MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INTEGRAÇÃO ACADÊMICA
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EM DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO

WILLIAN BORTOLINI

RELATÓRIO FINAL

INICIAÇÃO CIENTÍFICA:
PIBIC Fundação Araucária (X)

(08/2015 a 07/2016)

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO NA ESCALA 1:100.000 DAS CARTAS PATO BRANCO E CLEVELÂNDIA - ESTADO DO PARANÁ

Relatório Final apresentado à Coordenadoria de Iniciação Científica e Integração Acadêmica da Universidade Federal do Paraná - Edital 2015/2016.

Prof^{o} Dr^{o} Claudinei Taborda da Silveira / Departamento de Geografia

Análise digital do relevo aplicada ao Mapeamento Geomorfológico do Paraná: emprego de atributos topográficos derivados de modelo digital do terreno / BANPESQ/THALES: 2011005372

CURITIBA
2016

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO NA ESCALA 1:100.000 DAS CARTAS PATO BRANCO E CLEVELÂNDIA - ESTADO DO PARANÁ

RESUMO: As pesquisas de mapeamento geomorfológico têm feito uso cada vez mais de métodos e técnicas semiautomatizados na complexa tarefa de análise e representação do relevo. Neste contexto, a geomorfometria mostra-se como uma importante ferramenta para o mapeamento geomorfológico devido a facilidade de mensurações e extração de parâmetros do relevo, calculados dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs). Nesse contexto, o trabalho visa dar continuidade ao mapeamento geomorfológico do estado do Paraná, desenvolvido pela parceira entre MINENOPAR e UFPR, publicado no de 2006 e que representou os 3º primeiros táxons geomorfológicos do estado na escala 1:250.000. Assim o objetivo da pesquisa é analisar e desenvolver métodos e técnicas que servirão de subsídio ao mapeamento do 4º táxon (padrões de relevo) de todo o estado, na escala 1:100.000. A área de estudo abrange as cartas Pato Branco e Clevelândia (MI 2682 e MI 2683), localizados no sudoeste do estado. A definição e compreensão das feições mapeadas serão norteadas pela proposta taxonômica desenvolvida por Ross (1992) e IBGE (2009). Foi gerado o MDE e calculados os atributos topográficos amplitude altimétrica e média da declividade, utilizando raio circular de 25 pixels (750 metros). Em seguida foi gerado o mapa morfogenético da área de estudo. Os padrões de relevo foram identificados a partir da análise visual do atributo topográfico relevo sombreado. Na campanha de campo os limites entre padrões de relevo foram verificados, servindo de apoio para a definição dos intervalos de discretização dos atributos topográficos. Os atributos topográficos calculados e o mapa morfogenético foram combinados por álgebra de mapa, e interpretados e classificados em padrões de relevo. Em seguida foi aplicado o filtro de generalização cartográfica *nibble*. Mapearam-se nas cartas seis padrões de relevo (colinas; morrotes; morros; morros declivosos; e serras) e dois processos morfogenéticos (dissecação homogênea e dissecação estrutural). Quanto ao método aplicado, mostrou-se válido e mais otimizado se comparado aos métodos tradicionais, entretanto possui limitações, apresentando imprecisões nos limites entre padrões de relevo, exigindo a realização de alguns ajustes manuais nos mesmos.

1. INTRODUÇÃO

A cartografia geomorfológica se constitui como um dos principais instrumentos de representação do relevo (SANTOS *et al*., 2006), sendo utilizada no planejamento ambiental, fornecendo informação acerca de potencialidades, vulnerabilidades, restrições e riscos de ocupações e intervenções possíveis na paisagem (ROSS, 1990, *apud* SANTOS et al., 2006)[1]. Entretanto, a complexidade na análise e representação do relevo, que assume diferentes formas com diferentes tamanhos, exige a utilização de métodos mais automatizados e precisos possíveis.

[1] Ross, J. L. S. (1990) Geomorofologia, Ambiente e Planejamento. S. Paulo, Ed. Contexto.

Neste contexto, a geomorfometria, que se constitui como a ciência da quantificação topográfica (PIKE *et al.*, 2009), se tornou uma moderna abordagem analítico-cartográfica para representar a superfície da Terra nas últimas décadas, devido ao desenvolvimento da informática e das geotecnologias (TOBLER, 2000, *apud* SILVEIRA, 2015)[2]. Ela tem como operação fundamental a extração de parâmetros de Modelos Digitais de Elevação (MDEs), descrevendo morfométricamente a superfície terrestre e refletindo o potencial de movimento de material sobre esta superfície (PIKE *et al*., 2009, p.6). Segundo Hengl e McMillan (2009), os MDEs são utilizados no mapeamento e modelagem de paisagens naturais devido a sua riqueza de medidas, mensurações e objetos que podem ser derivados pela análise automatizada dos dados de elevação. Dentre estes, estão os atributos topográficos, que segundo Gessler *et al.* (2000, *apud* Pinheiro *et al.* 2012)[3], são utilizados como varáveis auxiliares na predição espacial dos padrões solo-paisagem e contribuem para o aperfeiçoamento do mapeamento.

Deste modo, os métodos de mapeamento geomorfológico de Ross (1992) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), associados as técnicas geomorfométricas, serão aplicadas ao mapeamento geomorfológico na escala 1:100.000 das cartas MI 2682 - PR (Pato Branco) e MI 2683 - PR (Clevelândia). Como objetivo desta pesquisa, serão identificadas as feições geomorfológicas de padrões de relevo (4º táxon) referentes à proposta taxonômica de Ross (1992, p. 19) a partir de uma série de atributos topográficos gerados a partir de um MDE que foi obtido dos dados de Cartas Bases de escala 1:50.000. Com o resultado da identificação dos padrões de relevo, foi elaborada uma carta geomorfológica na escala 1:100.000 e construída uma legenda representativa dos fatos geomorfológicos. Os resultados obtidos foram posteriormente interpretados e discutidos, e servirão como subsídio para o projeto do mapeamento geomorfológico do estado do Paraná na escala 1:100.000.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho abrange as cartas Pato Branco e Clevelândia (MI 2682 e MI 2683), localizadas na região sudoeste do estado do Paraná. Ambas abrangem parte do estado de Santa Catarina, entretanto trabalhou-se apenas com as áreas do território paranaense, que somam 4572,24 km^2.

As cartas abrangem os municípios de Pato Branco, Vitoriano, Mariópolis, Renascença, Bom Sucesso do Sul, Honório Serpa, Coronel Vivida, Clevelândia, Itapejara d'Oeste, Francisco Beltrão, Marmeleiro, Mangueirinha, Palmas, Coronel Domingos Soares e Reserva do Iguaçu.

---

[2] TOBLER, W. R. The development of analytical cartography — a personal note. **Cartography and Geographic Information Science** 27 (3), 189–194, 2000.

[3] GESSLER, P.E.; CHADWICK, O.A.; CHAMRAN, F.; ALTHOUSE, L.; HOLMES, K. Modeling soil‑landscape and ecosystem properties using terrain attributes. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.2046‑2056, 2000.

A área de estudo está inserida na unidade geológica designada de Grupo Serra Geral, comforme Mineropar (2013), composta por três distintas formações e sete diferentes membros na área de estudo (Figura 1):

1) Formação Covó:

- Membro Guarapuava: abrangendo pequenas porções na região nordeste da área de estudo, teve origem por meio de fluxos de lava riolítica e depósitos de ignimibrito reomórfico e lava ignimbrítica (lava- like ignimbrite);
- Membro Palmas: abrange grande porção no leste e sudeste da área de estudo. Compreende fluxos de lava riolítica e depósitos de ignimbrito reomórfico e lava ignimbrítica (lava-like ignimbrite);

2) Formação Candói: agrega os derrames tabulares de basalto maciço e de cor cinza, com variedades cinza-esverdeadas;

- Membro Três Pinheiros: ocupa porções norte, centro e sul da área de estudo. no nordeste e algumas áreas no sudeste da carta. Compreende derrames de basalto hipohialino com entablamento em leque e em blocos;
- Membro Foz do Areia: ocupa porções no oeste, sul, centro e norte da área de estudo. Compreende derrames tabulares espessos de basalto fanerítico cinza, sem evidências de hidrotermalismo pervasivo, zona vesicular de topo delgada e descontínua, com preenchimentos de quartzo, calcita e zeólita, disjunção colunar e entablamento sigmoidal bem desenvolvidos, com níveis de brecha hidrovulcanoclástica somente na base da sequência;
- Membro Chopinzinho: ocupa áreas no consideráveis no centro-oeste e norte da carta, além de área em seu sudeste e nordeste. Compreende derrames tabulares com estrutura interna com zona de topo de basalto hipohialino com disjunção colunar fina recobrindo geodos de ametista, núcleo de basalto fanerítico cloritizado e intercalações de brecha hidrovulcanoclástica;

3) Formação Barracão: agrega conjuntos estratigraficamente espessos e regionalmente extensos de derrames lobados, associados a abundantes intercalações de brechas vulcanoclásticas e sedimentos terrígenos;

- Membro Flor da Serra do Sul: ocupa a área próxima a divisa com o estado de Santa Catarina. Compreende derrames tabulares de ferro-basalto roxo-esverdeado com entablamento em cunha, sigmoidal e tetragonal, intercalados a brecha hidrovulcanoclástica;
- Membro Salgado Filho: ocupa áreas no oeste da carta. Compreende intercalações de derrames lobados de basalto vesicular, brecha hidrovulcanoclástica, hidrotufo fino.

