Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso – Canguçu/RS, através da proposta dos *geomorphons*

Danilo da Silva Dutra¹, André Ricardo Furlan², Luís Eduardo de Souza Robaina³

¹ Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Paulo Gama, 110 – Farroupilha, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. CEP 90040-060. (53) 9990-3559. danielodasilvadutra@hotmail.com (autor correspondente). ² Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, Santa Maria, Rio Grande do Sul. CEP: 97105-900. (55) 9900-3784. andrerickardo.furlan@gmail.com. ³ Professor Titular da Universidade Federal de Santa Maria e colaborador do Programa de Pós graduação da UFRGS. Av. Roraima, 1000, Santa Maria, Rio Grande do Sul. CEP: 97105-900. (55) 981359210. lesrobaina@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 24/04/2019 e aceito em 05/02/2020

RESUMO

O relevo é a base onde todas as populações vivem e desenvolvem suas atividades, derivando dessa relação vantagens e desvantagens, daí a importância de conhecê-lo através do estudo de suas diferentes formas e elementos. Nesse contexto insere-se a importância de metodologias para o seu estudo, sendo que atualmente vivencia-se a expressividade de dados disponíveis para aplicação de geoprocessamento. A partir das geotecnologias pode-se empreender diversas análises sobre o relevo, destacando-se nesse contexto, a proposta dos *geomorphons* a qual foi aplicada na bacia hidrográfica do arroio Pantanoso. O objetivo da pesquisa é a identificação e análise dos elementos do relevo definido por *geomorphons*, quais sejam: 1) Planos, 2) Picos, 3) Cristas, 4) Ressaltos, 5) Crista secundária, 6) Encostas, 7) Escavado, 8) Base de encosta, 9) Vales e 10) Fosso. A determinação dos *geomorphons* foi a partir do processamento em ambiente SIG do Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topograph Mission* (SRTM) com resolução espacial 3 arcsec (90 metros), "L" *Lookup* (distância em metros) definiu-se como de 20 pixels (1800 metros) e o "T" *Thersholdt* (nivelamento em graus) definiu-se em 2°. Para visualização do comportamento dos elementos do relevo na área de estudo realizaram-se trabalhos de campo, o que contribuiu para evidenciar a padronização desses elementos. Os quatro elementos *geomorphons* mais representativos são encostas, vales, cristas e planos.

Palavras-Chave: SIG; *Geomorphons*; Canguçu/RS; Relevo

Subdivision of relief elements through the proposal of *geomorphons*: river basin of arroio Pantanoso - Canguçu/RS

ABSTRACT

Relief is the basis where all populations live and develop their activities, deriving from this relation advantages and disadvantages, hence the importance of knowing it through the study of its different forms and elements. In this context, the importance of methodologies for its study is inserted and geoprocessing application for data available for is currently experienced. From the geotechnologies one can undertake several analyzes on the relief, highlighting in this context, the proposal of the *geomorphons* which was applied in Pantanoso stream basin. The objective of the research is to identify and analyze the elements of the relief defined by *geomorphons*, namely: 1) Flats, 2) Peaks, 3) Ridges, 4) Shoulders, 5) Spurs, 6) Slopes, 7) Hollows, 8) Footslope, 9) Valley and 10) Pits. The determination of the *geomorphons* was based on the GIS environment of the Shuttle Radar Topograph Mission (SRTM) Digital Elevation Model (DEM) with spatial resolution 3 arcsec (90 meters), "L" *Lookup* (distance in meters) was defined as of 20 pixels (1800 meters) and the "T" *Thersholdt* (leveling in degrees) was defined in 2°. In order to visualize the behavior of the relief elements in the study area, fieldwork was carried out, which contributed to the standardization of these elements. The four most representative *geomorphons*, which are: Slopes, Valleys, Ridges and Flat.

Keywords: SIG, *Geomorphons*; Canguçu/RS; relief

Introdução

Estudos que utilizam uma bacia hidrográfica como unidade ambiental de análise se coadunam com os princípios científicos, pois é

uma unidade definida de acordo com os elementos naturais representados pelos divisores d'água e não aqueles pré-definidos pelo homem. A bacia hidrográfica, segundo Botelho e Silva (2012), é tomada como unidade ambiental de análise desde

os fins dos anos 60 do século XX, e “(...) uma das referências espaciais mais consideradas em estudos do meio físico” (Rodrigues e Adami, 2006, p.147).

