

# CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DO RELEVO A PARTIR DA METODOLOGIA DOS GEOMORPHONS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APUAÊ-MIRIM, RS

**André Ricardo Furlan**

Mestrando em Geografia

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO - UFSM)

E-mail: andrericardo.furlan@gmail.com

**Romario Trentin**

Doutor em Geografia

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO - UFSM)

E-mail: romario.trentin@gmail.com

**Luís Eduardo de Souza Robaina**

Doutor em Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO - UFSM)

E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

## RESUMO

O desenvolvimento de *softwares* capazes de processar grande quantidade de dados vem sendo aplicado aos estudos geográficos, principalmente nas duas últimas décadas. Essa possibilidade de aplicação ocorre devido a disponibilidades de dados topográficos que auxiliam na identificação dos elementos do relevo. O objetivo do trabalho consiste em analisar o relevo da bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim a partir de morfometria e da compartimentação das formas a partir dos *geomorphons*. Nessa perspectiva, surge a proposta de compartimentação dos elementos do relevo a partir da metodologia dos *geomorphons*, nesse sentido, essa classificação corresponde a 10 elementos, 1) áreas planas, 2) picos, 3) crista, 4) ressaltos, 5) crista secundária, 6) encosta, 7) escavado, 8) base de encosta, 9) vales e 10) fosso. Como resultado foi possível identificar a predominância dos elementos vales, cristas, encostas e cristas secundárias. Compreende-se que a análise da classificação de elementos denominados *geomorphons* baseada em dados topográficos apresenta um avanço na análise do relevo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotecnologias; Dados topográficos; Modelagem do relevo.

## CLASSIFICATION OF THE RELIEF ELEMENTS FROM THE GEOMORPHON METHODOLOGY IN THE APUAÊ-MIRIM RIVER BASIN, RS

## ABSTRACT

The development of software capable of processing large amounts of data has been applied to geographic studies, especially in the last two decades. This possibility of application occurs due to the availability of topographic data that help in the identification of the relief elements. The objective of this work is to analyze the relief of the Apuaê-Mirim river basin from morphometry and the compartmentalization of the forms from the geomorphons. The proposal of the compartmentalization of the relief elements appears from the methodology of the geomorphons, in that sense, this classification corresponds to 10 elements, 1) flat, 2) peak, 3) ridge, 4) shoulder, 5) spur, 6) slope, 7) hollow, 8) footslope, 9) valley 10) pit. As a result, it was possible to identify the predominance of the valleys, ridge, slopes and spurs. It is understood that the analysis of the classification of elements denominated geomorphons based on topographic data presents an advance in the analysis of the relief.

**KEYWORDS:** Geotechnology; Topographical data; Relief modeling.

## INTRODUÇÃO

As geotecnologias vêm sendo empregadas nos estudos geográficos desde o final da década de 1960. A disponibilidade de diversas tecnologias e metodologias que empregam a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) faz com que ampliam-se possibilidades de manuseio de base de dados. Para Silveira et al. (2018, p.35) vivencia-se no início do século XXI, no entorno da análise da cartográfica geomorfológica, “o uso predominante de técnicas de modelagem digital, com abordagem quantitativa e computacional, empregadas na classificação do relevo nas diversas escalas”.

O desenvolvimento de *softwares* aliado a disponibilidade de dados digitais vem crescendo de maneira expoente nos últimos vinte anos. Esse advento, faz com que o manuseio e o processamento desses dados acabam criando possibilidades para aplicação de metodologias que utilizam de dados topográficos para realização modelagens computacionais que possibilitam a análise dos elementos do relevo.