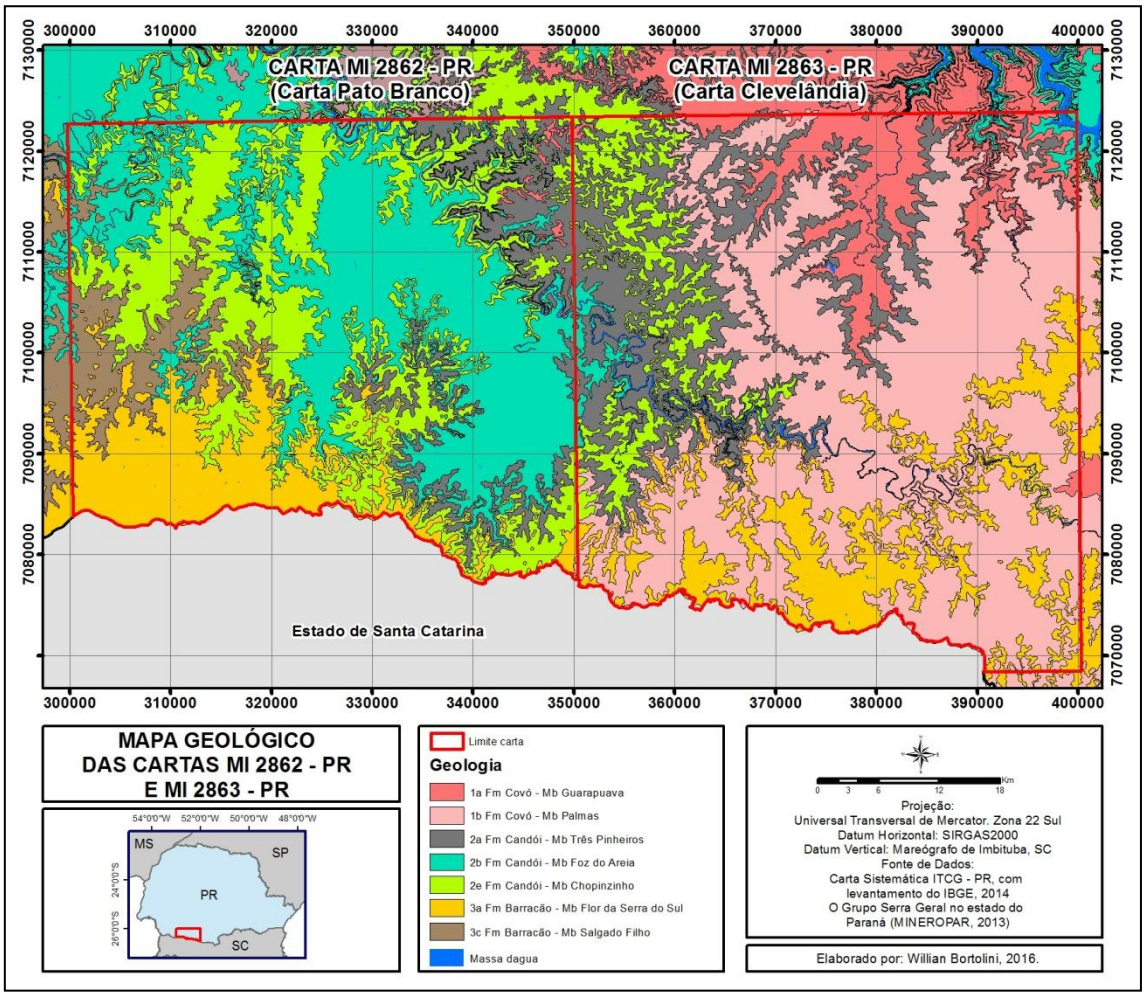


Figura 1 - Geologia da área de estudo.

Em relação aos aspectos geomorfológicos (Figura 2), a área de estudo está inserida na unidade morfoestrutural (1º táxon) "Bacia Sedimentar do Paraná" e na unidade morfoescultural (2º táxon) "Terceiro Planalto Paranaense". Referentes ao 3º táxon, a área é abrangida pelas seguintes subunidade morfoesculturais (MINEROPAR; UFPR, 2006):

1) Planalto de Francisco Beltrão, ocupa área de 1769,18 km^2 (38,69%) das cartas, apresenta dissecação média, e as classes de declividade predominantes menores que 6%, entre 6 e 12% e entre 12 e 30%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 615 metros com altitudes variando entre 478 (mínima) e 1.093 (máxima) m, e as formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V” aberto;

2) Planalto de Palmas/Guarapuava, que ocupa uma área de 1828,94 km^2 (40%) das cartas, apresenta dissecação baixa, e as classes de declividades predominantes menores que 6%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 471 metros com altitudes variando entre 680 (mínima) e 1151 (máxima) m. s. n. m. (metros sobre o nível do mar), e as formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e convexas e vales em “U”;

3) Planalto do Alto Capanema, que ocupa uma área de 38,65 km^2 (0,85%) das cartas, apresenta dissecação alta, e a classe de declividade predominante entre 12 e 30%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 352 metros com altitudes variando entre 637 (mínima) e 989

(máxima) m. s. n. m, e as formas predominantes são topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V”;

4) Planalto do Alto/Médio Piquiri, que ocupa uma área de 793,2 km^2 (17,35%) das cartas, apresenta dissecação média, e a classe de declividade predominante entre 12 e 30%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 554 metros com altitudes variando entre 493 (mínima) e 1047 (máxima) m. s. n. m, e as formas predominantes são topos alongados e isolados, vertentes convexas e convexo-côncavas e vales em “U” aberto ;

5) Planalto de Clevelândia, que ocupa uma área de 61,91 km^2 (1,35%) das cartas, apresenta dissecação média, e as classes de declividades predominantes são menores que 6% e entre 12 e 30%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 461 metros, com altitudes variando entre 673 (mínima) e 1.134 (máxima) m. s. n. m, e as formas predominantes são topos aplainados com residuais de aplanação, vertentes convexas e convexo-côncavas e vales em “V”;

6) Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro, que ocupa uma área de 80,36 km^2 (1,76%), apresenta dissecação alta e a classe de declividade predominante é entre 12 e 30%. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 499 metros com altitudes variando entre 604 (mínima) e 1.103 (máxima) m. s. n. m, e as formas predominantes são topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus.

