

COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO DE FORMA AUTOMATIZADA EM AMBIENTE SIG NA BACIA HIDROGRÁFICA AREAL DO LIMEIRA, CACEQUI/RS

Lucas Krein Rademann¹; Romario Trentin²

Resumo: Nos últimos anos tem se buscado a utilização de SIGs e de ferramentas de geoprocessamento avançadas para a realização de mapas geomorfológicos, buscando mais agilidade e precisão na obtenção dos dados. Sob esta perspectiva o presente trabalho tem por objetivo realizar a compartimentação do relevo, através do uso de *geomorphons* da Bacia Hidrográfica do Rio Areal do Limeira no município de Cacequi/RS. Para a realização da compartimentação do relevo foram utilizadas as imagens de radar ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros, disponibilizadas pela ASF. A metodologia utilizada para determinação dos *geomorphons* se baseia na variação de altura, distância e ângulo zenital entre os pixels para a determinação das feições do relevo permitindo determinar dez diferentes *geomorphons*. Na área de estudo houve um predomínio das classes de *slope* e *spurs*, que estão associadas às vertentes alongadas características das colinas da área de estudo. Desta forma a classificação do relevo de forma automatizada através do uso dos *geomorphons* se mostrou bastante eficiente, com grande rapidez e precisão na obtenção dos dados gerando um material que auxilia na compreensão do relevo e os processos atuantes, tendo um uso potencial no planejamento e ordenamento territorial.

Palavras-Chave: Geomorphons; Cartografia Geomorfológica; Análise ambiental

INTRODUÇÃO

O crescente avanço das tecnologias nos diferentes campos da ciência vem possibilitando que as análises científicas se tornem cada vez mais automáticas, rápidas e precisas. Nas geotecnologias o uso do SIG tem evoluído continuamente, tornando possível a identificação das formas do relevo e a sua classificação de maneira automatizada.

Com o desenvolvimento dessas tecnologias, passou-se a utilizar, cada vez mais, parametrização dos aspectos do relevo. Desta forma, Trentin e Robaina (2016) quando apresentam a compartimentação do relevo através de atributos geomorfométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã, explicam que a parametrização da morfologia do relevo por meio de SIG é o processo de extração de atributos quantitativos da topografia. O estabelecimento de critérios com parâmetros fixos, utilização de MDTs para o cálculo de variáveis permitem o mapeamento do relevo, diminuindo a subjetividade para a identificação e a delimitação das feições.

Wood (1996) destaca que a parametrização do relevo refere-se à representação quantitativa das características morfológicas da paisagem descritas de forma contínua por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica, os MDTs, que derivam os atributos.

¹ Mestrando, UFSM, lucasrademann@yahoo.com

² Professor Doutor, UFSM, romario.trentin@gmail.com

As aplicações de análise e identificação dos parâmetros do relevo são cada vez mais presentes nos trabalhos técnicos e acadêmicos. Seguindo algumas variações de denominação, pode-se citar (SPEIGHT, 1968) que utilizava a denominação dos parâmetros das formas do relevo; (MOORE et al., 1991, 1993) e mais recentemente (WILSON; GALLANT, 2000; CHAGAS, 2006; SILVEIRA et al., 2012) que utilizam as definições de atributos topográficos; definições de atributos geomorfométricos (SCHMIDT; DIKAU, 1999); variáveis topográficas (VALERIANO, 2003; VALERIANO; CARVALHO JÚNIOR, 2003), variáveis morfométricas (SHARY et al, 2002; VALERIANO, 2005), dentre outras definições aplicadas.

Entre os principais parâmetros analisados nos trabalhos de morfometria do relevo se destacam plano e perfil de curvatura, orientação da vertente, hipsometria e declividade, tendo como base os MDEs obtidos de mais variadas formas (VALERIANO, 2005, 2003; CHAGAS, 2006; MOORE et al., 1991, 1993). Dentro desta proposta de morfometria Iwahashi e Pike (2007) apresentam uma proposta de classificação dos elementos do relevo automatizada. Sua proposta utiliza de parâmetros morfométricos do relevo, como hipsometria, declividade e plano e perfil de encosta, para a obtenção de diferentes feições do relevo de forma automática e não supervisionada, buscando diminuir a subjetividade das classificações do relevo.