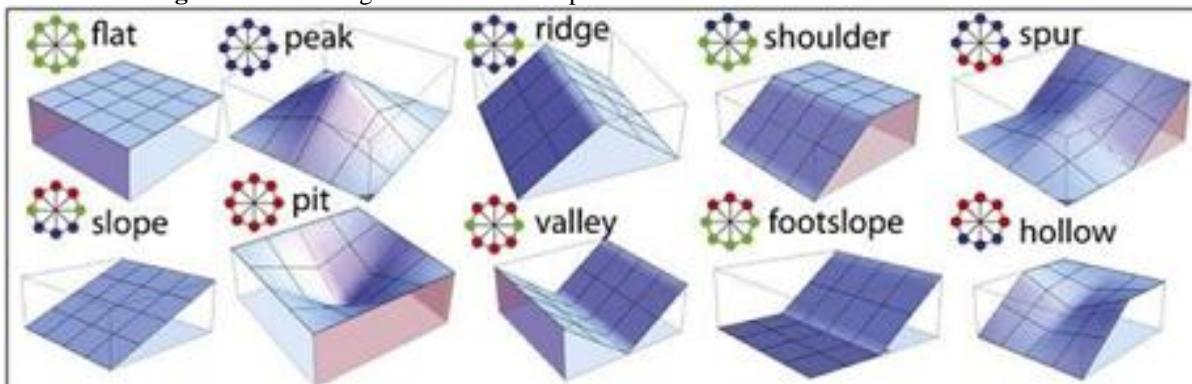
A análise morfométrica aplica-se principalmente na área geográfica e geomorfológica, torna-se uma metodologia consagrada, objetiva auxiliar na descrição quantitativa das formas encontradas na superfície terrestre, para realizar o emprego dessa técnica é necessário utilizar conjuntos matemáticos, que auxiliam na compreensão dos elementos estudados pelas ciências da terra e do desenvolvimento tecnológico das ciências da computação para processamento dos dados (MARK, 1975; PIKE, 2000; MUÑOZ, 2009). Os estudos que buscam a realização da compartimentação do relevo apresentam um primeiro fator para aplicação de estudos de planejamento e gestão territorial, ancorando-se na cartografia geomorfológica (TRENTIN; ROBAINA; SILVEIRA, 2015; TRENTIN; ROBAINA, 2016; FURLAN et al., 2018).

A proposta de estudo do relevo a partir dos *geomorphons* foi desenvolvida por Jasiewicz e Stepinski (2013), caracterizando-se por uma classificação automatizada que gera 10 elementos de relevo, identificados como: 1) áreas planas (*flat*), 2) picos (*peak*), 3) crista (*ridge*), 4) ressaltos (*shoulder*), 5) crista secundária (*spur*), 6) encosta (*slope*), 7) escavado (*hollow*), 8) base de encosta (*footslope*), 9) vales (*valley*) e 10) fosso (*pit*) (Figura 1).

Os estudos efetivados com análise dos *geomorphons* foram realizados na Polônia por Jasiewicz e Stepinski (2013), no Brasil foram aplicados no estado do Rio Grande do Sul por Robaina, Trentin e Laurent (2016), Tocantins por Robaina et al. (2017) e Paraná por Silveira et al.

(2018). A aplicação da metodologia do *geomorphons* em escala de bacia hidrográfica foi aplicado por Scconti (2017) para o rio Santa Maria.

**Figura 1** - Morfologias 3D simbólicas para os 10 elementos de relevo mais comuns.



Fonte: Jasiewicz e Stepinski (2013)

Para o ordenamento territorial é necessário compreender o espaço como um conjunto de ações localizadas sobre a dimensão fisiografia. A Geomorfologia aparece, então, como ferramenta fundamental para o estudo dos suportes físicos do relevo, tanto à gênese das formas, como no que se refere aos processos morfogenéticos que controlam a evolução da paisagem.

A aplicação de metodologias que utilizam dados topográficos caracterizados pela classificação de elementos denominados *geomorphons* apresenta um avanço na análise do relevo, tendo como ponto crucial a eliminação da subjetividade existente por outras metodologias tradicionais de mapeamento do relevo. A definição de elementos do relevo proporciona um avanço para os trabalhos de mapeamento mais detalhado permitindo o conhecimento do contexto geomorfológico e o entendimento da sua reação face a um fator natural ou antrópico que possa provocar a ruptura do equilíbrio dinâmico.

O artigo objetiva realizar uma análise do relevo na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim a partir de duas etapas, a primeira realizando uma análise morfométrica, observando a ordem dos canais de drenagem, hiposometria e declividade do terreno. A segunda etapa procura identificar elementos do relevo, denominados de *geomorphons*.