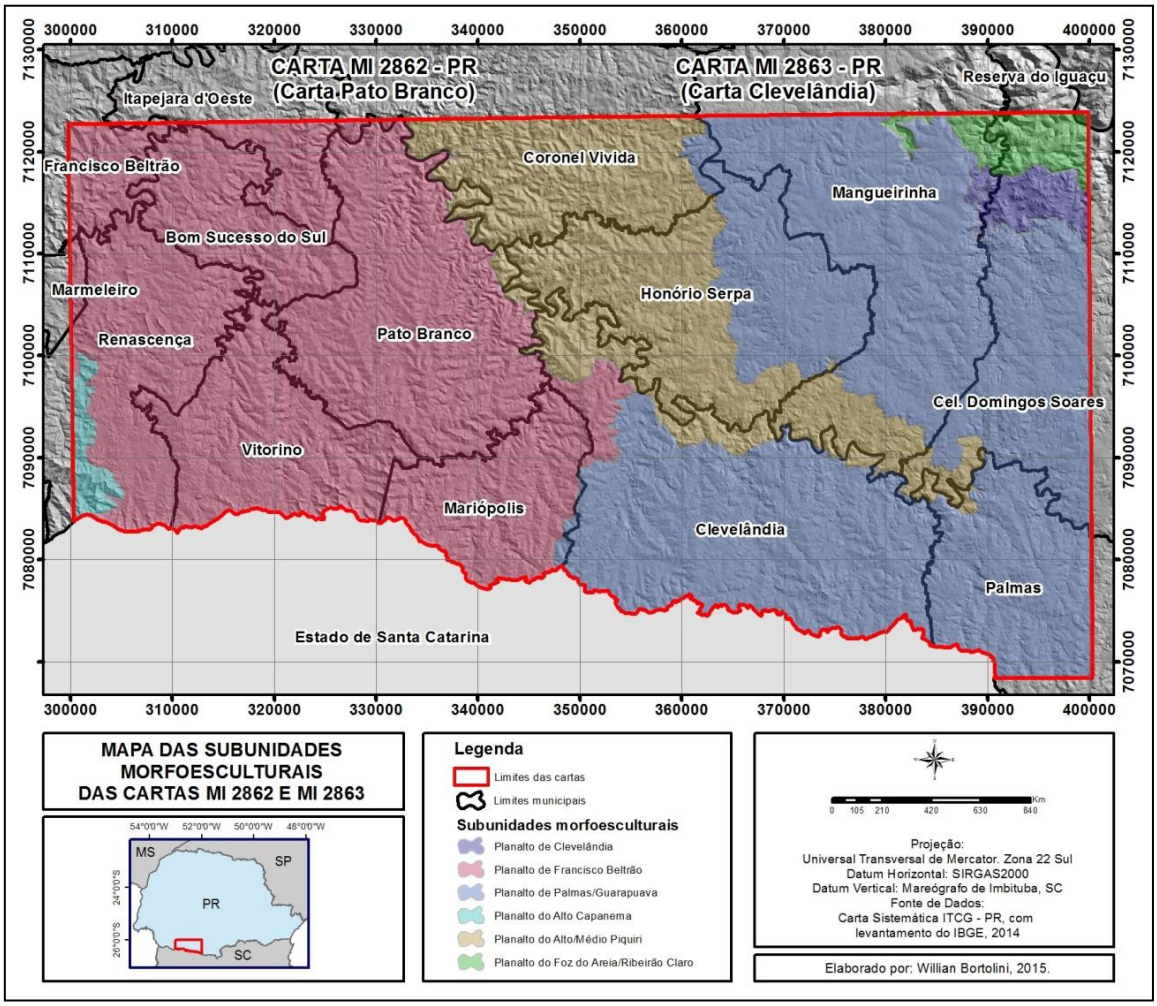


Figura 2 - Subunidades morfoesculturais da área de estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA

Segundo Silva (2010, p. 13) a cartografia aplicada a geomorfologia é um método que fornece a "representação da gênese, estrutura e processos ocorridos nas formas de relevo de uma determinada recorte espacial e permite fornecer a ideia precisa da dinâmica do relevo, avaliando fatores ligados a processos de origem e transformação do relevo", e segundo Santos *et al*. (2006) se constituindo como um dos principais instrumentos de representação do relevo. Para Ross (1990, *apud* Santos *et al*., 2006)[4] ela também possui importância no planejamento ambiental, fornecendo informações sobre potencialidades, vulnerabilidades, restrições e riscos de ocupações e intervenções possíveis na paisagem.

Segundo Ross (1992) a cartografação geomorfológica deve mapear concretamente o que se vê e não o que se deduz da análise geomorfológica". Segundo Ross (1992), Coltrinari (1984) e Souza (2006), os mapeamentos geomorfológicos devem fornecer informações o mais precisas quanto possível sobre quatros aspectos: morfometria, morfologia, gênese e cronologia. A representação cartográfica do relevo se caracteriza pela complexidade de informações a serem relatadas (GUERRA E MARÇAL, 2006, *apud* SILVA, 2010)[5].

A elaboração da legenda cartográfica se revela como umas das principais problemáticas na serem consideradas na cartografia geomorfológica (MULLER E SARTORI, 1999 *apud* SILVA, 2010)[6]. Segundo Souza *et al*., (2003), o mapeamento geomorfológico deve ser apoiado sob critérios de representação gráfica bem definidos, visando otimizar a leitura e facilitar a interpretação por parte do usuário. Entretanto, Ross (1992, p. 25) afirma que "a cartografia geomorfológica ressente-se da dificuldade de encontrar adequado modelo de representação gráfica, existindo uma diversidade de propostas metodológicas, que valorizam sempre um determinado elemento do relevo".

2.1.1 Método de mapeamento geomorfológico de Ross (1992) e IBGE (2009)

Devido a complexidade da representação relevo e ao fato da superfície terrestre ser composta por formas de relevo de diferentes tamanhos, Ross (1992) desenvolveu uma proposta de mapeamento geomorfológico considerando o relevo em seis diferentes táxons, produtos do antagonismo entre os processos endógenos e exógenos (Figura 2): 1) 1º táxon: unidades morfoestruturais; 2) 2º táxon: unidades morfoesculturais; 3) 3º táxon: unidades de padrões de formas semelhantes, que são conjuntos de formas menores do relevo, que apresentam rugosidade topográfico ou grau de dissecação semelhantes; 4) 4º táxon: formas de relevo individualizadas dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes, sendo ser de

[4] Ross, J. L. S. (1990) Geomorofologia, Ambiente e Planejamento. S. Paulo, Ed. Contexto.
[5] GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
[6] MULLER FILHO, I. L.; SARTORI, M. G. B. **Elementos para a interpretação geomorfológica de cartas topográficas: contribuição a análise ambiental.** Santa Maria: Ed. UFSM, 1999.

agradação, de denudação, sendo semelhantes entre si tanto na morfologia quanto na morfometria, ou seja, no formato, bem como na idade; 5) 5º táxon: "vertentes ou setores de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo"; 6) 6º táxon: "formas de relevo menores, geradas ao longo das vertentes por processos geomórficos atuais, e principalmente por indução antrópica".

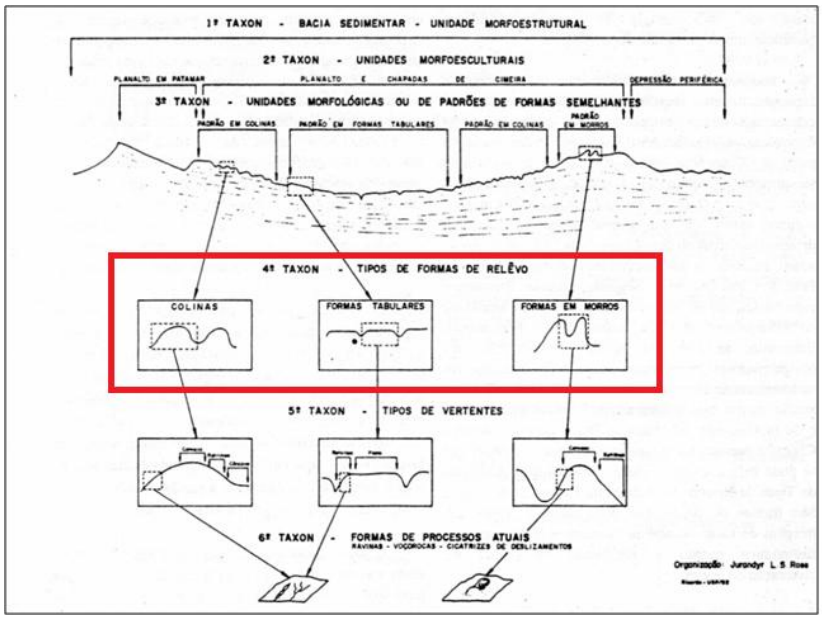


Figura 3 - Proposta taxonômica de Ross, com destaque em vermelho para o 4º táxon (objeto desta pesquisa). Adaptado de Ross (1992).