Nesse mesmo sentido Jasiewicz e Stepinski (2013) também realizaram uma proposta de classificação dos elementos do relevo de forma automatizada, porém levando em consideração a textura do relevo buscando padrões que caracterizem elementos do relevo. Para isso, são analisados os valores dos pixels do MDE e o arranjo espacial das células, identificando os principais elementos fundamentais do relevo, classificados em dez classes, denominadas *geomorphons*. No estudo Jasiewicz e Stepinski (2013) aplicam a metodologia para o território da Polônia comparando o resultado utilizando diferentes tamanhos de pixels do MDE.

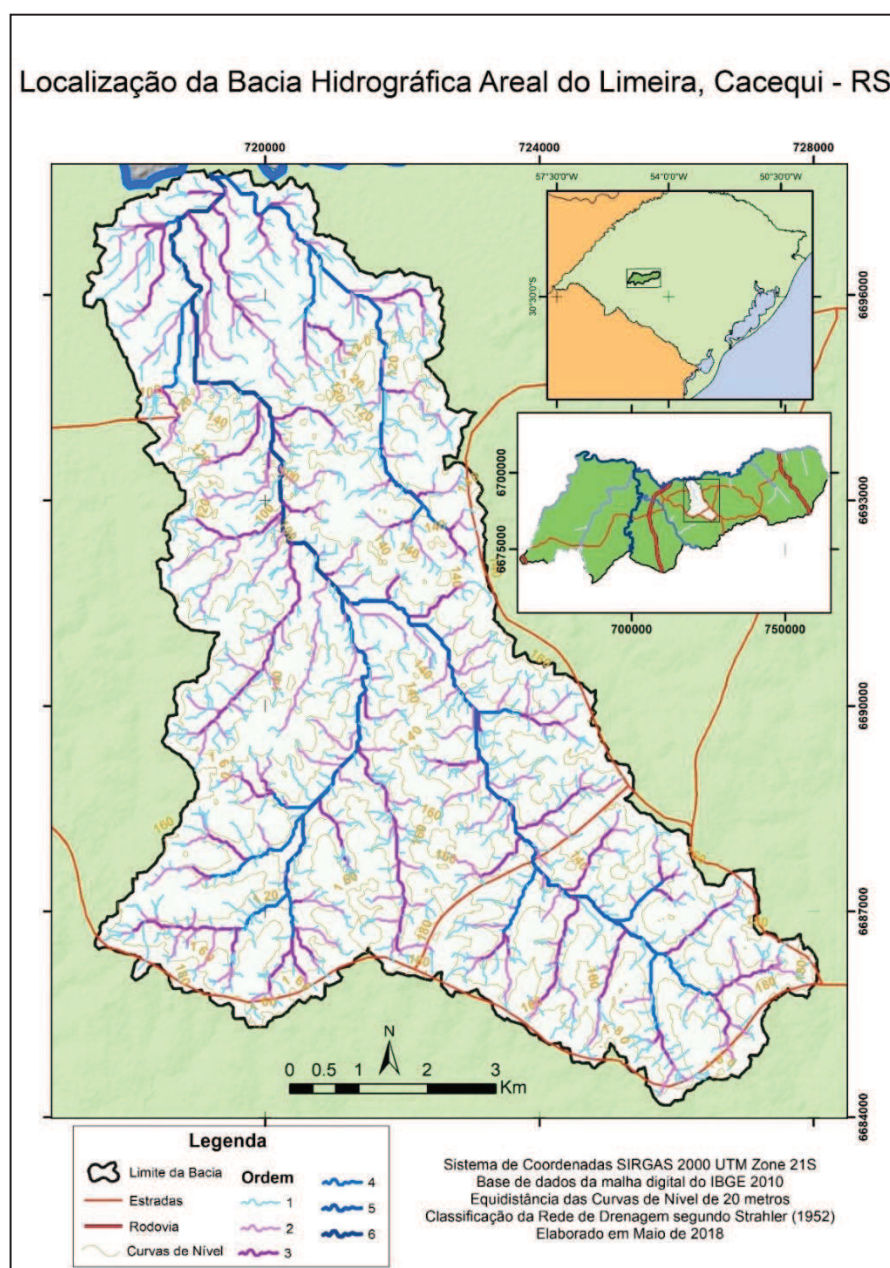
Esse método proposto por Jasiewicz e Stepinski (2013) tem sido utilizado para a compartimentação do relevo, em diversas áreas do Brasil. No Paraná com o trabalho de Silveira et al. (2018), no Tocantins com a compartimentação feita por Robaina et al (2017) e no Rio Grande do Sul apresentado no trabalho de Robaina, Trentin e Laurent (2016), bem como no território uruguaio no trabalho de Robaina, Trentin e Achkar (2017).

