

# A DETERMINAÇÃO AUTOMATIZADA DE ELEMENTOS DE RELEVO E A RELAÇÃO COM OS COMPARTIMENTOS GEOMORFOLOGICOS DO RADAM/IBGE

Trentin, R. (UFSM)

## RESUMO

As formas e elementos do relevo representam o arranjo espacial de superfícies homogêneas resultantes da ação de forças tectônicas que provocam soerguimentos e rebaixamentos, e agentes da superfície terrestre que atuam em materiais rochosos, decompondo-os e desagregando-os ao longo do tempo. Nesse trabalho apresenta-se a relação dos elementos de relevo com os compartimentos geomorfológicos do estado apresentado pelo RADAM/IBGE. Os elementos de relevo são definidos conforme proposta de Jasiewicz & Stepinski (2013), que analisa a similaridade textural do MDE. As regiões geomorfológicas foram obtidas junto ao Portal de Mapas do IBGE no formato vetorial e, através de manipulações em SIG foram organizados os cruzamentos entre ambas as camadas e extraídas as informações apresentadas. A proposta de identificação dos elementos do relevo, denominados geomorphons, se mostrou uma técnica bastante eficiente permitindo importante relação com os compartimentos geomorfológicos.

## PALAVRAS CHAVES

*Mapeamento; Compartimentos; Geomorphons; Rio Grande do Sul; R*

## ABSTRACT

Relief shapes and elements represent the spatial arrangement of homogeneous surfaces resulting from the action of tectonic forces that cause uplifts and lowerings, and earth surface agents that act on rocky materials, decomposing and disaggregating them over time. In this work, the relationship between the relief elements and the geomorphological compartments of the state presented by RADAM/IBGE is presented. The relief elements are defined as proposed by Jasiewicz & Stepinski (2013), which analyzes the textural similarity of the DEM. The geomorphological regions were obtained from the IBGE Map Portal in vector format and, through manipulations in GIS, the crossings between both layers were organized and the information presented was extracted. The proposed identification of relief elements, called geomorphons, proved to be a very efficient technique, allowing an important relationship with the geomorphological compartments.

## INTRODUÇÃO

As formas e elementos do relevo representam o arranjo espacial de superfícies homogêneas resultantes da ação de forças tectônicas que provocam soerguimentos e rebaixamentos, e agentes da superfície terrestre que atuam em materiais rochosos, decompondo-os e desagregando-os ao longo do tempo. Para o estudo do relevo utilizam-se diferentes parâmetros morfométricos. Alguns dos primeiros estudos que analisaram e classificaram o relevo, a partir de parâmetros morfométricos, foram desenvolvidos por Troeh (1965) e Huggett (1975). Troeh (1965) apresentou a classificação de quatro principais tipos de vertentes: as coletoras de água, com plano de curvatura convergente e as distribuidoras de água, com plano de curvatura divergente. Sob o aspecto do perfil de curvatura, as vertentes convexas são as que facilitam o desenvolvimento do rastejamento e as côncavas as que favorecem a lavagem pela água das chuvas. Huggett (1975) estabeleceu a combinação de formas de vertentes relacionando a curvatura vista em perfil e em plano, propondo nove padrões de vertentes. Nessas os fluxos da água e sua distribuição promovem diferenças na atuação dos processos superficiais. Os tipos de relevo também podem ser definidos como agrupamentos de associações de formas de relevo e padrões de relevo (DIKAU et al., 1995). O método de Wood (1996, apud SENA-SOUZA et al., 2015) considera uma combinação específica de pares de curvatura longitudinal/transversal e mínima/máxima dependendo da inclinação da região a ser classificado e identifica elementos do relevo como: plano, canal, crista, concavidade, pico e