Baseado na proposta taxonômica de Ross (1992), foram realizados os mapas geomorfológicos de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1997) e o mapeamento geomorfológico do estado do Paraná (SANTOS *et al.*, 2006), sendo que o último representou o três primeiros táxons geomorfológicos na escala 1:250.000, sendo um marco fundamental na pesquisa geomorfológico no estado, devido ao fato de ser o primeiro mapeamento sistemático do relevo no estado.

A proposta de mapeamento geomorfológico do IBGE (2009) têm como princípio básico o ordenamento dos fatos geomorfológicos segundo uma classificação temporal e espacial, distinguindo os modelados como unidade básica e seus grupamentos hierarquicamente relacionados. A individualização destes conjuntos de feições são realizados levando em consideração parâmetros como fatores causais, responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico. Os táxons identificados de acordo com a ordem decrescente de grandeza são: 1) Domínios Morfoestruturais; 2) Regiões Geomorfológicas; 3) Unidades Geomorfológicas; 4) Modelados; 5) Formas de Relevo Simbolizadas.

2.1.2 Mapeamento de padrões de relevo

Uma série de trabalhos mapearam padrões de relevos levando como base a proposta metodológica de Ross (1992) e do IBGE (2009). Os padrões foram identificados a partir de

fotointerpretação, caso do mapeamento realizado por Ross e Moroz (1997); ou fotointerpretação associada a interpretação de atributos topográficos gerados a partir de MDEs, caso dos mapeamentos realizados por Carneiro e Souza (2003), Augustin *et al.* (2011), CPRM e IPT (2014) e Silva (2010).

Alguns trabalhos utilizam como referência inicial, auxiliando na fotointerpretação, parâmetros de classificação de padrões de relevo ou modelados levando em consideração a amplitude altimétrica predominante ou local e declividade predominante. São exemplos destes o mapeamento de padrões de relevo da CPRM e IPT (2014), Carneiro e Souza (2003) e Ponçano *et al.* (1981).

2.2 GEOMORFOMETRIA

A geomorfometria é definida como a ciência da análise quantitativa da superfície da terra (PIKE *et al.*, 2009). Desde a revolução computacional e do surgimento de modelos digitais de elevação (MDEs), a geomorfometria experimenta um intenso desenvolvimento, se tornando uma moderna abordagem analítico-cartográfica para representar a superfície da Terra (TOBLER, 2000, *apud* SILVEIRA, 2015)[7]. Pike (2000) a considera como uma combinação entre as ciência da terra e da computação, com a matemática e a engenharia.

O foco da geomorfometria moderna está na extração de medidas descritivas (parâmetros) e feições espaciais (objetos) (WILSON, 2012). A primeira, segundo Evans (1972, *apud* WILSON, 2012)[8] se refere a geomorfometria geral, que trata de descrever superfícies contínuas. A segunda se refere a geomorfometria específica, que trata de descrever formas de relevo discretas. Para Evans (2012) formas de relevo são seguimentos limitados de uma superfícies e podem ser contínuos, sendo um tipo de objeto geomorfológico (ou geomorfométrico). Para o mapeamento geomorfológico a definição dos vários tipos de formas de relevo é essencial, e a completa delimitação é a principal necessidade da geomorfometria específica, sendo que para se mensurar as características geomorfológicas, as formas de relevo individuais devem ser separadas de seus arredores.

Bolongaro-Cravenna *et al*. (2005) cita a relação entre as formas de relevo e os parâmetros numéricos utilizados para descrevê-las. Silveira (2015) afirma que deste modo um objetivo da geomorfometria é extrair assinaturas de processos geomorfológicos, que são definidas por Pike (1986, *apud* PIKE, 1988, p. 494)[9] como "um conjunto de medidas que descrevem uma forma topográfica suficientemente bem ao ponto de se distinguir paisagens geomorficamente distintas". A descrição numérica geométrica, juntamente com a relação entre topografia, processos e formas,

---

[7] TOBLER, W. R. The development of analytical cartography — a personal note. **Cartography and Geographic Information Science** 27 (3), 189–194, 2000.

[8] Evans, I.S., 1972. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley, R.J. (Ed.), Spatial Analysis in Geomorphology. Harper andRow, London, pp. 17–90.

[9] Pike, R. J., 1986, Geometric Signatures of Intermediate-Scale Topography [abs.]: Geol. Soc. Amer. Abst. Prog., v. 18, no. 2, p. 171.

nos dá a possibilidade da delimitação de formas de relevo por meio de um conjunto consistente de regras (ROMSTAD, 2001).

2.2.1 Modelos Digitais de Elevação (MDE) e atributos topográficos

A operação fundamental na geomorfometria é a extração de parâmetros e objetos dos MDEs. Os MDEs são considerados a principal via de entrada para análise morfométrica, sendo considerados por Pike *et al.* (2009, p. 5) como "um conjunto de pontos em um plano cartesiano atribuindo valores aproximados de elevação da superfície da terra". O mesmo autor também conceitua MDE como "nada mais que um *raster* ou um *vetor* que representa a altitude da superfície terrestre sobre o nível do mar ou qualquer outra referência horizontal" (PIKE *et al.*, 2009, p. 6).

A construção de MDEs podem se dar por três fontes: técnicas de levantamento de campo, com a aquisição de latitude, longitude e elevação; mapas topográficos existentes, com dados de curvas de nível, drenagens, lagos e pontos de elevação; sensoriamento remoto, com a interpretação de fotografias aéreas ou imagens obtidas por satélites, radares e levantamentos *Laser* (NELSON *et al*., 2009 *apud* SILVEIRA, 2015)[10].

Para Hengl e MacMillan (2009) a principal justificativa para o uso de MDEs no mapeamento e modelagem de paisagens naturais se da devido a sua variedade e riqueza de medidas, mensurações e objetos que podem ser derivados através da análise automática de dados de elevação. Segundo Zhou (2004) MDEs fornecem parâmetros como declividade, aspecto, curvatura, entre outros. Parâmetros também são conhecidos como atributos topográficos, que são distinguidos entre: primários, que são gerados diretamente do MDE; e secundários, que são gerados a partir da combinação de atributos topográficos primários e se constituem baseados fisicamente ou derivados empiricamente que podem caracterizar a variabilidade espacial de processos específicos ocorrendo na paisagem (WILSON E GALLANT, 2000). Os atributos primários incluem declividade, amplitude altimétrica, aspecto, plano e perfil de curvatura, acumulação de fluxo, e os atributos secundários incluem Índice de Posição Topográfica (IPT) e Índice Topográfico de Umidade (ITU).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho será dividida em seis fases: 1) Pesquisa bibliográfica; 2) Levantamento das bases de dados; 3) Geração do MDE; 4) Execução dos cálculos dos atributos topográficos a partir do MDE; 5) Elaboração semi-automatizada da carta geomorfológica no 4º táxon a partir do uso de atributos topográficos. 6) Campanha de campo nas áreas de estudo para identificação dos padrões de relevo. Todos os processamentos serão realizados em ambiente SIG

[10] NELSON, A.; REUTER, H. I.; GESSLER, P. DEM Production Methods and Sources. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry: Concepts, Software, Applications**. Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 31-64, 2009.

(sistema de informações geográficas), utilizando o software *ArcGIS 10.1* da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) e suas ferramentas e extensões.

Como primeira etapa, a pesquisa bibliográfica consiste na leitura e estudo acerca dos temas: cartografia geomorfológica; taxonomia geomorfológica; geomorfometria; modelos digitais de elevação (MDE) e atributos topográficos. Na segunda etapa foram levantadas as bases de dados das Cartas Base do Departamento de Serviço Geográfico (DSG) do ano de 2002 e as Cartas Base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:50.000, contendo os dados de curvas de nível, ponto cotados e hidrografia; e o mapeamento geológico do Grupo Serra Geral do estado do Paraná, pela Mineropar (2013).