Quanto a qualidade do mapeamento do relevo com o uso dos *geomorphons* através da leitura dos trabalhos já produzidos sobre o tema, esta técnica se mostrou bastante efetiva para a compartimentação das diferentes formas de relevo. A diferenciação de elementos do relevo e a espacialização dos mesmos nos permite compreender e relacionar os elementos do relevo e ter uma ideia dos processos atuantes.

Portanto com o uso dos *geomorphons* na compartimentação do relevo é possível compreender os elementos e as formas do relevo e consequentemente os principais processos atuantes, podendo assim auxiliar no planejamento e ordenamento territorial na área de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Rio Areal do Limeira (BHAL) está localizada no município de Cacequi, no oeste do Rio Grande do Sul (Figura 1). Esta área do estado gaúcho é bastante suscetível a processos erosivos acelerados, devido às características de solos, rocha e relevo. São áreas onde ocorrem arenitos muito friáveis, com pouca presença de ligantes e solos com grande concentração das frações silte e areia fina.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Areal do Limeira.



Fonte: Os autores (2018)

Tendo em vista a utilização de SIGs e a automatização na análise do relevo, esse trabalho tem como objetivo a realização da compartimentação dos elementos do relevo através do uso dos *geomorphons* na Bacia Hidrográfica do Rio Areal do Limeira.

METODOLOGIA

Na elaboração do MDE para a análise do relevo foram obtidas imagens ALOS/PALSAR da área de estudo, disponibilizadas pela ASF (Alaska Satellite Facility) com resolução espacial de 12,5m. Após a obtenção do MDE da área de estudo foi utilizada a ferramenta *geomorphons* disponibilizada no endereço eletrônico <http://sil.uc.edu/geom/app> para a obtenção das unidades de *geomorphons* na BHAL.

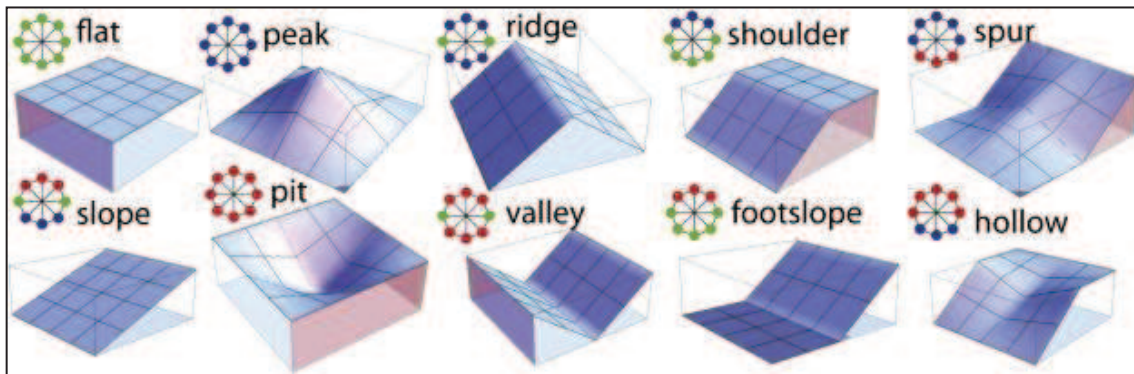
A obtenção dos *geomorphons* foi realizada através da metodologia proposta por Jasiewicz e Stepinski (2013) onde é considerado os níveis de cinza de um MDE e a diferença de altura entre os pixels do modelo de elevação formando os padrões dos elementos locais do relevo (LTP em inglês). Desta forma, considerando que se a célula for maior em relação a central, assume o valor de “1”, se é menor “-1” e se é igual, “0”. Esta informação é transferida para valores de elevação do terreno de maior, menor ou igual.

Além de considerar as diferenças de altitude das células é considerado o ângulo entre as células de interesse. Os ângulos medidos são o zenital e nadiral, ambos variando de 0° a 180°, sendo o zenital acima da linha do horizonte e o nadiral sendo medido abaixo da linha do horizonte. Com a determinação destes ângulos se tem uma ideia de textura do relevo, o que é importante para a determinação dos elementos.

