apresentaram problemas devido ao distanciamento das curvas de nível, enquanto a classe de relevo montanhoso com alta variação altimétrica (serra do mar) demonstrou a necessidade de utilização de janelas móveis mais generalizadas, que sejam capazes de analisar a variação dos atributos do relevo em contexto regional.

A validação dos dados a partir do coeficiente de concordância Kappa (TABELA II) demonstrou que a janela de vizinhança 20 x 20 representaram maior concordância no mapeamento, considerando as amostras de validação obtidas em campo.

Tabela II – Coeficiente de concordância Kappa para todos os tamanhos de janela móveis testadas, categorização segundo Landis e Koch (1977) – Classificação Hammond/Dikau (1964)

Tamanho da janela de vizinhança	Índice de correlação global	Coefficiente de concordância	Categoria de concordância
Janela 20x20	71.63%	0.68	Forte
Janela 50x50	36.30%	0.19	Fraco

O coeficiente de concordância Kappa apresentou melhor avaliação com uma janela móvel de 20x20 pixels devido ao detalhamento da resposta derivada do modelo, porém a distribuição dos valores percentuais em classes demonstra como a janela móvel não conseguiu representar o relevo montanhoso satisfatoriamente. Em contrapartida, as classes de planos com morros baixos e relevo ondulado com moderada variação altimétrica foram melhor representados na classificação com janelas 20 x 20 pixels, pois estas classes foram generalizadas no mapeamento com janela móvel de 50x50 pixels.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

#### **4. Considerações Finais**

As classificações apresentaram-se demasiadamente sensíveis a variação mínima de parâmetros. Os tamanhos de janelas móveis utilizadas não foram adequadas para o mapeamento da área de estudo completa, porém a classificação poderia obter maior êxito se as janelas móveis fossem adaptadas as características de cada compartimento geomorfológico, considerando o tamanho médio das vertentes presentes em cada um destes compartimentos.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado obtida por meio do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR; ao CNPq, pelo financiamento do Projeto "Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná apoiado em análise digital do relevo", Processo 456244/2014-0; e ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologias (LAGEO/UFPR) pelo suporte durante a realização do trabalho.

#### **3. Referências Bibliográficas**

AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, v. 3, p. 45-48, 1967.

AZEVEDO, A. O planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo. **Boletim Paulista do Geografia**, n. 2, p. 43-50, 1949

BERTANI, T. C.; ROSSETTI, D. F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. Object-based classification of vegetation and terrain topography in Southwestern Amazonia (Brazil) as a tool for detecting ancient fluvial geomorphic features. **Computers & Geosciences**, v. 60, p. 41-50, 2013.

BORTOLINI, W., SILVEIRA, C. T., SILVEIRA, R. M. P., SILVA, J. M. F. Técnicas Geomorfométricas Para a Identificação de Padrões de Relevo: Aplicação nas Cartas Curitiba e Cerro Azul, Estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, p. 15-32, 2018,



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis. In: RAPER, J. F. (Ed.), **Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems**. Taylor & Francis, London, p. 51–77, 1989.

DIKAU, R. Geomorphic landform modeling based on hierarchy theory. In: BRASSEL, K.; KISHIMOTO, H. (Eds.), **Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling**. Department of Geography, University of Zürich, Zürich, Switzerland, p. 230–239, 1990.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. M. Landform Classification of New Mexico by Computer. Open File report 91-634. **U.S. Geological Survey**, 1991.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. K.; PIKE, R. J. Morphometric landform analysis of New Mexico. **Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband**, v.101: p. 109-126, 1995

DRĂGUȚ, L.; EISANK, C. Object representations at multiple scales from digital elevation models. **Geomorphology**, v. 129, n. 3-4, p. 183-189, 2011.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. **Cartas Topográficas**: folhas 2857-2 SE, 2857-4 NE, 2858-1 SO, 2858-3 NO, 2858-1 SE, 2858-3 NE, 2858-2 SO, 2858-4 NO. DSG, 2002

EVANS, I. S. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: CHORLEY, R. J. (Ed.). **Spatial analysis in geomorphology**. London: Harper & Row, Publishers, 1972.

GHIMIRE, M. Multivariate morphological characteristics and classification of first-order basins in the Siwaliks, Nepal. **Geomorphology**, v. 204, p. 192-207, 2014.

GOMES, S.; SILVEIRA, R.; SILVEIRA, C. T. Aplicação de técnicas geomorfométricas para classificação de formas de relevo em Campo Largo, Estado do Paraná. **Revista Geografar**, v. 13, n. 1, p. 75-97, 2018.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GORINI, M. A. V.; MOTA, G. L. A. Análise geomorfométrica multiescala de modelos numéricos de terreno. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1333

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

HAMMOND, E. H. Analysis of properties in land form geography: an application to broad-scale landform mapping. **Ann. Assoc. Am. Geogr.** 54, 11 19, 1964.

HENGL, T., BAJAT, B., BLAGOJEVIĆ, D., REUTER, H. I. Geostatistical modeling of topography using auxiliary maps. **Computers & Geosciences**, v 34, p.1886-1899, 2008

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico de geomorfologia. **Manuais técnicos em geociências**. Rio de Janeiro: IBGE: 175 p., 2009

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, 1981.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. SEMA-ITCG. GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Projeto “Cobertura Aerofotogramétrica do Estado do Paraná”. **Fotografias Aéreas**. Escala 1:25.000. Ano de 1980.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, p. 159-174, 1977.

MARTINS, F. M., FERNANDEZ, H. M., ISIDORO, J. M., JORDÁN, A., ZAVALA, L. Classification of landforms in Southern Portugal (Ria Formosa Basin). **Journal of Maps**, v. 12, p.422-430, 2016.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos. Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PEDERSEN, G. B. M. Semi-automatic classification of glaciovolcanic landforms: An object-based mapping approach based on geomorphometry. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 311, p. 29-40, 2016.

RADAMBRASIL, 1983, **Projeto Radambrasil: levantamento de recursos naturais**. IBGE, Rio de Janeiro

REUTER, H. I. **ArcGis Geomorphometry Toolbox: Version 1.0.2**. Gisxperts GBR, Germany, 2009.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39, 1985.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia e Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997. 63p.

SEIJMONSBERGEN, A. C.; HENGL, T.; ANDERS, N. S. Semi-automated extraction of geomorphological features using DEMs. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. eds. **Geomorphological Mapping: Methods and Applications, Developments in Earth Surface Processes**, v.15, Elsevier, 2011.

SILVEIRA, C. T., SILVEIRA, R. M. P., TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do paraná (Brasil) por meio da aplica o da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, 2018.

VASCONCELOS, V., DE CARVALHO JUNIOR, O. A., DE SOUZA MARTINS, E., JUNIOR, A. F. C., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T. Sistema de classifica o geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas:  rvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, 2012.

ZHU, L. J., ZHU, A. X., QIN, C. Z., LIU, J. Z. Automatic approach to deriving fuzzy slope positions. **Geomorphology**, v.304, p. 173-183, 2018.