Conforme Botelho e Silva (2012), relativo à análise e ao planejamento ambiental, a partir de uma bacia hidrográfica, “(...) é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem” (Idem, p.155).

Uma bacia hidrográfica pode ser estudada por diferentes vieses. Entre eles, e de acordo com Rodrigues e Adami (2006), destacam-se os aspectos da hidrodinâmica e morfométricos, incluindo-se nesse último, o estudo do relevo.

Tratando-se da questão conceitual sobre a temática do relevo, e de acordo com Ross (2014), não existe nada de mais concreto do que as formas da superfície terrestre, no entanto, elas só existem enquanto geometria e não enquanto elemento concreto.

Na superfície do relevo é onde habitam as populações humanas, derivando daí valores sociais e econômicos (Marques, 2009). Esses valores estão relacionados as características que atuam sobre essa superfície, oferecendo à população vantagens e riscos dos mais diversos.

Para conhecer esses aspectos é preciso compartimentar o relevo, e a partir disso, definir os tipos de modelados que se comportam com essas características. Quando se trata da descrição qualitativa das formas e aparências do relevo, define-se como morfografia (Florenzano, 2008), e a qualidade e precisão dessa compartimentação dependem, sobretudo, das técnicas adotadas.

Diante do fato de que as técnicas analógicas produzem resultados subjetivos, e portanto, a necessidade de contornar esse fato na busca da objetividade, são desenvolvidas técnicas de SIG e de geoprocessamento para a respectiva análise automatizada do relevo. Analisando a questão dos SIGs nos estudos ambientais, Silva (2009) afirma que eles ganham uma maior complexidade e uma enorme aplicabilidade, fato também corroborado por Fitz (2008), pois para esse autor, os SIGs em geral, oferecem um leque de oportunidades jamais experimentado.

Nesse sentido, destacam-se trabalhos de Silveira et al. (2014), os quais para a identificação de unidades do relevo do estado do Paraná,

hierarquizaram e cruzaram os elementos de declividade, plano de curvatura das vertentes e acumulação de fluxo, obtendo dezoito classes de relevo para a sua área de estudo. A aplicação de técnicas digitais foram empregadas na classificação morfológica da República do Uruguai por Silveira e Silveira (2014), foi empregado no mapeamento geomorfométrico de uma bacia hidrográfica situada no município de Blumenau/SC por Lange e Silveira (2015), Trentin e Robaina (2016), na classificação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Ibirapuitã/RS; Schirrmann et al. (2016), na compartimentação do relevo do município de Toropi/RS; Silveira e Silveira (2016) na identificação das unidades do relevo da porção central da serra do mar paranaense; Bortolini et al. (2017), na compartimentação das formas do relevo da região sudoeste do estado do Paraná; Furlan et al. (2018a), na compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do arroio Carijinho/RS; Rademann et al. (2019), para a análise da rugosidade do relevo do município de Canguçu/RS; e Dutra et al. (2019), para a análise automatizada do relevo do mesmo município mencionado anteriormente.

Com relação a trabalhos que adotaram metodologias de compartimentação do relevo usando elementos de relevo, destacam-se Robaina et al. (2016), na compartimentação das formas do relevo do estado do Rio Grande do Sul, através da proposta dos *Geomorphons*. Posteriormente, no Brasil, outros trabalhos também usaram essa mesma proposta, como Robaina et al. (2017), na compartimentação do relevo do estado do Tocantins; Trentin e Robaina (2018) no estudo dos elementos de relevo da bacia hidrográfica do rio Ibicuí com o uso do índice de posição topográfica, Silveira et al. (2018), na classificação do relevo do estado do Paraná; Silveira e Silveira (2018), na classificação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do rio Jacareí/PR; Furlan et al. (2018b), na classificação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, RS; e Gouveia e Ross (2019), na classificação dos elementos do relevo de uma área do município de Presidente Prudente/SP.

Nesse sentido, o objetivo da presente pesquisa será a compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso - Canguçu/RS, através da proposta dos *geomorphons*.