Ainda a aplicação da ferramenta de *geomorphons* exige dois valores escalares livres como parâmetros. Os dois parâmetros livres são *lookup* “L” (distância em metros ou em unidades células) e *thresholdt* (nivelamento em graus). Para os parâmetros livres, aplicou-se valor de “L” igual a 50 pixels (625 metros) e graus “t” igual a 2°. Valores definidos de acordo com o relevo no local, sendo este bastante plano e com vertentes alongadas.

Através do uso da ferramenta dos *geomorphons*, com os parâmetros livres acima descritos, foram obtidos 10 elementos do relevo predominantes, que estão representados na figura 2.

Figura 2 – Representação gráfica dos elementos geomorphons;



Fonte: Adaptado de Jasiewicz e Stepinski (2013).

Após a obtenção dos geomorphons o arquivo foi trabalhado em ambiente SIG no *software* ArcGIS 10.1, desenvolvido pela ESRI, onde foi possível o cálculo da área de cada elemento e o cruzamento com a hidrografia.

Ainda, no *software* ArcGIS 10.1 foram elaborados os mapas hipsométrico com a divisão de classes de quebras naturais e de declividade com os limites de classe de 2, 5 e 15%, assim como proposto pelo IPT e amplamente utilizado nas análises geomorfológicas. No *Google Earth* foram obtidas imagens de alta resolução das áreas de interesse para melhor representação dos elementos do relevo.

RESULTADOS

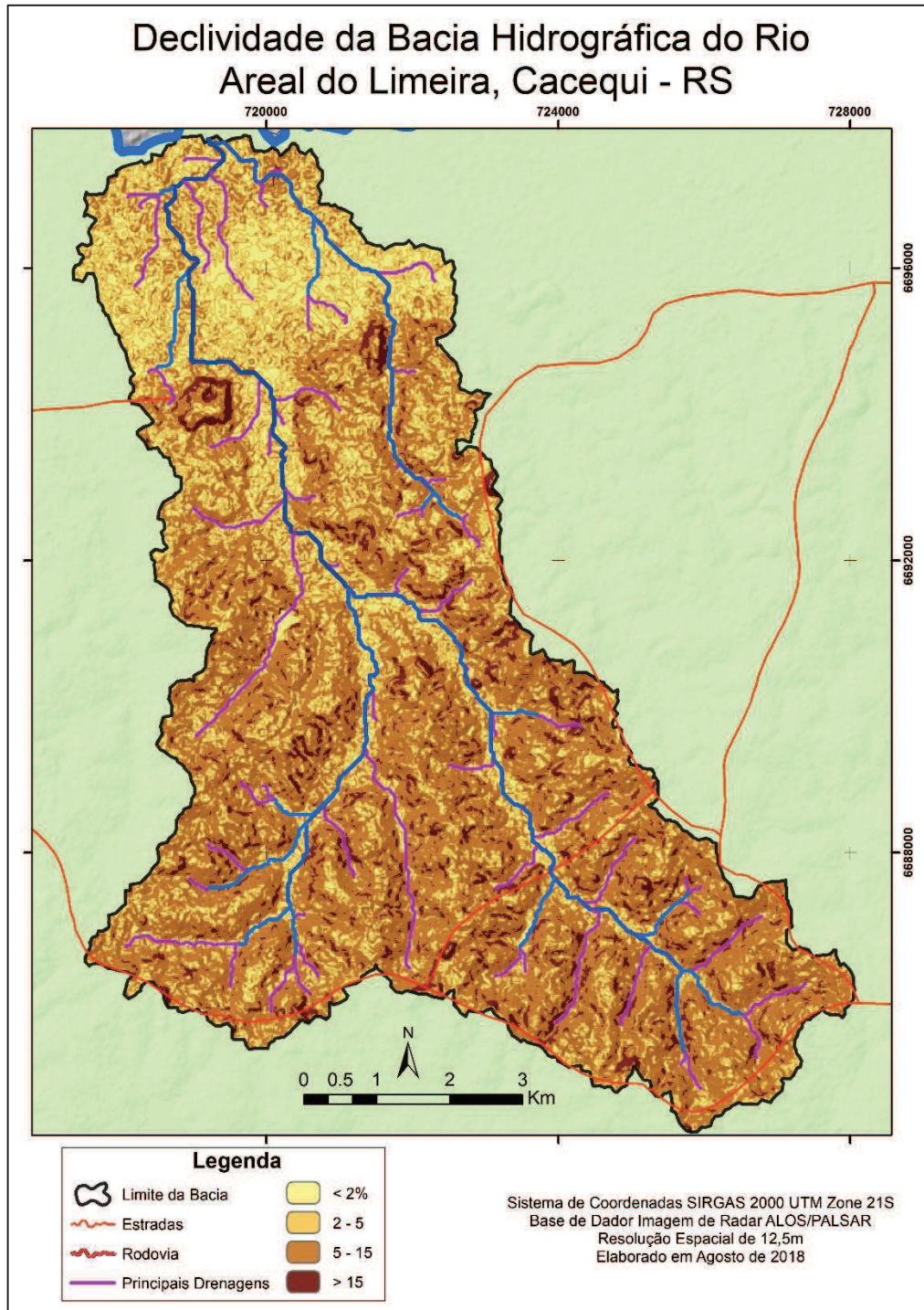
Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Areal do Limeira possui uma área total de 71, 14 km², estando localizado, de acordo com Rademann, Trentin e Robaina (2016), em uma área de transição de colinas e planície. Na porção superior compreende a unidade de colinas e mais próximo a foz, a planície fluvial do rio Ibicuí.