A partir da base de dados levantada, foi executada a terceira etapa e gerado o MDE pelo método *Topogrid* (HUTCHINSON, 1988). A definição da resolução espacial (ou tamanho do *pixel*) é baseada em dois diferentes métodos (HENGL, 2006): abordagem cartográfica (Equação 1) e complexidade do relevo (Equação 2). O primeiro calcula o tamanho do *pixel* em função do fator de escala da base de dados e o segundo é calcula o tamanho do *pixel* em função da relação entre as curvas de nível e a área. Uma média entre os resultados obtidos pelos métodos foi calculada, sendo este valor posteriormente arredondado, resultando em uma resolução espacial de 30 metros.

$$p = SN \times 0{,}0005 \qquad \text{(Equação 1)}$$

p = tamanho do *pixel*;

SN = fator de escala;

$$p = \frac{A}{2 \times \sum l} \qquad \text{(Equação 2)}$$

p = tamanho do *pixel*;

A = área;

$\sum l$ = soma do comprimento das curvas de nível;

Em seguida, na quarta etapa, foram calculados os atributos topográficos, utilizados para identificar os padrões de relevo: amplitude altimétrica e declividade média. A amplitude altimétrica foi calculada a partir de um raio circular de 25 *pixels* (750m). Este valor de raio foi determinado a partir de uma série perfis de vertentes, que demonstraram que o comprimento médio das vertentes da área de estudo são de aproximadamente 750m. Deste modo, o valor do raio de 750m foi utilizado por conseguir recobrir duas faces de vertentes. A declividade foi inicialmente calculada a partir de uma janela móvel de 3x3 *pixels*. Em seguida, foi aplicado um filtro médio com raio circular de 25 *pixels*, resultando no atributo declividade média. O valor do raio foi determinado a partir da mesma lógica da determinação do raio no cálculo do atributo amplitude altimétrica.

Os parâmetros de discretização da amplitude altimétrica foram definidos a partir do conhecimento das características da área de estudo obtidos em trabalho de campo aliado a interpretação visual do relevo sombreado. Para o recorte, foram identificados seis distintos padrões de relevo (Tabela 1). Na campanha de campo, recolheu-se 48 pontos (Figura 4) e suas

respectivas características geomorfológicas, que serviram como amostras de campo para a definição dos parâmetros. Em laboratório, identificou-se por meio do atributo topográfico de relevo sombreado possíveis áreas pertencentes a cada padrão de relevo e delas foram recolhidas mais amostras. A partir dos valores de amplitude altimétrica destas amostras definiu-se os parâmetros de discretização deste atributo topográfico.

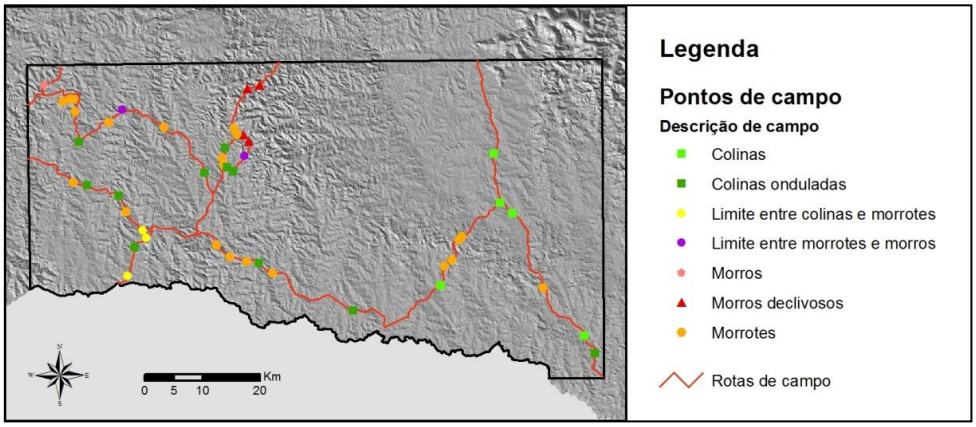


Figura 4 - Pontos e rotas percorridos na campanha de campo para a área de estudo.

A declividade média foi discretizada em três classes, segundo a seguinte lógica: 1ª Classe: abaixo do *valor da média - valor do desvio padrão*; 2ª classe: entre o *valor da média - valor do desvio padrão* e *valor da média + valor do desvio;* 3ª classe: acima do *valor da média + valor do desvio.*

Os parâmetros de discretização dos atributos topográficos calculados são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros de discretização dos atributos topográficos

Padrão de relevo	Amplitude altimétrica (m)	Declividade média (%)
Colinas	<80	<6,9
Colinas onduladas	<80	6,9 - 17,7
Morrotes	<80	>17,7
Morrotes	80 - 120	<17,7
Morros	80 - 120	>17,7
Morros	120 - 240	<17,7
Morros declivosos	120 - 240	>17,7
Serras	>240	Qualquer

Em seguida, foi gerado o mapa morfogenético do recorte. Este foi baseado na proposta de mapeamento geomorfológico do IBGE (2009), identificou-se dois tipos de morfogênese na área: dissecação homogênea e dissecação estrutural. A primeira se caracteriza pela ação fluvial em litologias diversas que não apresentam controle estrutural marcante. Neste observa-se diversos tipos de padrões de drenagem, porém com predomínio de padrões dendrítico, subparalelo, sub-retangular e outros compostos, cujos canais não seguem uma direção preferencial. Entretanto, a segunda é marcada por evidente controle estrutural, em rochas deformadas, caracterizada por inúmeras cristas, vales e sulcos estruturais, encontradas de forma comum em rochas metamórficas. Os padrões de drenagem treliça, paralelo e retangular indicam possíveis estruturas

geológicas ou acamamento estratigráfico. A identificação das áreas de morfogênese homogênea e morfogênese estrutural foi realizada a partir do traçado dos lineamentos considerando o direcionamento e orientação das formas de relevo interpretação visual de relevo sombreado (gerado a partir do MDE) e dos padrões de drenagem, aliado as estruturas fotointerpretadas e os contatos litológicos mapeados pela Mineropar (2013). Foram geradas bacias hidrográficas de área não superior a 5026 *pixels*, e cada uma das bacias foram classificadas segundo a gênese de seu relevo.

Os atributos topográficos foram então discretizados segundo os parâmetros estabelecidos. Em seguida a amplitude altimétrica, declividade média e o mapa morfogenético foram combinados por meio de algebra de mapas, e em seguida classificados segundo a combinação de parâmetros mostrada na Figura 5, resultando no mapeamento dos padrões de relevo e suas respectivas morfogêneses.

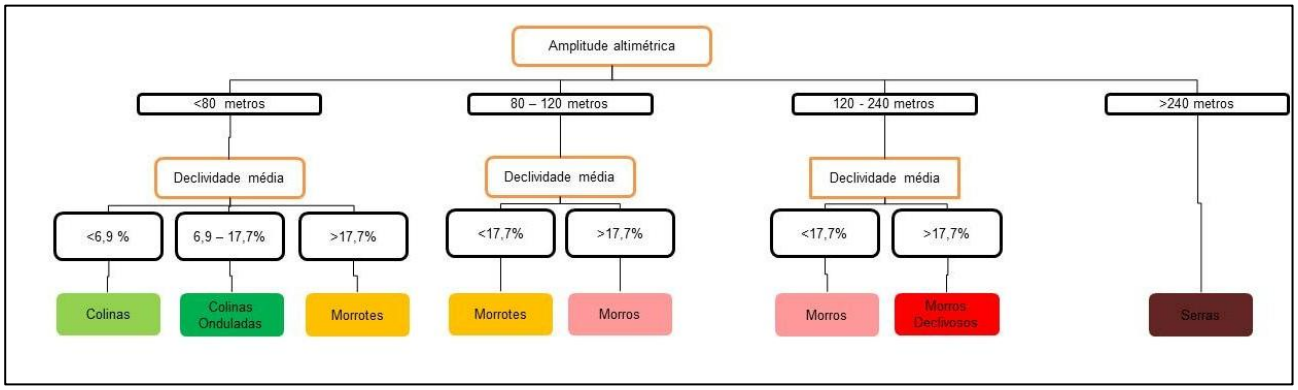


Figura 5 - Álgebra de mapas que resulta no mapeamento dos padrões de relevo

Foi aplicado na combinação obtida um filtro *nibble*, que substituí um *pixel* de um *raster* que corresponde a uma máscara com os valores dos vizinhos mais próximos. A mascara em questão são as porções continuas de *pixels* que foram classificadas como um determinado padrão de relevo que possuem áreas inferiores a 1963 *pixels* (ou 1767,15 km^2). Este valor para a mascara foi determinado visando generalizar o mapeamento de uma maneira que porções com determinado padrão de relevo com área inferior a área do raio aplicado no cálculo dos atributos topográficos fossem suprimidas e classificadas como o padrão de relevo mais próximo. A área da máscara foi calculada da seguinte maneira:

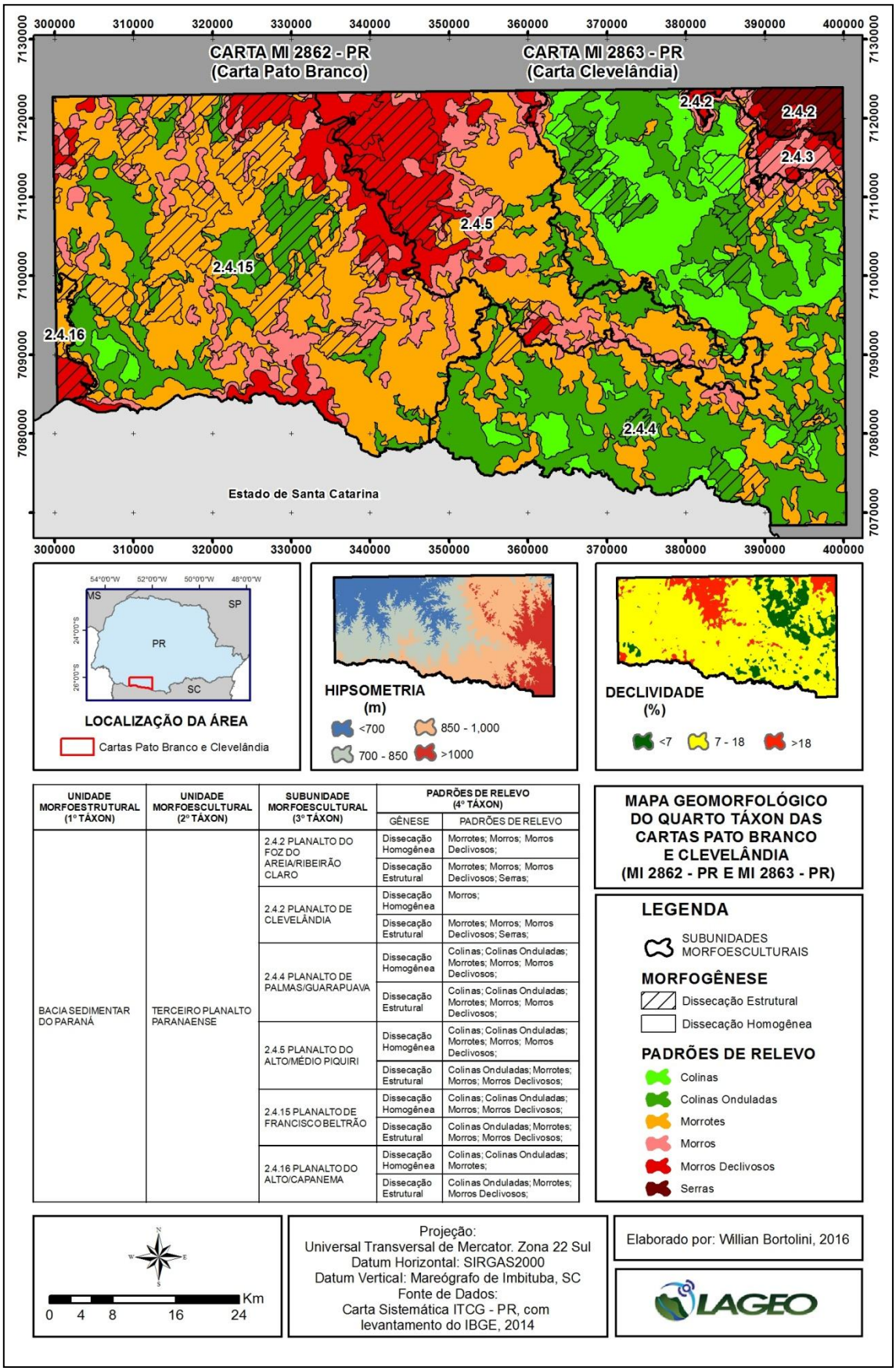
$$Área\ do\ raio\ circular\ de\ 25\ pixels = \pi \times 25^2$$

$$Área\ do\ raio\ circular\ de\ 25\ pixels \cong 1963\ pixels$$

Comparando os padrões de relevo mapeados com a realidade levantada em campo e a interpretação visual do relevo sombreado, necessitou-se realizar alguns ajustes manuais em alguns limites entre padrões de relevo, buscando corrigir os erros mais grosseiros que o mapeamento digital apresentou. Estes erros caracterizaram-se como imprecisões em limites e áreas classificadas como pertencente a um determinado padrão de relevo, mas que em campo foi observado como pertencente a outro padrão de relevo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados e mapeados no recorte estudado seis padrões de relevo: colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros declivosos e serras, sendo originados a partir de dois tipos de processos genéticos (dissecação homogênea e dissecação estrutural). O mapa geomorfológico do 4º táxon para as cartas Pato Branco e Clevelândia é apresentado na Figura 6.



UNIDADE MORFOESTRUTURAL (1º TÁXON)	UNIDADE MORFOESCULTURAL (2º TÁXON)	SUBUNIDADE MORFOESCULTURAL (3º TÁXON)	PADRÕES DE RELEVO (4º TÁXON)	
			GÊNESE	PADRÕES DE RELEVO
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ	TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE	2.4.2 PLANALTO DO FOZ DO AREIA/RIBEIRÃO CLARO	Dissecação Homogênea	Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
			Dissecação Estrutural	Morrotes; Morros; Morros Declivosos; Serras;
		2.4.2 PLANALTO DE CLEVELÂNDIA	Dissecação Homogênea	Morros;
			Dissecação Estrutural	Morrotes; Morros; Morros Declivosos; Serras;
		2.4.4 PLANALTO DE PALMAS/GUARAPUAVA	Dissecação Homogênea	Colinas; Colinas Onduladas; Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
			Dissecação Estrutural	Colinas; Colinas Onduladas; Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
		2.4.5 PLANALTO DO ALTO/MÉDIO PIQUIRI	Dissecação Homogênea	Colinas; Colinas Onduladas; Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
			Dissecação Estrutural	Colinas Onduladas; Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
		2.4.15 PLANALTO DE FRANCISCO BELTRÃO	Dissecação Homogênea	Colinas; Colinas Onduladas; Morros; Morros Declivosos;
			Dissecação Estrutural	Colinas Onduladas; Morrotes; Morros; Morros Declivosos;
		2.4.16 PLANALTO DO ALTO/CAPANEMA	Dissecação Homogênea	Colinas; Colinas Onduladas; Morrotes;
			Dissecação Estrutural	Colinas Onduladas; Morrotes; Morros Declivosos;

Figura 6 - Mapa geomorfológico do 4o táxon para as Cartas Pato Branco e Clevelândia (MI 2862 - PR e MI 2863 - PR).

Os padrões de relevo identificados e mapeados são classificados descritos e da seguinte maneira:

1. Colinas (Figura 7): caracterizam-se por possuírem vertentes longas, vales muito abertos e pela forma levemente arredondada e com ondulação suave, de baixa declividade. Ocupam área de 490,76 km^2 (10,73% da área de estudo), sendo 13,74% com morfogênese relacionada a dissecação estrutural e 86,16% com morfogênese relacionada a dissecação homogênea. Apresentam-se geralmente em porções altimétricamente elevadas das cartas, chegando a 1143,98 metros de altitude na região de divisor de águas entre o rio Iguaçu e rio Chopim, possuindo altitude média de 981,35 metros. A declividade média é de 5,39%.

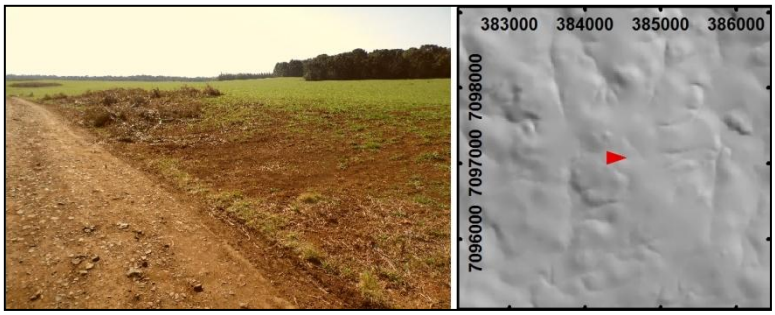


Figura 7 - Padrão de relevo de colinas.