Material e métodos

Processamento do MDE

O *Geomorphons* é uma metodologia que usa operações algorítmicas para a interpretação de um Modelo Digital de Elevação (MDE), portanto vai além do uso de variáveis métricas. É projetado para imitar a visão humana (visão computacional) sobre o relevo, ao invés da geometria diferencial.

Para o presente artigo, o MDE utilizado foi o do SRTM com resolução espacial 3 arcsec (90 metros). O próximo procedimento constou na aplicação da remoção dos pixels espúrios do MDE seguindo a sequência *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Fill*, realizados no ArcGIS®.

Para gerar os elementos de relevo foi utilizada a proposta de Jasiewicz e Stepinski (2013), e o processamento *online* do MDE foi realizado no endereço eletrônico disponibilizado em: <<http://sil.uc/geom/app>>. O código para o processamento dos *Geomorphons* é localizado em: <<http://sil.uc.edu/>>.

Para a varredura do MDE no ambiente *online*, necessariamente, foram definidos dois valores, o “L” e o “T”. O “L” *Lookup* (distância em metros) definiu-se como de 20 pixels (1800 metros) e o “T” *Thresholdt* (nivelamento em graus) definiu-se em 2°. Esses mesmos valores também foram aplicados por Robaina et al. (2016); Robaina et al. (2017); Silveira et al. (2018); Silveira e Silveira (2018); e Furlan et al. (2018b).

De acordo com Jasiewicz e Stepinski (2013) são possíveis de serem encontrados até 498 *geomorphons* em um MDE, no entanto, esses autores propuseram um método de simplificação de acordo com os dez mais comuns *Geomorphons* encontrados na superfície terrestre, quais sejam: 1) Áreas planas (*flat*), 2) Picos (*peak*), 3) Crista (*ridge*), 4) Ressaltos (*shoulder*), 5) Crista secundária (*spur*), 6) Encosta (*slope*), 7) Fosso (*pit*), 8) Vales (*valley*), 9) Base de encosta (*footslope*), e 10) Escavado (*hollow*), ver Figura 1.

Figura 1: Principais tipos de *geomorphons*

Por fim, a organização e a quantificação dos *Geomorphons* foi realizada no *software ArcGis 10.5*.

Trabalhos de campo

Foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento da área de estudo, sendo percorridas as principais estradas que cortam a bacia hidrográfica em análise. Através deles, foram observados os elementos de relevo, quando também se procedeu a tomada de fotos que ilustrassem esses elementos. Nessa etapa, foram utilizados equipamentos GPS e máquina fotográfica.

Resultados e discussão

Área de estudo

A bacia hidrográfica do arroio Pantanoso está localizada entre as seguintes coordenadas geográficas: 30°57'40" a 31°23'12" de latitude sul da linha do Equador e 52°36'26" a 52°50'50" de longitude oeste do meridiano de Greenwich, e possui área de 518,95 km² (Figura 2). A bacia hidrográfica se encontra no município de Canguçu-RS, e compõe o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Conforme verificado a partir das orientações de Strahler (1957), apresenta uma hierarquia fluvial de 5° ordem. Sua maior altitude corresponde a 476 metros localizada na alta bacia, e a menor altitude corresponde a 49 metros localizada no baixo curso da bacia, próxima a foz, junto ao rio Camaquã, portanto tem uma amplitude altimétrica de 427 metros.

Figura 2: Localização da área de estudo

Enquanto análise socioambiental, a bacia hidrográfica do arroio Pantanoso é a mais significativa do município de Canguçu, pois além de ser genuinamente canguçuense, é a ela que esse povo recorre nos períodos de estiagem para o abastecimento urbano da cidade. Nessa bacia, também se encontra uma expressiva densidade ocupacional com aproximadamente 1100 casas e núcleos habitacionais (PMC, 2008), e com uma intensa produção agrícola e pecuária.

Tomando como base os dados climatológicos disponibilizados para a região, destaca-se que a área de estudo recebe em torno de 1366,9 mm de precipitação anual, e registra uma temperatura média de 17,8 °C. Os meses em que ocorrem as maiores temperaturas são dezembro, janeiro e fevereiro com temperaturas médias acima dos 20 °C, e as menores temperaturas ocorrem em junho e julho, com

temperaturas médias abaixo dos 15 °C (Embrapa, 2019).