fosso. Atualmente, o geoprocessamento e SIG permite representar a superfície topográfica através de modelos digitais (MDE), bem como o cálculo automatizado de uma série de variáveis relacionadas (MUÑOZ, 2009). Schmidt e Hewitt (2004) desenvolveram um procedimento onde obtém diferentes ETs (Elementos do Terreno) utilizando como critério a posição da paisagem, dividindo-a em áreas planas e em áreas dissecadas a partir da curvatura tangencial, vertical, mínima e máxima. Dragut e Blaschke (2006) optaram por segmentar os objetos dos Modelos de Elevação relativamente homogêneos em vários níveis geomorfológicos utilizando curvatura de plano e curvatura vertical. No Brasil, a identificação automatizada de elementos de relevo foi desenvolvida para o estado do Paraná e a região da Serra do Mar Paranaense (SILVEIRA, SILVEIRA, 2015 e 2016). Silveira et al. (2017) e Trentin & Robaina (2018) aplicaram o Índice de Posição Topográfica para classificar elementos do relevo. Jasiewicz & Stepinski (2013) estabeleceram uma classificação de elementos do relevo usando ferramentas de visão computacional ao invés de ferramentas da geometria diferencial. Dessa forma, mapas de elementos de relevo podem ser trabalhados como algoritmos. Através dos algoritmos médios pode-se, através de técnicas computacionais, auto classificar e mapear elementos das formas de relevo. Os elementos de formas de relevo podem ser expressos por um número de diferentes geomorphons. Os autores demonstram como gerar um mapa com 10 mais comuns elementos de relevo (planas (flat), pico (peak), crista (ridge), ressaltos (shoulder), crista secundária (spur), encosta (slope), escavado (hollow), base de encosta (footslope), vales (valley), e fosso (pit). Nesse trabalho apresenta-se uma discussão sobre a determinação automatizada de elementos de relevo através da metodologia dos geomorphons e sua relação com a compartimentação geomorfológica do estado apresentado pelo RADAM.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Modelo Digital de Elevação nos estudos desenvolvidos foi obtido a partir das imagens originadas da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizado pelo United States Geological Survey (USGS), com resolução espacial de 3 arc-second (~90 metros). A metodologia aplicada é baseada na proposta de Jasiewicz & Stepinski (2013), que analisa a similaridade textural do MDE, que apresentará variação para mais ou para menos de níveis de cinza entre células vizinhas, considerando um nível específico. Se maior “1”, se menor “-1” se igual “0”. Isso é transferido para valores de elevação do terreno de maior, menor ou igual (Figura 1). Figura 1. Principais Geomorphons reconhecidos na análise do relevo. Modificado de Jasiewicz & Stepinski (2013) Conforme os autores (JASIEWICZ & STEPINSKI, 2013), para caracterizar a superfície do relevo não basta a diferença de altura, mas a distância e o ângulo de direção dos pontos vizinhos em relação a célula central (ângulos Zenith e nadir). Para esse cálculo, perfis são traçados para as principais direções a partir da célula central “lookup distance” “L” extraídos do Modelo Digital de Elevação. Um ângulo de elevação é um ângulo entre o plano horizontal e a linha que liga a célula central com o ponto no perfil. Em uma elevação com ângulo negativo o ponto no perfil é mais baixo que o central. Para cada perfil é calculado o ângulo de elevação “DSL”, com “D” e “L” demonstrando a dependência da direção (D) e da distância (L). O ângulo Zenith do perfil é definido por  $D\phi L = 90^\circ - D\beta L$ , onde  $D\beta L$  é o ângulo máximo de elevação “DSL”. O ângulo nadir do perfil é definido como  $D\psi L = 90^\circ - D\delta L$ , onde  $D\delta L$  é o ângulo mínimo de elevação “DSL”. Assim, o ângulo Zenith é um ângulo entre o Zenith e a “line-of-sight”, e o ângulo nadir é um ângulo entre o nadir e uma hipotética “line-of-sight” que resulta da reflexão do perfil da elevação em relação ao plano horizontal. Ambos são positivos e definidos entre 0º a 180º. Para a realização do processamento do MDE e geração dos geomorphons, utilizou-se a aplicação r.geomorphons, disponível no QGIS incorporada em aplicações do SAGA conforme proposta de Jasiewicz & Stepinski (2013). Tal aplicação também encontra-se disponível no ArcGISPro versão 3.1. A aplicação exige um conjunto de dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros. O arquivo de entrada para a varredura é uma MDE. Os dois parâmetros livres são lookup “L” (distância em metros ou célula unidades) e threshold t (nivelamento em graus). Para os parâmetros livres aplicou-se valor de “L” igual a 20 pixels (1800 metros) e graus “t” igual a 2º. As escalas espaciais dessas paisagens variadas são identificáveis na figura 1, com padrões diferentes de cores que representam elementos do relevo. Após o processamento dos MDEs são definindo as 10 classes de elementos do relevo definidos como geomorphons. As regiões geomorfológicas foram obtidas junto ao Portal de Mapas do IBGE no formato vetorial e, através de manipulações em SIG foram organizadas os cruzamentos entre ambas