2. Colinas onduladas (Figura 8): assemelham-se ao padrão de relevo de colinas, entretanto já demonstram maior dissecação, com vales mais entalhados, forma ondulada e declividades mais altas, contudo ainda baixas. Ocupam área de 1254,4 km^2 (27,43% da área de estudo), sendo 83,1% com morfogênese relacionada à dissecação homogênea e 16,9% com morfogênese relacionada a dissecação estrutural. Apresentam-se nas porções mais altas das cartas, próximas às partes altas do rio Chopim, assumindo altitudes de até 1150 metros, além de algumas áreas a leste do mesmo rio. Possui altitude média de 903 metros e declividade média de 8,6%.

Figura 8 - Padrão de relevo de colinas onduladas.

3. Morrotes (Figura 9): este caracteriza-se como um padrão de relevo com nível de entalhamento interfluvial intermediário entre colinas onduladas e morros. Apresenta uma dissecação mediana, com vertentes médias. Apresenta áreas com vertentes longas e vales pouco entalhados (semelhantes às colinas onduladas), entretanto possuí topos que apresentam maiores declividades e forma mais arredondada, que assemelha-se com pequenos morros. Ocupam área de 1782,33 km^2 (38,99% da área de estudo), sendo 22,65% com morfogênese relacionada à dissecação estrutural e 77,35% relacionada a dissecação homogênea. Este é o padrão de relevo

de maior área nas cartas, abrangendo desde porções altimétricamente mais baixas, abaixo de 500 metros, até porções mais elevadas, com mais de 1100 metros de altitude, próximas às áreas mais altas do rio Chopim. Possui altitude média de 801,88 metros e declividade média de 12,05%.

Figura 9 - Padrão de relevo de morrotes.

4. Morros (Figura 10): caracterizam-se por possuírem declividade média, vales que já apresentam grau de entalhamento significativo, e vertentes mais curtas, caracterizando-se como um padrão com dissecação bem evoluída. Difere dos morrotes por não mais possuir áreas com forma semelhante às colinas onduladas, que servem como “base” para os topos, e por possuir geralmente maior amplitude altimétrica local. Ocupam área de 500,51 km^2 (10,95% da área de estudo), sendo desta 72,37% com morfogênese relacionada à dissecação homogênea e 27,63% relacionada a dissecação estrutural. Localizam-se majoritariamente em áreas relativamente próximas ao rio Chopim e ao rio Iguaçu, além de áreas próximas ao limite entre os estados do Paraná e Santa Catarina, quase sempre circundando áreas de maior dissecação, formando um “cinturão” transitório entre os padrões de relevo de morrotes e morros declivosos. Apresenta as maiores altitudes nas porções mais a montante do rio Chopim e nas porções próximas ao rio Iguaçu, atingindo altitudes superiores a 1000 metros, e as altitudes menores são observadas nas porções mais a jusante do rio Chopim. A altitude média é de 779,3 metros e a declividade é de média é de 15,49%.

Figura 10 - Padrão de relevo de morros.

5. Morros declivosos (Figura 11): possuí forma semelhante ao padrão de relevo morros, entretanto apresenta declividades mais acentuadas, vales entalhados e vertentes geralmente curtas ou médias, o que resulta em um padrão de relevo com alto grau de dissecação. Ocupam área de 488,45 km^2 (10,68% da área de estudo), sendo desta 47,6% com morfogênese relacionada a dissecação homogênea e 52,4% com morfogênese relacionada a dissecação estrutural. Localizam-se majoritariamente nas áreas menos elevadas próximas ao rio Chopim,

atingindo altitudes inferiores a 500 metros, além de porções próximas ao rio Iguaçu e no limite do estado, onde apresenta altitudes mais elevadas, chegando a ultrapassar 1000 metros. A altitude média é de 692,15 metros e a declividade média é de 21,25%.

Figura 11 - Padrão de relevo de morros declivosos.

6. Serras: apresentam grande amplitude altimétrica local e declividades acentuadas. Suas vertentes são longas e seus vales são muito entalhados. Ocupam área de 55,16 km^2 (1,2% da área de estudo), sendo 100% com morfogênese relacionada à dissecação estrutural. Localiza-se em uma única porção, próxima ao rio Iguaçu, assumindo altitudes até superiores a 1000 metros. A altitude média é de 825,53 metros e a declividade média é de 29,57%.

Analisando a distribuição espacial dos padrões de relevo, percebe-se que as áreas caracterizadas como padrões de relevo de maior grau de dissecação, como os morros declivosos e as serras, se localizam próximas aos dois principais rios presentes nas cartas (Chopim e Iguaçu), e em contrapartida as áreas caracterizadas como padrões de relevo de baixo grau de dissecação estão localizados majoritariamente em áreas de maior altitude e mais distantes das principais drenagens. Isso evidencia a ação dos processos fluviais como agentes na modificação do relevo local. A exceção neste contexto está por conta da porção de morros declivosos localizados no limite entre os estados do Paraná e Santa Catarina, que também se caracteriza como divisor de águas entre a bacia hidrográfico do rio Paraná e a bacia hidrográfico do rio Uruguai.

Outra característica interessante observada na área estudada foi à relação entre o grau de dissecação do padrão de relevo com a porcentagem de sua área que possui morfogênese relacionada a processos estruturais. Observou-se que nos padrões de relevo serras e morros declivosos a maior parte de suas respectivas áreas foram classificadas como morfogênese de dissecação estrutural (100% e 52%, respectivamente), enquanto os padrões de relevo colinas e colinas onduladas apresentaram grande porcentagem de suas áreas classificadas como morfogênese de dissecação homogênea (86% e 83%). Isto pode indicar que as áreas onde há presença de estruturas ligadas a litologia, falhas e fotolineamentos estão mais propensas a desenvolver padrões de relevo com alto grau de dissecação na área estudada.

Conforme citado anteriormente, alguns limites entre padrões de relevo mapeados necessitaram de ajustes manuais, a partir de interpretação visual do relevo sombreado. Estas áreas totalizaram 0,77% de área total do recorte estudado. O padrão de relevo Serras foi o que

obteve a menor concordância (84%) entre o mapeamento sem ajustes manuais e o mapeamento com ajustes manuais, evidenciando a maior necessidade de ajustes e menor precisão do mapeamento digital aplicado. O padrão de relevo Morros obteve a segunda menor concordância (96,3%) e o padrão de relevo Morros Declivosos a terceira menor concordância (98,4%). Os demais padrões obtiveram concordância acima de 99%. A razão para estas imperfeições nos limites entre os padrões deve-se ao tamanho do raio utilizado para o cálculo dos atributos topográficos utilizados. Este raio, relativamente grande, tende a trazer imprecisões nos limites de áreas que possuem vertentes de comprimentos extremos (tanto para vertentes extremamente longas quanto curtas), pois o mesmo busca abranger de forma coerente as vertentes de tamanho intermediário, que são mais frequentes nas áreas de estudo. Isto é evidenciado pelo fato que os padrões que necessitaram de maiores ajustes foram os que possuem presença de feições com vertentes curtas (como morros e morros declivosos) ou maior presença de feições com vertentes longas (como na área de serras e alguns pontos de morros declivosos). Mais algumas considerações que podem se tecidas referem-se ao fato de que em padrões de relevo que apresentam vertentes alongadas, grande gradiante altimétrico local e tem seu limite marcado por uma ruptura hipsométrica abrupta, a modelagem digital aplicada tendeu a compartimentar suas vertentes, classificando as porções mais baixas como padrões de relevo menos dissecados, até as porções mais altas que ficaram classificadas como padrões de relevo mais dissecados (Figura 12A e 12C).