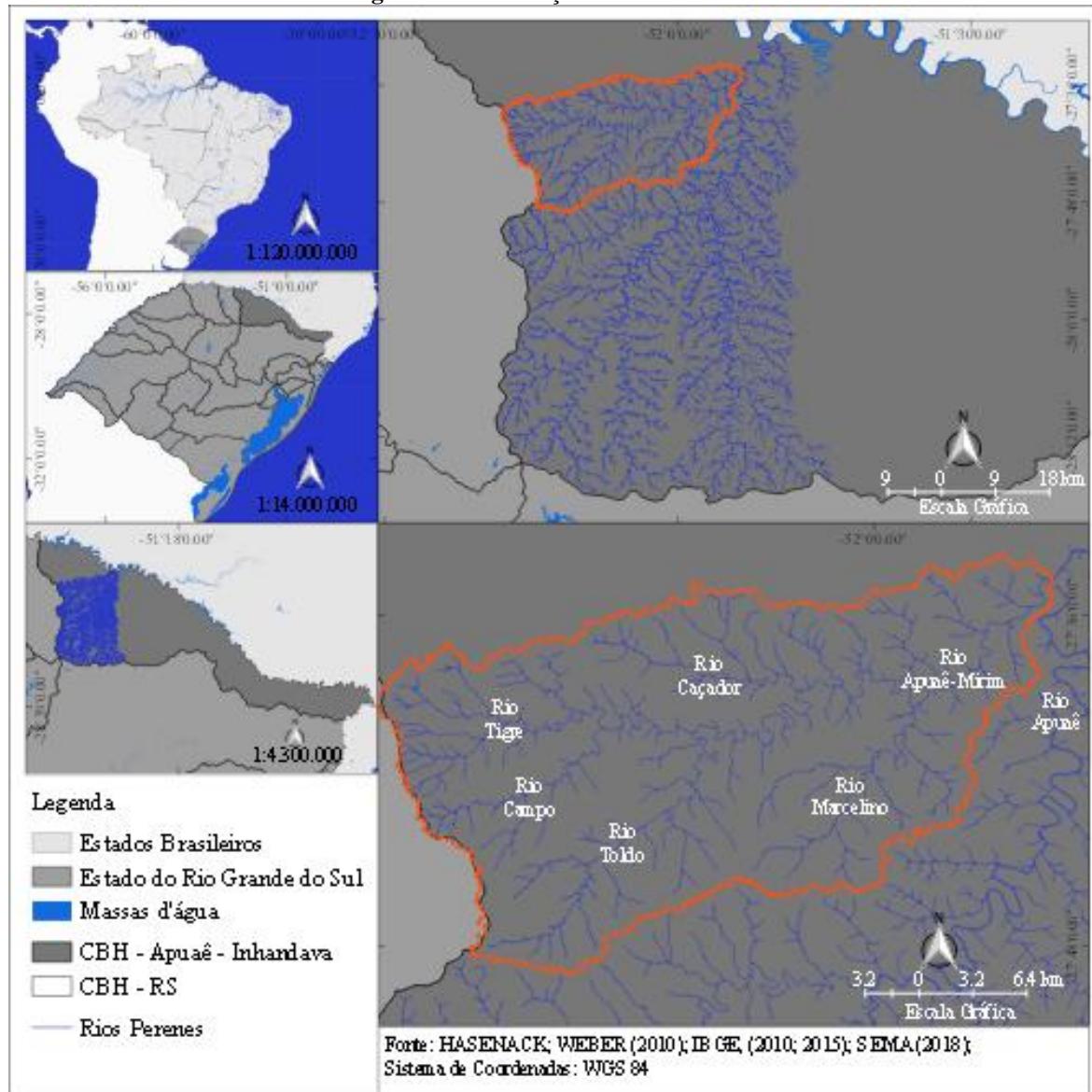
## METODOLOGIA

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim está localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, abrangida pelo comitê de bacia hidrográfica dos rios Apuaê e Inhandava, A BH contem área

aproximada de 681,42 km<sup>2</sup> e as principais sub-bacias, são: do Tigre, Campo, Toldo, Caçador e Marcelino, torna-se Apuaê-Mirim após confluência com o rio principal com o rio Toldo.

**Figura 2 – Localização da área de estudo**



Conforme a análise climática proposta Rossato (2011) para o estado do Rio Grande do Sul, na área em que está contido a bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, chove aproximadamente 1700 – 1900 mm ao ano, os meses mais chuvosos ocorrem na primavera com um volume de 175 – 215 mm. As altitudes elevadas do Planalto Basáltico associado ao sistema atmosférico favorece no volume de precipitação. As formas do relevo dessa área contribuem para os elevados totais pluviométricos, visto que a posição em que se encontra o vale do rio Uruguai, localizado no norte

do estado do RS, faz com que ocorra ascensão de ar nas direções de Santa Catarina (norte) e Rio Grande do Sul (sul).

A litologia presente, na maior porção da bacia, é da Formação Serra Geral representado pela Fácies Paranapanema (K1 beta pr), e a nordeste da bacia encontra-se uma porção menor da Fácies Chapecó (K1 alfa ch). A rede hidrográfica apresenta um padrão retangular, controlados por falhas e fraturas (CPRM, 2007). Os solos encontrados na área de estudo é Nitossolo Vermelho Eutroférrego (NVef) no baixo curso em elevações que variam 600 metros até 715 metros, acima de 600 metros encontra-se predominância do médio curso até o alto curso, o solo Latossolo Vermelho Aluminiférrego (LVaf) (IBGE, 2003).

## Materiais e Métodos

Inicialmente foi realizado o *download* do modelo digital de elevação (MDE) SRTM (2013) com resolução espacial 3 arcsec (90 metros) e da base hidrográfica 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010). Foi efetuado a transformação da projeção WGS 84 para SIRGAS 2000/UTM 22S no *software* ArcGIS® 10.4. O próximo procedimento constou na aplicação da remoção dos pixels espúrios do MDE seguindo a sequência *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Fill* realizado no ArcGIS®.