as camadas e extraídas a s informações apresentadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado do Rio Grande do Sul é compartimentado em seis Regiões Geomorfológicas, conforme IBGE/RADAM (1986), sendo elas: Planalto das Missões (1); Planalto das Araucárias (2); Planalto da Campanha (3); Depressão Central (4), Planalto Sul Riograndense (5) e Planície Costeira (6). A figura 2 apresenta a distribuição espacial dos elementos de relevo sob as Regiões Geomorfológicas do estado. A figura 3 mostra as porcentagens de áreas ocupadas por esses elementos nos diferentes compartimentos geomorfológicos. No Norte do estado, onde ocorre os divisores entre as duas mais importantes bacias do estado a do Uruguai e a do Guaíba. Os elementos se caracterizam por encostas com bases amplas, topos estreitos e alongados que se associam a ressaltos e cristas laterais. A drenagem estão relacionadas aos elementos de vales, que ocorrem relativamente largos e elementos que marcam rebaixamentos na meia encosta. Constituem grande parte do que é definido como compartimento do Planalto das Missões (IBGE,1986). Esse compartimento apresenta uma transição gradual para o segundo compartimento localizado a Nordeste, o Planalto da Araucárias (IBGE, 1986). Neste compartimento, os elementos predominantes são semelhantes ao anterior, formado por amplas encostas com topos estreitos e alongados, mas maiores ocorrências de elementos de picos no topo da encosta e elementos de rebaixamentos e cavidades na meia-encosta, caracterizando um relevo, relativamente, mais movimentado. Figura 2 - Distribuição espacial dos elementos de relevo (geomorphons) nos compartimentos geomorfológicos do estado do Rio Grande do Sul A passagem do compartimento 1 (Planalto das Missões) e o compartimento 3 (Planalto da Campanha) está marcado pelo aumento das formas planas associadas a elevações isoladas caracterizadas por encostas com bases amplas e, por vezes, ressaltos entre o meio e o topo da encosta. O compartimento 3, que ocorre no oeste do estado, é caracterizado pelo predomínio das áreas planas. Figura 3 - Porcentagem dos elementos de relevo (geomorphons) nos compartimentos geomorfológicos do estado do Rio Grande do Sul A passagem dos compartimentos do Planalto para o compartimento 4, da Depressão Central Gaúcha (RADAM/IBGE, 1986), é brusco formando um relevo com elementos de encostas com bases amplas e o topo com elevações alongadas, abundantes extensões secundárias e ressaltos. O compartimento 4 é representado por elementos do tipo plano e elevações isoladas caracterizadas por encostas com bases amplas. O Planalto Sul Riograndense pode ser dividido em 3 unidades. A unidade mais a oeste é formada por elementos definidos por encostas com bases amplas e no topo ocorrência de ressaltos associados a elementos planos e elevações isoladas. Constituem o Cinturão Vila Nova, composto por granitos e gnaisses associados a metavulcânicas e metassedimentares. A unidade mais central com relevo movimentado predomina os elementos de cristas e vales alinhados e encostas curtas formando o Cinturão Tijucas, constituído de rochas metamórficas como quartzitos e xistos. A unidade mais a leste, também no Planalto Sul Riograndense na porção leste é formado por elementos de amplas encostas com topos estreitos e alongados em substrato de granito-gnáissico do Cinturão Dom Feliciano. O compartimento 6 está representado por elementos planos e se associam a Planície Costeira do RADAM (IBGE, 1986).