Com relação as características geológica-geomorfológicas a área de estudo está inteiramente situada no Escudo Sul Rio-Grandense, o qual compreende as formações litológicas mais antigas do estado (Bitencourt e Nardi, 2000; CPRM, 2008; Marth, 2017). Na parte alta e média da bacia predominam as formações litológicas da unidade dos Metagranitóides Foliados com idades que variam de 781 a 630 M.a; Fácies Cerro Grande com idades entre 650 a 541 M.a; enquanto na baixa bacia predominam as litologias da formação Sanga do Cabral com idades entre 251 a 249 M.a, e os Depósitos Aluvionares com idades mais recentes, os quais vão do período Cenozóico ao atual (CPRM, 2008).

Do ponto de vista pedológico, e de acordo com os estudos do IBGE (2013), predominam na bacia hidrográfica do arroio Pantanoso, em sua parte alta, os Argissolos, onde apesar de ocorrerem as maiores altitudes, as declividades são suaves. Na parte média da bacia e associado as altas declividades, predominam os Neossolos, enquanto que na parte baixa, ocorrem os Planossolos, associados as baixas altitudes e declividades.

Análise da distribuição dos geomorphons

A partir do processamento do MDE, resultou em dez elementos do relevo denominados *Geomorphons*. Na Figura 3 pode-se visualizar as proporções referentes a cada elemento do relevo na bacia hidrográfica do arroio Pantanoso, e na Figura 4, a espacialização cartográfica desses elementos.

Figura 3: Quantificação dos *geomorphons*

Na área de estudo predominam os elementos de relevo em **Encostas** com área de 101,44 km², correspondendo a pouco menos de 20% da bacia. Situam-se, predominantemente, entre declividades de 5 a 15% e estão bem espacializadas em toda porção do médio curso da bacia. São elementos do relevo que, do ponto de vista do uso e ocupação, oferecem boas condições para a agricultura e pecuária, pois em geral, encontram-se afastadas da rede de drenagem.

Com a segunda maior área da bacia, destacam-se os elementos do relevo em **Vales**, os quais ocupam 98,51 km² ou quase 19% da área de estudo. Representam áreas bastante amplas, inclusive nos cursos fluviais de primeira e segunda ordem. São elementos bastante significativos na média bacia, o que também demonstra o grau de dissecação dessa área.

Com uma área bastante expressiva, destacam-se os elementos de relevo em **Cristas**, as quais ocupam 83,61 km² ou mais de 16% da área de estudo. Esses elementos constituem, sobretudo, o topo convexo das formas de relevo de colinas onduladas e morros, sendo menos espessas nos topos das formas de morros. Estão

espacializadas em todas as porções, porém pouco representativas na alta e baixa bacia.

As **Áreas Planas** são relativamente expressivas, as quais ocupam 65,53 km² ou mais de 12% da área de estudo e correspondem a quarta maior porção, em área, na bacia hidrográfica. Elas estão estritamente espacializadas nos dois extremos da bacia, na parte alta onde está a nascente do arroio Pantanoso e na parte baixa onde ocorre a foz, junto ao rio Camaquã.

Espacializando-se principalmente na média bacia, destacam-se os elementos **Cristas secundárias**, as quais ocupam área de 58,10 km² ou mais de 11% da bacia. Elas constituem, sobretudo, as áreas entre as Cristas e as Encostas, portanto representativas de divisores d'água, e constituídas por declividades entre 5 e 15%.

Ocupando área de 44,51 km² ou pouco mais de 8% da bacia, apresentam-se os elementos de relevo em forma de **Escavado**, os quais espacializam-se próximos dos cursos fluviais, constituindo áreas úmidas e cabeceiras de drenagem. São elementos comuns na porção média da bacia, ocorrendo em diferentes altitudes e declividades.

Com uma área de 34,15 km², o que representa pouco mais de 6% da bacia, destacam-se os elementos de relevo em forma de **Base da encosta**. Estão espacializadas na alta e baixa bacia, especificamente nas adjacências da rede de drenagem onde ocorrem diferentes altitudes, mas declividades entre 0 e 5%.

Ocupando área de 23,13 km² ou 4,46% da bacia, destacam-se os elementos de relevo em forma de **Ressaltos**, os quais espacializam-se, principalmente, no alto e baixo curso da bacia hidrográfica. Esses elementos do relevo que representam, predominantemente, os divisores d'água dessas porções da bacia, são formados por baixas declividades.