As colinas da área de estudo possuem declividades que variam de 5 a 15% tendo como máximo de declividade um valor de 52%, conforme o mapa da Figura 3. As áreas de planície apresentam declividades até 2%, estando associadas as partes baixas da bacia hidrográfica e o canal de drenagem principal. De modo geral a área de estudo possui declividades médias em torno de 6,9%, característico de relevo suave ondulado.

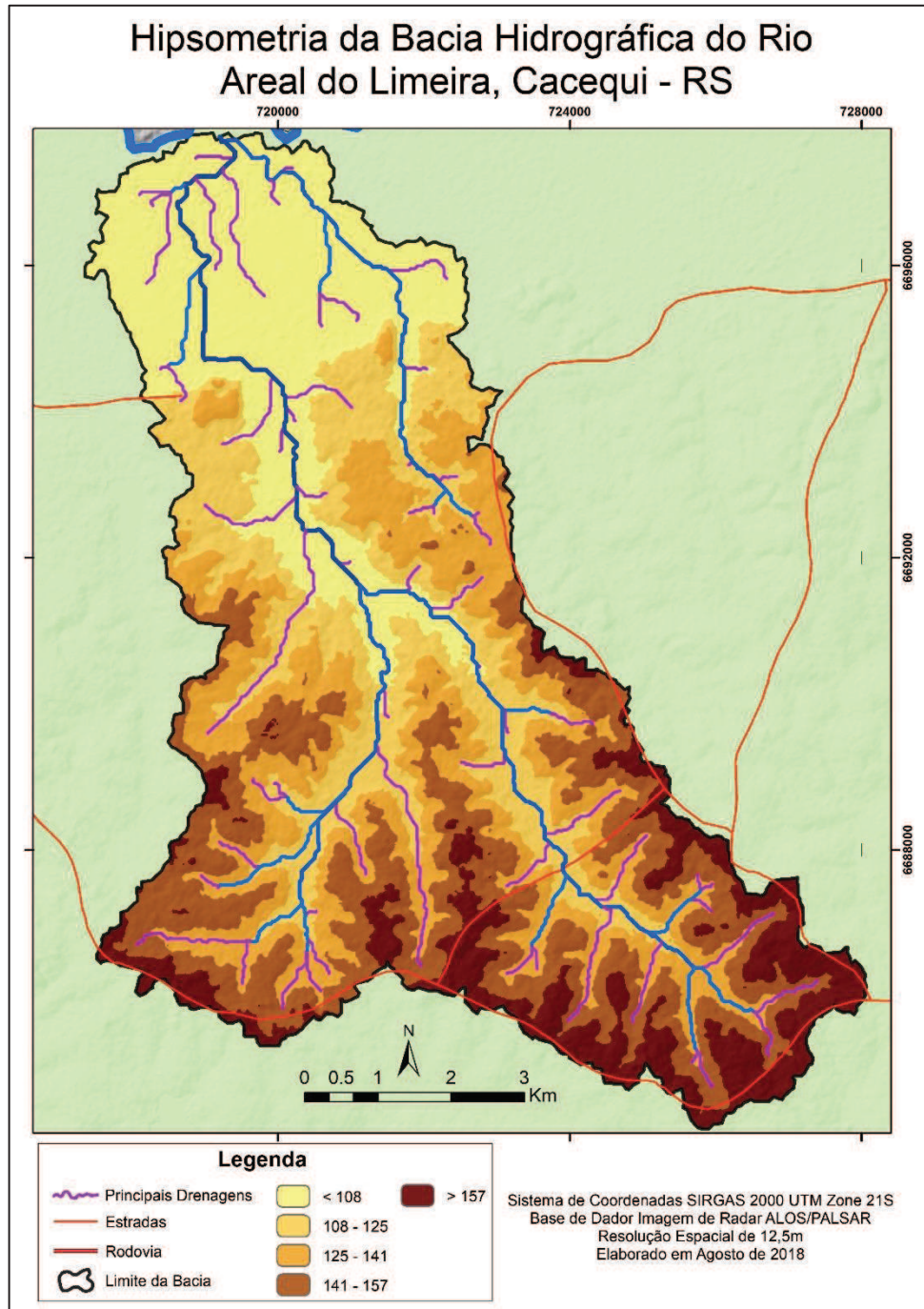
Em conjunto com as baixas declividades do relevo de colinas e planícies da área de estudo estão as baixas altitudes e amplitudes altimétricas. Na foz da BHAL a altitude é de 92 metros, e na porção mais alta chega a valores de altitude de até 190 metros, marcando uma amplitude altimétrica na bacia de 98 metros, como representado no mapa da Figura 4.