*Figura 1*

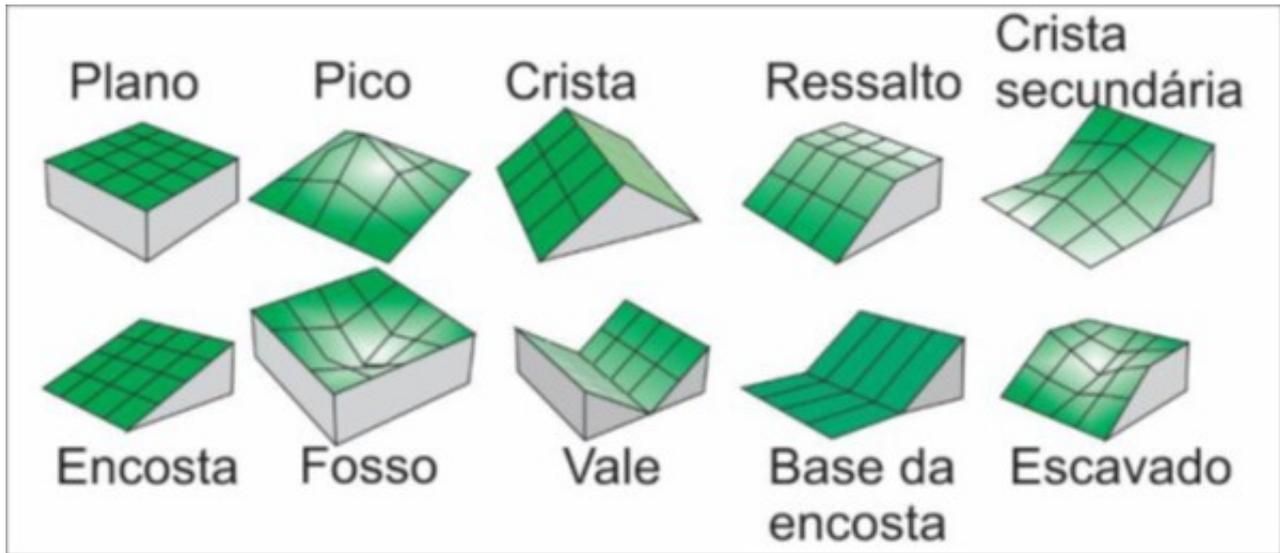


Figura 1. Principais Geomorphons reconhecidos na análise do relevo. Modificado de Jasiewicz & Stepinski (2013)