A primeira análise morfométrica aplicada na área de estudo trata da hierarquia fluvial, consiste em um importante parâmetro morfométrico, e que estabelece o ordenamento no arranjo dos canais e atribui efeitos comparativos entre as sub-bacias representando numericamente pela magnitude da extensão dos canais e seu grau de ordenamento (FLORENZANO, 2008; IBGE, 2009; MARTINE, 2012).

A classificação da hierarquia fluvial foi inicialmente aplicada por Horton (1945) e aperfeiçoada por Strahler (1952) que no Brasil é um dos mais utilizados:

[...] assume os canais sem tributários como os de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem, e assim sucessivamente (IBGE, 2009, p.102)

A Densidade de Drenagem (Dd) foi definida por Horton (1945), e para obtê-la aplica-se a equação:  $Dd = Lt/A$ , onde Lt corresponde ao comprimento total dos canais e A a área total da bacia. Auxilia na compreensão das características do solo e da litologia, pois pode-se identificar a porosidade e permeabilidade do terreno (IBGE, 2009).

As questões referentes aos usos urbanos e a estrutura física-natural da área (relevo, bacia hidrográfica, hidrografia) baseiam-se a partir dos seguintes autores: Christofoletti (1980, 1981), Cunha (1994), Mendonça (2000), Botelho e Silva (2004), Vieira e Cunha (2005), Coelho-Netto e Avelar (2007), Guerra e Marçal (2009), Botelho (2011, 2015), Cunha e Guerra (2012), entre outros.

Para aplicar o processamento do MDE utilizou-se a aplicação *online* para gerar os geomorphons, o endereço eletrônico <<http://sil.uc.edu/geom/app>>, o código da aplicação encontra disponível também em <<http://sil.uc.edu/>>, podendo ser implementada também no software GRASS.

A definição dos elementos caracterizados pelos geomorphons baseia-se na aplicação realizada por Jasiewicz & Stepinski (2013), procuram compreender a similaridade textural do MDE, consiste na análise do nível de cinza de uma célula central e as suas vizinhas, portanto quando a célula central obtiver valor igual assuma o valor “0”, quando assumir valor maior considera-se o valor de “1”, e quando menor representa valores menores que “-1”. Esses valores podem ser identificados na figura 3.

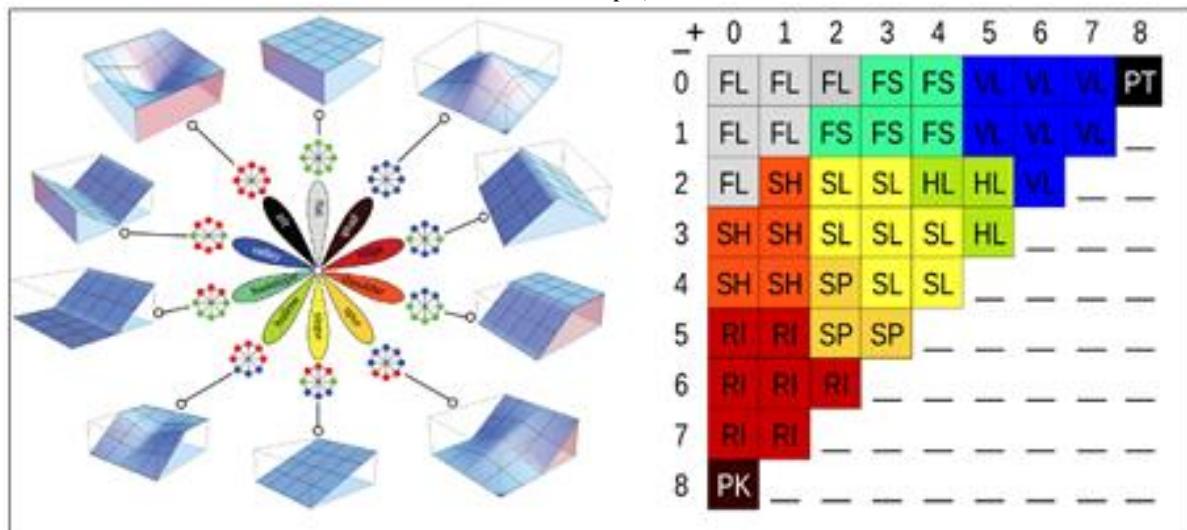
Jasiewicz e Stepinski (2013) consideram que para classificação da superfície terrestre não basta apenas as discrepâncias altimétricas, torna-se importante a compreensão, o ângulo e a distâncias dos pontos vizinhos comparados a uma célula central, que são os ângulos zenith e nadir. O perfil é calculado e traçado em direção a célula central “*look up distance*” (L) do MDE. O ângulo de elevação relaciona-se entre o plano horizontal e a linha que faz a confecção entre a célula central e o ponto no perfil. Portanto, o ponto do perfil em ângulos negativos torna-se mais rebaixado que os valores encontrados na célula central, visto que para cada perfil é verificado a dependência da direção (D) e da distância (L), assim calculando o ângulo de elevação “DSL”.