Figura 3 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Areal do Limeira;



Fonte: Os autores (2018)

Figura 4 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Areal do Limeira.



Fonte: Os autores (2018)

A litologia que mais está presente na bacia hidrográfica é de Arenitos Eólicos, pertencentes à Formação Pirambóia (CPRM, 2006). Estes arenitos de ambiente eólico são de coloração amarelo avermelhada, possuem estruturas de estratos cruzados caracterizando antigos depósitos eólicos. Estão localizados nas áreas de colinas, na porção superior da bacia hidrográfica.

Estes arenitos são bastante friáveis, com poucos ligantes e constituídos de grãos da fração areia fina, portanto Robaina Scoti e Trentin (2013) atentam que estas porções eólicas, da Formação Pirambóia, estão sujeitas a processos erosivos acelerados, que geram ravinas e voçorocas.

Já na porção mais baixa, próximo a foz do rio é possível observar a presença de Depósitos aluviais e Colúvios, que são litologias resultantes do depósito de materiais transportados pelos canais fluviais. Devido à proximidade da área de estudo com o Rio Ibicuí, as planícies da porção mais baixas são constituídas pelo material transportado e depositado pelo Rio Ibicuí.

Elementos Geomorphons

Através do mapeamento dos *geomorphons* na Bacia Hidrográfica do rio Areal do Limeira foi possível observar um predomínio da classe *slope*, com cerca de 30% da área da bacia hidrográfica, como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição das unidades geomorphons na bacia hidrográfica Areal do Limeira.