Figura 2

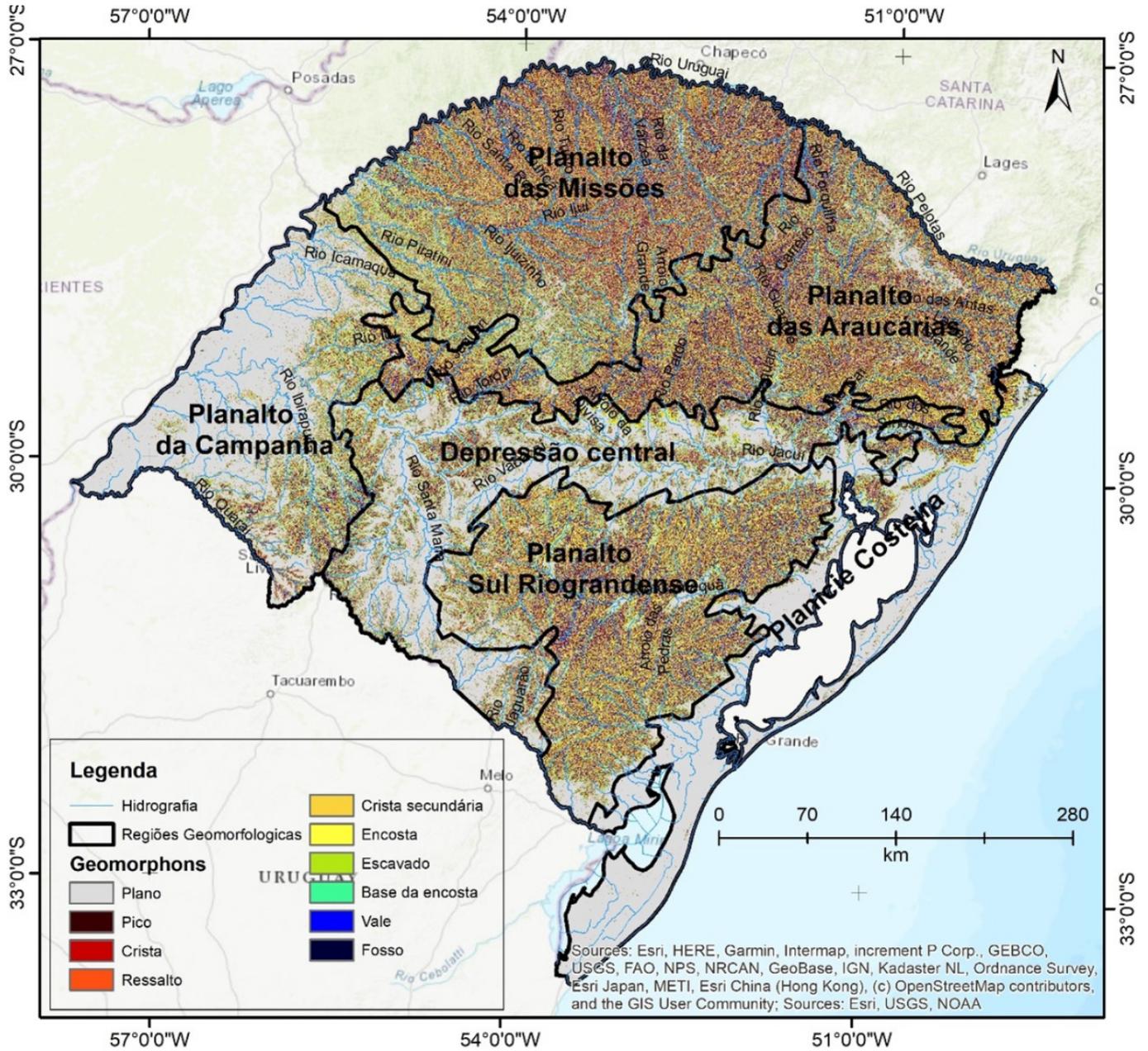


Figura 2 - Distribuição espacial dos elementos de relevo (geomorphons) nos compartimentos geomorfológicos do estado do Rio Grande do Sul

Figura 3



Figura 3 – Porcentagem dos elementos de relevo (geomorphons) nos compartimentos geomorfológicos do estado do Rio Grande do Sul