Com a segunda menor área da bacia, destacam-se os elementos de relevo em **Picos**, os quais ocorrem em apenas 5,01 km² ou menos de

1% da área de estudo. Espacializam-se, predominantemente, na média bacia e compreendem, sobretudo, altitudes acima de 280 metros e declividades de 0 a 15%. Apesar da área de estudo compreender um relevo bastante ondulado, a baixa ocorrência desses elementos se explica em virtude dela ser muito antiga e portanto a atuação dos processos morfogenéticos.

Por fim, os elementos de relevo em forma de **Fosso** se apresentam em 4,96 km² ou menos de 1% da bacia, portanto, são os elementos de relevo menos representativos da área de estudo. Estão situados, principalmente, ao longo dos cursos fluviais de quarta e quinta ordem. Mais precisamente, esses elementos de relevo ocorrem em partes dos canais onde formam-se meandros e também, nas planícies de inundação das áreas mais rebaixadas do canal.

Figura 4: Mapa dos geomorphons.

Para uma melhor ilustração dos *Geomorphons* encontrados na bacia hidrográfica do arroio Pantanoso, identifica-se em escala cartográfica detalhada e a partir de tomadas fotográficas, grande parte desses elementos, os quais são identificados a partir da leitura fotográfica.

Na Figura 5 localiza-se a tomada fotográfica 1, a qual apresenta uma porção da bacia localizada nas áreas de alto curso onde pode

ser observado a distribuição dos elementos de relevo e sua representação no modelado. Se associam com vales que representam cursos de primeira ordem, elementos de base de encosta largas e curtas, representando formas rebaixadas pela erosão. Ressaltos e pequenas cristas marcam as porções mais elevadas.

Nessa porção da bacia, e quanto ao uso da terra, destaca-se o cultivo da soja, principalmente nos elementos de Ressaltos (Figura 6).

Figura 5: Localização da tomada fotográfica 1

Figura 6: Tomada fotográfica 1; Campo de visada: Nordeste

A seguir, na Figura 7 da tomada fotográfica 2, apresenta-se uma área de transição do alto para o médio curso da bacia. Esse local é composto por drenagens de primeira e segunda ordem, e encontra-se próximo a cabeceiras de drenagens e também próximo a um divisor de águas de duas sub-bacias do Pantanoso. Essa área da bacia hidrográfica é composta por relevo movimentado com dissecações verticais e horizontais, mais acentuadas que no alto curso da

bacia, sendo possível identificar todos os *geomorphons*, a exemplo das Cristas, Encostas e Vales.

Posteriormente, ao observar a Figura 8, referente a tomada fotográfica anteriormente descrita, destaca-se a modificação dos tipos de cobertura vegetal, com variação da vegetação herbácea, capões de mata nativa e campos para pastoril.

Figura 7: Localização da tomada fotográfica 2

Figura 8: Tomada fotográfica 2; Campo de visada: Norte

Seguindo na análise e representação dos *geomorphons*, a Figura 9 representa quatro pontos com tomadas fotográficas, porção onde predomina relevo movimentado com destaque para os elementos em Cristas e Vales. Destacam-se também a ocorrência de alguns Fossos nas áreas com maior dissecação, além de Picos nos topos de morros aguçados.

Posteriormente, na Figura 10, representativa da tomada fotográfica 3, e no segundo plano da imagem, identifica-se um Pico. Destaca-se também, que do ponto de vista do uso e ocupação dessa área, identificam-se mata nativa e algumas espécies de silvicultura.

Figura 9: Localização da tomada fotográfica 3, 4, 5 e 6.

Figura 10: Tomada fotográfica 3; Campo de visada: Norte

Referente a tomada fotográfica 4, e na Figura 11, são mostrados diversos elementos como Cristas, Vale, Escavado e Encosta, também destacando-se a variação dos usos, entre gramíneas, mata nativa e silvicultura de eucalipto,

no centro da imagem. Em seguida, na Figura 12, representativa da tomada fotográfica 5, são mostrados elementos em Vale, Encosta, Escavado e um Pico, no canto superior esquerdo da imagem.