Para definição do ângulo Zenith utiliza-se o valor do “ $D\beta L$ ” que é o ângulo máximo de elevação “DSL”, é definido por “ $D\varphi L = 90^\circ - D\beta L$ ”, portanto trata-se de um ângulo entre o Zenith e a “line of sight”. A definição do ângulo nadir verifica-se o emprego do “ $D\delta L$ ” que consiste no ângulo mínimo de elevação “DSL”, define-se a aplicação “ $D\psi L = 90^\circ - D\delta L$ ”, assim o ângulo nadir é uma linha hipotética em relação a “*line-of-sight*”, deriva da ponderação do perfil de elevação em analogia ao plano horizontal. Trata-se então que os valores positivos se encontram definidos entre  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .

A aplicação exige um conjunto de dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros, em estudos aplicados no Brasil, Robaina, Trentin e Laurent (2016), Robaina et al. (2017), Scicoti (2017) e Silveira et. al (2018). O MDE utilizado para varredura consiste no SRTM, e

são utilizados dois parâmetros livres, o *lookup* “L” (distância em metros ou célula unidades) igual a 20 pixels (1800 metros) *threshold* (nívelamento em graus) em que foi utilizado “t” igual a 2°.

**Figura 3** - Plano de consulta para reclassificação de *geomorphons* nos 10 tipos comuns de terreno. Linhas / colunas em uma tabela indicam o número de elementos ternários (-1) / (1) no padrão geomorphon. Abreviações para elementos comuns de relevo são: FL áreas planas (*flat*), PK picos (*peak*), RI crista (*ridge*), SH ressaltos (*shoulder*), HL crista secundária (*spur*), SL encosta (*slope*), SP escavado (*hollow*), FS base de encosta (*footslope*), VL vales (*valley*) e PT fosso (*pit*).



Fonte: <<https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/addons/r.geomorphon.html>>

33

Os procedimentos de levantamentos e organização de dados de fontes secundárias, cuja sistematização foi realizada no software *Microsoft Excel* e especializado no software *Quantum Gis* (QGIS) e ArcGIS. Para realização e confecção dos mapas finais, baseou-se nas rotinas de trabalho a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG) relatadas em Fitz (2008a, 2008b). A abordagem refere-se à espacialização dos dados que se referiu a cinco escalas de análise complementares.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 4 representa a hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952), e verifica-se que o canal principal de drenagem possui 5<sup>a</sup> Ordem. Em relação a densidade de drenagem, a bacia hidrográfica apresenta valor de 1,40 considerada como drenagem regular.

O mapa hipsométrico apresenta as diferentes cotas altimétricas encontradas na bacia hidrográfica, com elevação baixa de 397 metros e a mais alta 833 metros, obtendo-se amplitude altimétrica de 436 metros (Figura 4). As sete classes hipsométricas (Figura 4) estão distribuídas a partir da palheta de cores, tendo o laranja escuro as mais altas altitudes, e correspondem as áreas de