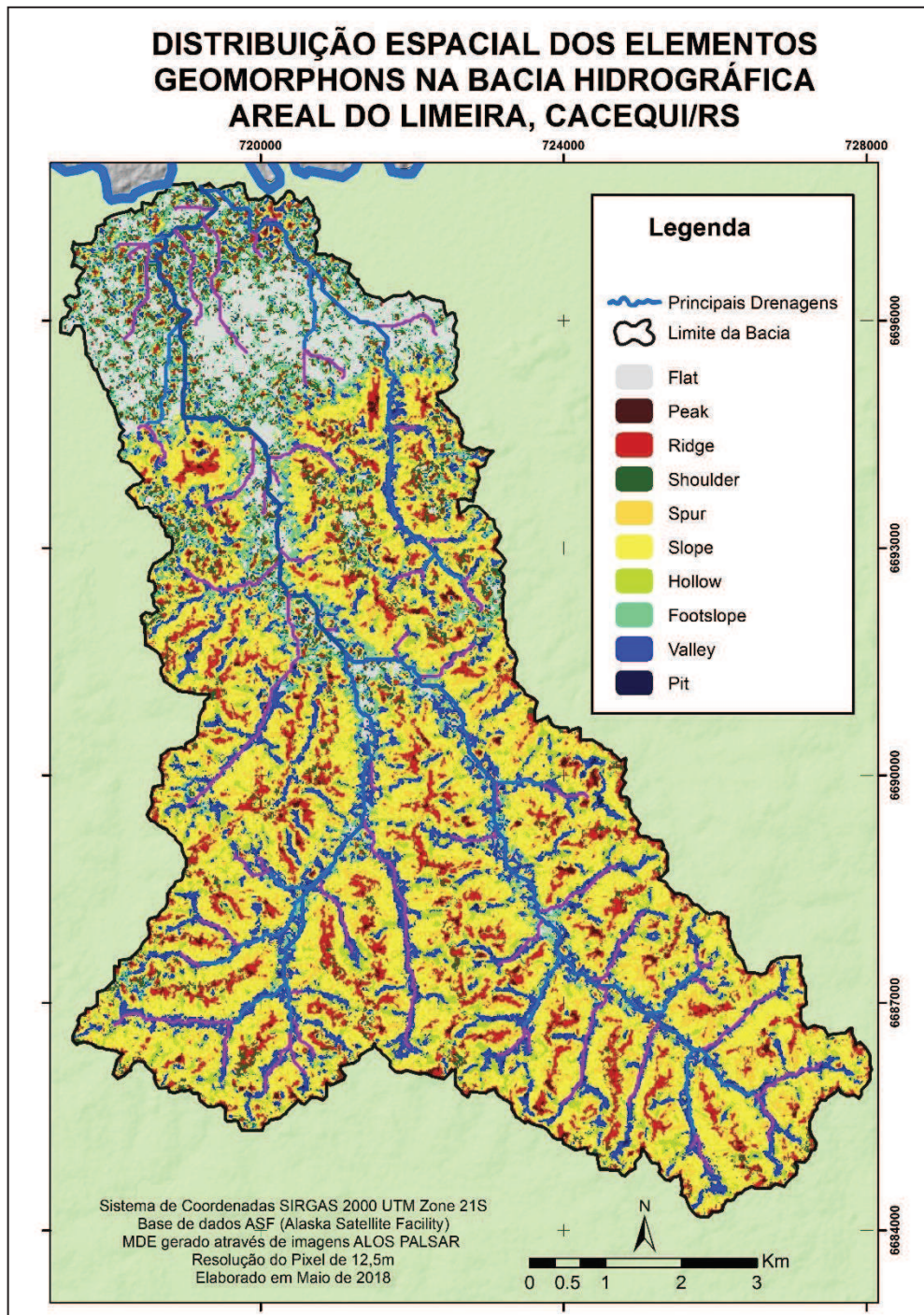
Unidade	Área(km²)	Porcentagem
Flat	6.37	8.95
Peak	0.66	0.93
Ridge	6.9	9.70
Shoulder	3.64	5.12
Spur	10.91	15.34
Slope	21.47	30.18
Hollow	7.36	10.35
Footslope	4.34	6.10
Valley	9.04	12.71
Pit	0.45	0.63

Fonte: Os autores (2018)

A classe de *slope* é caracterizada por encostas das colinas da área de estudo. Apesar de possuírem uma grande área de abrangência não possuem grandes declividades, geralmente entre 5 a 15%. Constituem a maior classe de *geomorphons* pelo fato do relevo no local possuir encostas longas e pouco declivosas. Estão localizadas nas áreas de interflúvio na bacia hidrográfica e por quase toda a sua extensão, excetuando as áreas planas à jusante, como é possível observar no mapa da Figura 5.

Assim como o esperado, nas áreas mais baixas da bacia, próximo a foz do rio Areal do Limeira junto ao rio Ibicuí, e nas áreas próximas ao canal principal há um grande predomínio das classes de Flat (Plano) e Footslope (base de encosta). Já nas porções mais altas e nos divisores de água, à montante da bacia hidrográfica se concentram os elementos Ridge (crista) e Shoulder (ressalto), marcando os principais divisores d'água nesta bacia.

Figura 5 – Mapa dos elementos Geomorphons na bacia hidrográfica Areal do Limeira.