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compartimentação do relevo, tem como objetivo estabelecer características quanto a configuração e modelado deste, a fim de subsidiar a compreensão de fatores atuantes na modelagem destes relevos. O desenvolvimento cada vez maior de geotecnologias associadas a análise ambiental proporciona a incorporação de procedimentos e técnicas que auxiliem na análise do relevo, através de modelagens e interpretações de modelos digitais de elevação que auxiliam na compreensão da compartimentação do relevo. A proposta de identificação dos elementos do relevo, denominados geomorphons, se mostrou uma técnica bastante eficiente na delimitação de diferentes compartimentos de landforms no estado do Rio Grande do Sul, com distintas e peculiares características que correspondem a unidades reconhecidas geomorfologicamente. As Áreas planas com encostas de bases amplas, é o predominante no estado, tendo como elementos de geomorphons predominantes às áreas planas (flat), seguidos das bases das encostas (footslope). A segundo maior área de landforms do estado é a combinação das Encostas com bases Amplas, representa o agrupamento de geomorphons predominantemente associados às encostas (slope) e vales(valley).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pelo auxílio às pesquisas

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. K.; PIKE, R. J. Morphometric landform analysis of New Mexico. *Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband*. 101: 109-126, 1995.
- DRAGUT, L.; BLASCHKE, T. Automated Classification of Landform Elements Using Object-Based Image Analysis. *Geomorphology*, vol. 81, 2006, pag. 330-344.
- IBGE; Projeto Radambrasil. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiiana e SI. 22 Lagoa Mirim : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [v. 33]. Rio de Janeiro, 1986. 791p.
- IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated Classifications of Topography from DEMs by an Unsupervised Nested-means Algorithm and a Three-part Geometric Signature. *Geomorphology*, 2007. vol. 86. Pag. 409-440.
- JASIEWICZ, J. AND STEPINSKI, T.F. Geomorphons—A Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. *Geomorphology*, 2013 182, 147-156.
- JULESZ, B. A Brief Outline of the Texton Theory of Human Vision. *Trends in Neuroscience*, 1984, vol. 7, pag. 41-45.
- JULESZ, B. Textons, the Elements of Texture Perception, and Their Interactions. *Nature*, 1981, vol. 290. Pag. 91-97.
- LIAO, W. H. Region Description Using Extended Local Ternary Patterns. 20th International Conference on Pattern Recognition, 2010. pag. 1003-1006
- MUÑOZ, V. A. Análise Geomorfométrica de Dados SRTM Aplicada ao Estudo das Relações Solo-Relevo. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. 112p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto).
- SCHMIDT, J.; HEWITT, A. Fuzzy Land Element Classification from DTMs Based on Geometry and Terrain Position. *Geoderma*, 2004, vol. 121. Pag. 243-256
- SENA-SOUZA; J; NEVES, G.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E.; JUNIOR, A. Mapeamento das Formas de Terreno por meio de Assinatura Geomorfométrica como Subsídio para a Descrição da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Preto. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pag. 1617-1624
- SILVEIRA, C. T. .; SILVEIRA, RI. M. P.. Classificação das formas do estado do estado do Paraná com uso do Índice de Posição Topográfica. *Revista Ra'e Ga z Espaço Geográfico em Análise*, v. 41, p. 98-130, 2017.
- SILVEIRA, RI. M. P.; SILVEIRA, C. T. . Análise Digital do Relevo Aplicada ao Mapeamento de Formas de Relevo na Serra do Mar Paranaense. In: XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA (SINAGEO), 2016, Maringá. Anais do XI SINAGEO, 2016.
- SILVEIRA, RI. M. P.; SILVEIRA, C. T. . Automated hierarchical classification of landforms in the state of Paraná supported by digital terrain modeling. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, p. 1509-1523, 2015.
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. DE S. Study of the landforms of the Ibicuí river basin with use of Topographic Position Index. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 2018. 19(2).
- TROEH, F. R. Landform Equations Fitted to Contour Maps. *American Journal Science*, 1965, v. 263, pag. 616-627
- WEISS, A. Topographic Position and Landforms Analysis. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.
- WOOD, J. The geomorphological characterisation of digital elevation models. Leicester, UK, 1996. 185p. PhD Thesis - University of Leicester. Disponível em: <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd>.