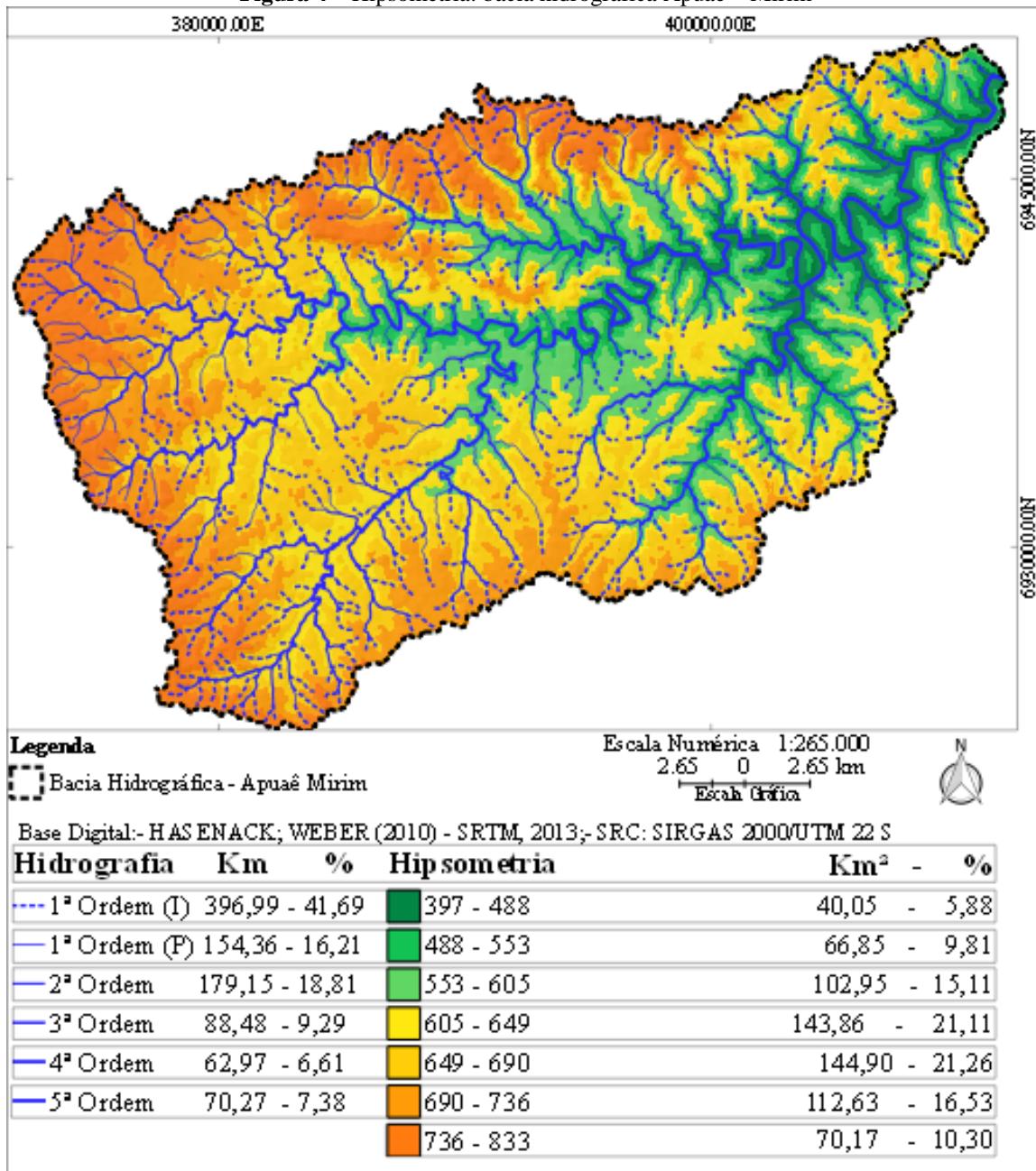
topo de morros e berços de nascentes, e podem ser observadas na direção Oeste e Noroeste, possui a terceira menor porção e área em relação ao total da bacia.

A segunda classe mais alta, em cor laranja corresponde a algumas encostas no alto curso da bacia, e alguns topos de morros no médio curso, apresenta terceira maior área e porção sobre a bacia. A terceira maior classe de elevação em ouro, está associada ao alto curso e noroeste e norte, essa classe apresenta a maior área e porção na área de estudo.