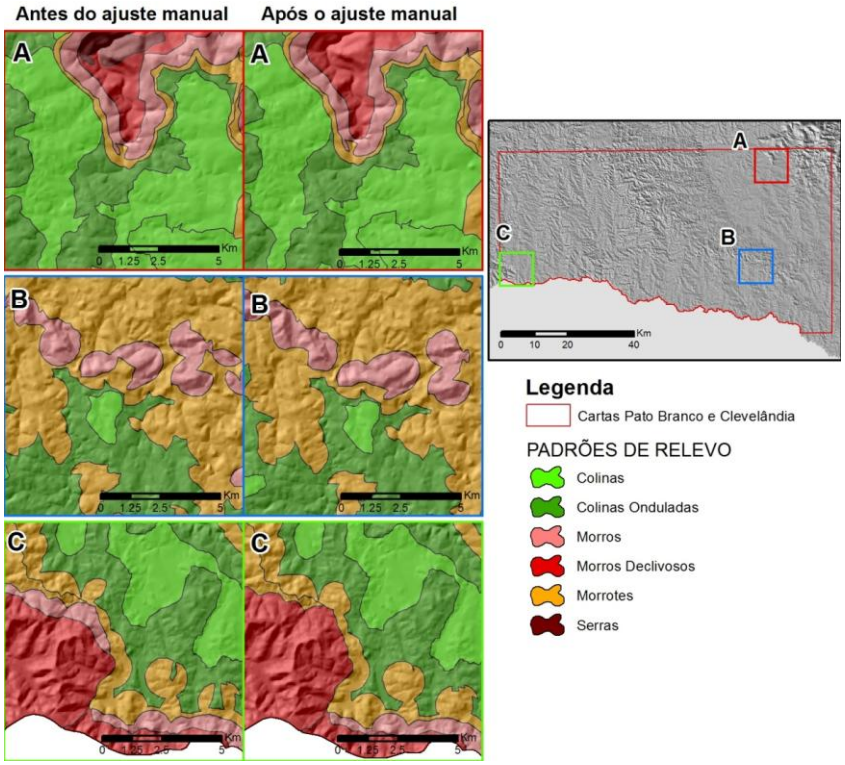


Figura 12 - Recortes de áreas que sofreram ajustes manuais nos limites entre padrões de relevo.

Sobrepondo o mapa de padrões de relevo final, já ajustado manualmente, com a localização dos 48 pontos recolhidos em campanha de campo Figura (4), observou-se que em

apenas cinco (8,3%) destes pontos a descrição de campo não condiz com o que foi mapeado. Acreditou-se que esta discordância deve-se ao fato de em campo observa-se apenas uma porção limitada do relevo, que pode assumir naquele exato ponto características diferentes do relevo que predomina em seu entorno. Como o que se busca mapear neste trabalho são padrões de relevo, que representam as características geomorfológicas predominantes em uma determinada área, estas porções isoladas de pequena abrangência e características distintas acabam sendo suprimidas e incorporadas pelo padrão de relevo mais próximo a partir do uso de um raio grande para o cálculo dos atributos e pela utilização da ferramenta de generalização *nibble*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo mapeada caracteriza-se pela predominância de padrões de relevo de baixou ou médio grau de dissecação (77,15% da área), no caso as colinas, colinas onduladas e morrotes. As áreas de padrões de relevo de maior grau de dissecação concentraram-se nas áreas próximas as porções mais baixas dos principais rios do recorte, já as demais áreas localizaram-se em áreas de interflúvio e áreas elevadas, evidenciando um processo de dissecação baseado na ação fluvial. Já as áreas de relevo formado por processos de dissecação com influência estrutural localizaram-se majoritariamente nas porções mais dissecadas, indicando uma relação entre fenômenos estruturais e a ação mais potente dos processos dissecacionais.

Quanto ao método de mapeamento digital aplicado neste trabalho, ele apresentou-se válido para o mapeamento de padrões de relevo para áreas com características semelhantes à área estudada, devido à alta concordância entre seus resultados e as observações em campo. As principal consideração a ser realizada sobre este método é a atenção que deve-se tomar no momento da decisão do tamanho do raio a ser utilizado no cálculo dos atributos topográficos, sempre buscando-se aplicar um raio que abranja o comprimento médio predominante nas vertentes da área de estudo.

As limitações apresentadas pelo método dizem respeito à dificuldade do mapeamento de porções que apresentam vertentes com comprimento extremante longos ou curtaos, trazendo imprecisões nos limites entre padrões de relevo e até mesmo compartimentando vertentes longas em mais de um padrão de relevo. A única forma até então encontrada para sanar estas imprecisões foram à realização de ajustes manuais. Entretanto, ainda assim este método semi-automátizado de mapeamento de padrões de relevo é extremamente interessante por mostrar-se mais otimizado quando comparado aos métodos tradicionais.

6. REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, C. H. R. ; FONSECA, B. M. ; ROCHA, L. C. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. **Geonomos.** Ano 19. n. 2. p. 50 - 69. 2011.

BOLONGARO-CREVENNA, A.; TORRES-RODRÍGUEZ, V.; SORANI, V.; FRAME, D.; ORTIZ, M. A. Geomorphometric analysis for characterizing landforms in Morelos State, Mexico. **Geomorphology 67** (3-4), p. 407-422, 2005.

CARNEIRO, C. D. ; SOUZA, J. J. Mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe da região de Jundiaí - Atibaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 4, n. 2. p. 17-30. 2003.

COLTRINARI, L. **Cartas geomorfológicas.** Orientação, São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, n. 5, out. de 1984.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL; IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000.** Ed. 1 (Nota técnica explicativa). Serviço Geológico do Brasil; Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 2014.

EVANS, I.S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**. 137, 94-106, 2012.

HENGL, T. Finding the right pixel size. **Computers & Geosciences.** 32, 1283-1298, 2006.

HENGL, T; MCMILLAN, R. A. Geomorphometry: A Key to Landscape Map and Modelling. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 433-460, 2009.

HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. **Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney,** Australia, 1988.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2009.

MINEROPAR - SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ. **Atlas geológico do estado Paraná.** Minerais do Paraná, Curitiba, 2001.

MINEROPAR - SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ. **O Grupo Serra Geral no estado do Paraná:** mapeamento geológico das cartas 1:250.000 de Guaíra, Guaraniaçu, Cascavel, Campo Mourão, Guarapuava, Pato Branco e Clevelândia. Vol 1 (Textos). Minerais do Paraná. Curitiba, 2013.

MINEROPAR - SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ. **O Grupo Serra Geral no estado do Paraná:** mapeamento geológico das cartas 1:250.000 de Guaíra, Guaraniaçu, Cascavel, Campo Mourão, Guarapuava, Pato Branco e Clevelândia. Vol 2 (Anexos). Minérios do Paraná. Curitiba, 2013.

MINEROPAR - SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ; UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos.** Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

PIKE, R. J.; EVANS, I., HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 3-30, 2009.

PIKE, R. J. The geometric signature: quantifying landslide-terrain types from digital elevation models. **Math. Geol**. 20, 491–511, 1988.

PINHEIRO, H. S. K.; CHAGAS, C. S.; JÚNIOR, W. C.; ANJOS, L. H. C. **Modelos de elevação para obtenção de atributos topográficos utilizados em mapeamento digital de solos.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.9, p.1384-1394, 2012.

PONÇANO, W. L. (Coord.) *et al*. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. 2 v. (Publicação IPT, 1 183; Monografias, 5).

ROSS, J. S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCHUSP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997.

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992.

ROMSTAD, B. Improving relief classification with contextual merging. **Proceedings of ScanGIS'2001** — The 8th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science. Ås, Norway, p. 3–13, 2001.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 7, n. 2. p. 03-11. 2006

SILVA, J. M. F. **Caracterização e mapeamento das unidades geomorfológicas da bacia do rio Pequeno, Antonina – PR.** 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

SILVEIRA, R. M. P. **Análise digital do relevo como apoio para a cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense.** 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

SILVEIRA, R. M. P. ; SILVEIRA, C. T. ; OKA-FIORI, C. Análise digital do relevo aplicada no mapeamento de unidades geomorfológicas. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 43-68, 2012.

SILVEIRA, R. M. P. ; SILVEIRA, C. T. ; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.87-101, 2014.

SOUZA, L. H. F. **Representação gráfica de feições lineares do relevo:** proposta de aplicação de simbologia linear digital na cartografia geomorfológica. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

SOUZA, L. H. F. , *et al.* **Aplicação e desenvolvimento de simbologia gráfica empregada em mapeamento geomorfológico:** um estudo de caso da abordagem cartográfica comparativa de metodologias geomorfológicas. II Simpósio Regional de Geografia. Uberlândia, 2003.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.

WILSON, J. P. Digital terrain modelling. **Geomorphology**, 137, p.107–121, 2012.

ZHOU, Q.; LEES, B.; TANG, G. (eds.). **Advances in Digital Terrain Analysis**. Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Berlim: Springer-Verlag, 2008.