Figura 11: Tomada fotográfica 4; Campo de visada: Nordeste

Figura 12: Tomada fotográfica 5; Campo de visada: Nordeste

Referente a última tomada fotográfica da Figura 9, apresenta-se a Figura 13, na qual são identificados elementos em Encostas, Vale,

Escavado, e Crista. Quanto ao uso e ocupação, destacam-se lavouras de soja e a presença de gramíneas naturais e capões de mato.

Figura 13: Tomada fotográfica 6; Campo de visada: Norte

Por fim, na figura 14, destacam-se as feições do baixo curso da bacia, onde predominam as áreas Planas. Posteriormente, na Figura 15, referente a tomada fotográfica 7, destacam-se as

áreas planas, e ao fundo dessa imagem, a transição para um relevo movimentado. Nessa área, o uso predominante é o cultivo de arroz irrigado.

Figura 14: Localização da tomada fotográfica 6

Figura 15: Tomada fotográfica 7; Campo de visada: Norte

Considerações finais

Considera-se os *Geomorphons* uma importante metodologia na diferenciação dos elementos de relevo. Nessa pesquisa, foi possível estabelecer uma importante análise sobre o relevo da área de estudo, condizendo com a realidade observada em campo. Considera-se que a aplicação da metodologia para identificar elementos do relevo a partir dos *Geomorphons* auxilia na análise fisiográfica, podendo interpretar diferentes composições de formas e processos.

Destaca-se que o mapeamento do relevo a partir da metodologia *Geomorphons* possui grande potencialidade para análises, pois essa metodologia viabiliza a distinção dos dez elementos mais comuns do relevo, os quais se diferenciam a partir da forma.

A metodologia empregada na presente pesquisa permite uma compartimentação do relevo que contribui para a análise geomorfológica e o respectivo subsídio no planejamento ambiental. Por fim, também considera-se que a análise automatizada do relevo diminui a subjetividade nesses tipos de estudos.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo aos dois primeiros autores. Ao CNPQ bolsa de produtividade e a

FAPERGS apoio financeiro a trabalhos de campo.

Referências

- Bitencourt, M.F., Nardi, L.V.S., 2000. Tectonic setting and sources of magmatism related to the southern brazilian shear belt. *Revista Brasileira de Geociências* 30, 184-187.
- Bortolini, W., Silveira, C.T., Silveira, R.M.P., 2017. Emprego de técnicas geomorfométricas na identificação de padrões de relevo. *Revista Ra'e Ga* 41, 131-150. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v41i0.51724>. Acesso: 23 jan. 2019.
- Botelho, R.G.M., Silva, A.S., 2012. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental, in: Vitte, A.C., Guerra, A. J. T., (Orgs.), *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 153-192.
- CPRM. Serviço de Prospecção de Recursos Minerais, 2008. Levantamento Litoestratigráfico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Dutra, D.S., Robaina, L.E.S., Trentin, R., 2019. Análise automatizada de vertentes do relevo no município de Canguçu-RS com apoio de árvore de decisão. *Revista Geoambiente On-Line* 34, 19-36. Disponível: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i34.5669>. Acesso: 23 set. 2019.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019. Estação Agrocimatológica de Pelotas (Capão do Leão). Pelotas. Disponível:

- <http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/mensal.html>. Acesso: 01 jan. 2019.
- Esri, 2019. ArcGis Help Documentation Archive (10.5 and earlier). Disponível: <http://resources.arcgis.com/en/help/>. Acesso: 13 fev. 2019.
- Florenzano, T. G., 2008. Introdução à geomorfologia, in: Florenzano, T. G. (Org.), Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos, São Paulo, 11-30.
- Furlan, A.R., Dias, D.F., Trentin, R., Robaina, L.E.S., 2018 a. Identificação das unidades geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Carijinho, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia (Online) 19, 807-820. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1377> Acesso: 10 fev. 2019.
- Furlan, A.R., Trentin, R., Robaina, L. E. S., 2018 b. Classificação dos elementos do relevo a partir da metodologia dos geomorphons na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, RS. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul 32, 27-45.
- Fitz, P.R., 2008. Uso de geotecnologias para o planejamento espacial. Geografia 33, 307-318.
- Gouveia, I.C.M-C., Ross, J.L.S., 2019. Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. Revista do Departamento de Geografia-USP 37, 123-136. Disponível: <https://10.11606/rdg.v37i0.151030>. Acesso: 23 set. 2019.
- Hasenack, H., Weber, E., (Orgs.) 2010. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000. UFRGS, Porto Alegre. (Série Geoprocessamento, 3).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Base de Solos. Rio de Janeiro. Disponível: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/cartas-tematicas.html>. Acesso: 06 nov. 2018.
- _____. 2015. Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000. Rio de Janeiro. Disponível: <http://geofp.ibge.gov.br/mapeamento-sistematico/base-vetorial-continua-escala-250mil/>. Acesso: 10 dez. 2017.
- Jasiewicz, J., Stepinski, T.F., 2013. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. Geomorphology 182, 147–156.
- Lange, G.F., Silveira, C.T., 2015. Mapeamento geomorfométrico da bacia hidrográfica do Zendron, Blumenau - SC. XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 854-862.
- Marques, J.S., 2009. Ciência geomorfológica, In: Guerra, A.J.T., Cunha, S. B. (orgs.), Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 23-50.
- Marth, J. D., 2017. Mapeamento dos padrões de forma do escudo Sul-Riograndense (RS) com auxílio de geotecnologias: um estudo das inter-relações dos processos morfoestruturais e morfoesculturais na conformação do relevo. Tese (Doutorado). Porto Alegre, UFRGS.
- PMC. Prefeitura Municipal de Canguçu/RS, 2008. Mapa geral do município de Canguçu na escala: 1:75.000. Canguçu.
- Rademann, L.K., Dutra, D.S., Robaina, L.E.S., Trentin, R., 2019. Análise da rugosidade do relevo utilizando a ferramenta *Focal Statistics* no município de Canguçu, RS. Caderno de Geografia 29, 805-818. Disponível: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n58p805-818>. Acesso: 23 set. 2019.
- Robaina, L.E.S., Trentin, R., Laurent, F., 2016. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de *geomorphons* obtidos em classificação topográfica automatizada. Revista Brasileira de Geomorfologia (Online) 17, 287-298. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857> Acesso: 10 jan. 2019.
- Robaina, L.E.S., Trentin, R., Cristo, S.S.V., Sccoti, A.A.V., 2017. Application of the geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. Revista Ra'E Ga 41, 37-48.
- Rodrigues, C., Adami, S., 2006. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas, in: Rebouças, A.C., Benedito, B., Tundisi, J.G., Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras Editora, São Paulo, 147-166.
- Ross, J.L.S., 2014. Geomorfologia: ambiente e planejamento, 9 ed. Contexto, São Paulo.
- Schirrmann, S.F.S.S., Casanova, V.G.B., Robaina, L.E.S., Trentin, R., Kohler, M.R., 2016. O uso de SIG na classificação das unidades de relevo do município de Toropi-RS. XI Simpósio Nacional de Geomorfologia.
- Silva, J.X., 2009. Geomorfologia e geoprocessamento, in: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B., (Orgs.), Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 393-414.

- Silveira, R.P.M., Silveira, C.T., 2014. Clasificación morfológica del relieve uruguayo basada en modelos digitales de elevación y técnicas morfométricas. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). 6, 19-36.
- Silveira, R.M.P., Silveira, C.T., Oka-Fiori, C., 2014. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 15, 87-101.
- Silveira, R.M.P., Silveira, C.T., 2016. Análise digital do relevo aplicada à cartografia geomorfológica da porção central da serra do mar paranaense. *Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)* 17, 615-629.
- Silveira, C.T., Silveira, R.M.P., Trentin, R., ROBAINA, L.E.S., 2018. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons*. *Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)* 19, 33-57.
- Silveira, C.T., Silveira, R.M.P., 2018. Classificação automatizada de elementos de relevo por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons* na bacia do rio Jacaré (estado do Paraná – Brasil). XII Simpósio Nacional de Geomorfologia.
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union* 38, 913-920.
- Trentin, R., Robaina, L.E.S., 2016. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. *Revista Mercator* 15, 53-66.
- Trentin, R., Robaina, L.E.S., 2018. Estudo dos elementos de relevo da bacia hidrográfica do rio Ibicuí com o uso do índice de posição topográfica. *Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)* 19, 423-431.