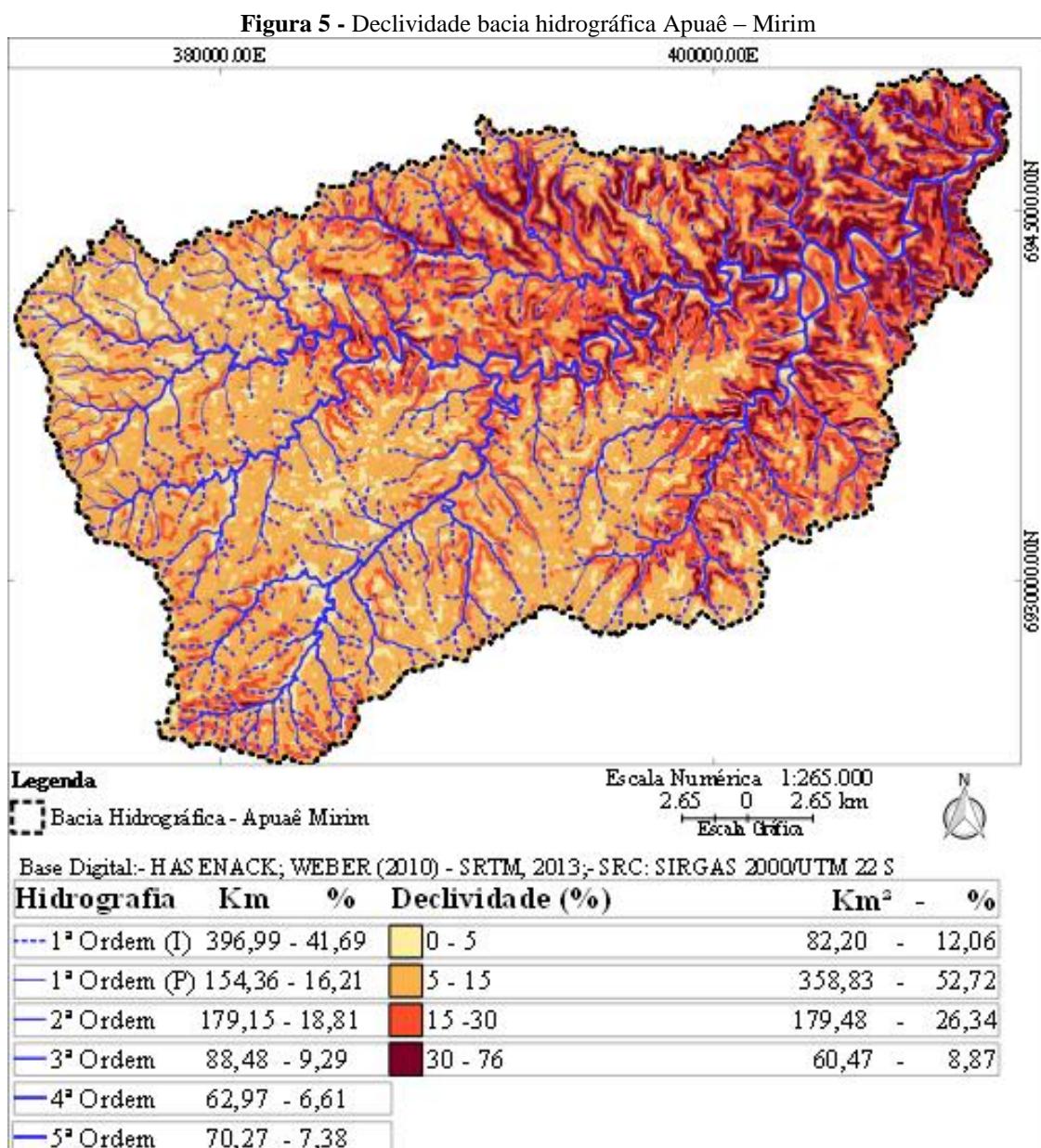
A quarta maior classe de elevação em amarelo, no alto curso apresenta-se próximo aos canais de drenagem e podem estar associados aos terraços fluviais, já no médio curso encontram-se localizados nas encostas, e topos de morros e no baixo curso encontra-se associadas aos canais de 1<sup>a</sup> Ordem. A classe de cor verde corresponde a terceira classe de elevação mais baixa da bacia, e apresenta-se próximo as drenagens no médio curso, no baixo curso podem estar associados as encostas e canais de 1<sup>a</sup> Ordem.

A segunda classe mais baixa na cor verde brilhante, encontra-se próxima aos canais de drenagem do médio curso, locais em que o canal se apresenta meandrante e associa-se a terraços fluviais e apresenta-se como a segunda menor classe hipsométrica. A classe com menor elevação, na cor verde escuro, encontra-se próximo a foz, e apresenta um canal meandrante.