Fonte: Os autores (2018)

Outros elementos do relevo bastante comuns na BHAL são Spur (crista secundária), Valley (vale) e Hollow (escavado). A classe de Spur representa as áreas divergentes das encostas, marcando pequenos divisores de água nas colinas. Já as classes de Valley e Hollow são associadas aos canais de drenagem em um substrato litológico composto por arenitos bastante friáveis, formando anfiteatros na porção mais alta da encosta (Hollows) e vales nas porções mais baixas da bacia, no caso das classes Valley e Pit.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do uso do SIG para a obtenção dos elementos *geomorphons* de forma automatizada foi possível observar uma rápida e precisa obtenção de dados geomorfológicos. Ainda a análise automatizada tira a subjetividade do pesquisador na análise dos dados.

Na bacia hidrográfica do rio Areal do Limeira a classe que predomina é a de slope, evidenciando as vertentes alongadas da área de estudo. Em áreas com litologias tão friáveis como a do local de estudo o comprimento de vertente alongado pode ser um indicador de suscetibilidade a erosão, podendo causar concentração de fluxo e grande energia no escoamento da água.

Ainda nas porções superiores da bacia é comum observar a associação das classes Hollow e Valley que estão associadas à canais de primeira ordem e em alguns lugares a áreas de voçorocamento.

Deste modo o produto obtido através da compartimentação dos elementos do relevo nos permite compreender o relevo e alguns dos principais processos atuantes na área de estudo. Desta forma os elementos *geomorphons* são uma importante ferramenta para o diagnóstico ambiental e que pode auxiliar no planejamento e gestão da área mapeada.

REFERÊNCIAS

- BACCARO, C. A. D.; Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M; **Erosão e Conservação dos Solos**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pg 195-227, 2005.
- CHAGAS, C. S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 2006. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa.
- IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. **Geomorphology** 86(3-4): 409-440, 2007.
- JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v.182, pag. 147–156, 2013.
- MOORE, I.D., GRAYSON, R.B., LADSON, A. R. Digital terrain modeling: A review of Hydrological, geomorphological an biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.
- MOORE, I. D.; GESSLER, G.A.; PETERSON, G.A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p.443-452, 1993.
- RADEMANN, L. K., TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S.; Análise das formas de relevo do município de Cacequi – RS. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38, n.1, p. 179-188, 2016.
- ROBAINA, L. E. S., TRENTIN, R., ACHKAR, M. Distribuição e identificação de elementos do relevo, gerados automaticamente, no território do Uruguai. Anais... XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, Campinas, 4741-4749, 2017.

ROBAINA, L.E.S., TRENTIN, R., LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, Através do uso de Geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, (Abr-Jun) p.287-298, 2016.

ROBAINA et al. Aplicação de geomorphons para a classificação do relevo no estado do Tocantins, Brasil. **Revista Ra'E Ga**, Curitiba, v.41 Temático de Geomorfologia, p.37-48, 2017.

SALOMÃO, F. X. T.; Controle e Prevenção de Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M; **Erosão e Conservação dos Solos**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pg 229-267, 2005.

SCHMIDT, J.; DIKAU, R. Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models — semantics, methods, future needs. In: DIKAU, R.; SAURE, H. (Eds.). **GIS for Earth Surface Systems — Analysis and Modelling of the Natural Environment**. 1. ed. 48 Berlim: Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung , 1999. p. 153–173.

SHARY, P., SHARAYA, L., MITUSOV, A.; Fundamental quantitative methods of land surface analysis. **Geoderma** v. 107, 1–32, 2002.

SILVEIRA, C. T. et al. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.19, n.1, (Jan-Mar) p.33-57, 2018.

SILVEIRA, C. T. OKA-FIORI, C.; SANTOS, L. J. C; SIRTOLI, A. E.; SILVA. Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, p.125- 137, 2012.

SPEIGHT, J. G. Parametric description of land form. In: G. A. Stewart (Ed.), **Land evaluation**, p. 239-250. Austrália: Macmillan, 1968.

TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S. Classificação das Unidades de Relevo Através de Parâmetros Geomorfométricos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 15, n.3, p. 53-66, jul./set., 2016.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. **Anais... XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Goiânia, Brasil, INPE, p. 3595-3602, 16-21 abril 2005.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O, A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v 4, n.1, p.17-29, 2003.

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

WOOD, J. **The geomorphological characterisation of digital elevation models**. Leicester, UK. 185p. PhD Thesis - University of Leicester, 1996. Disponível em: <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd>.