**Figura 4 – Hipsometria: bacia hidrográfica Apuaê – Mirim**

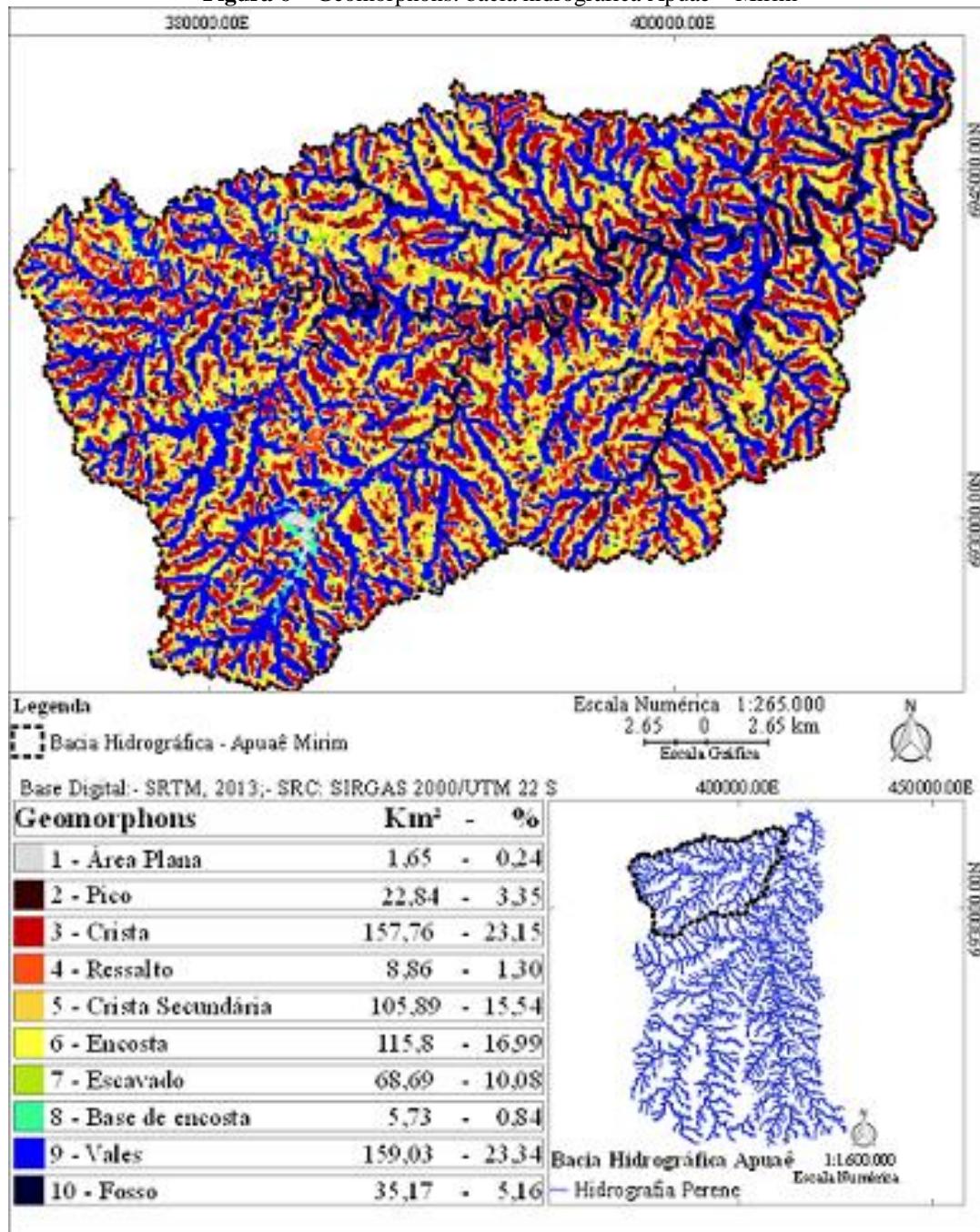


As classes de declividade foram divididas em quatro classes, e apresentam diferentes espacializações sobre a bacia, como pode ser observado na figura 5. Na área em que predomina as nascentes principais do canal verifica-se uma declividade baixa, já no baixo curso verifica-se declividades com maior elevação.



Os elementos do relevo definidos pelos *geomorphons* apresentam que as áreas planas ocorrem em percentual muito baixo apenas 0,24% da área, tratando-se da menor porção comparado com os demais, concentra-se próximo as nascentes do rio Toldo em altitude aproximada entre 605 e 649 metros.

**Figura 6 – Geomorphons: bacia hidrográfica Apuaê – Mirim**



O segundo elemento encontrado corresponde ao pico, que se especializam sobre os interflúvios, e encontram-se distribuídos sobre toda a área da bacia, esse elemento representa a quarta menor percentual em 3,35%, no alto curso encontram-se em altitudes de aproximadamente 740 metros, no médio curso e baixo curso encontram-se acima das altitudes de 600 metros.

O terceiro elemento corresponde a crista que possui o segundo maior percentual sobre a área, na sub-bacia dos rios Tigre, Campo e Toldo, é perceptível cristas estreitas, nas demais áreas da bacia identifica-se a presença de cristas alongadas.

O quarto elemento definido por ressaltos, se espacializa na sub-bacia do rio Tigre, em um interflúvio localizado entre o rio Campo e Toldo, representa a terceira menor porção sobre a área da bacia.

O quinto *geomorphon* gerado é a crista secundária, que encontram-se sobre toda a bacia, compondo 15,54%, porém se diferenciam em comprimento, pois nas sub-bacia dos rios Tigre, Campo e Toldo verifica-se um padrão composto por cristas secundárias curtas, na sub-bacia do rio Caçador elas tornam-se maiores, portanto alongadas.

O sexto elemento identificado pelas encostas, apresenta terceiro maior percentual em área sobre a bacia representando 16,99%, está disposto espacialmente sobre toda área.

O sétimo *geomorphon* é o elemento escavado, identificado sobre toda a área da bacia e presenta o quinto percentual mais alto em 10,08%.

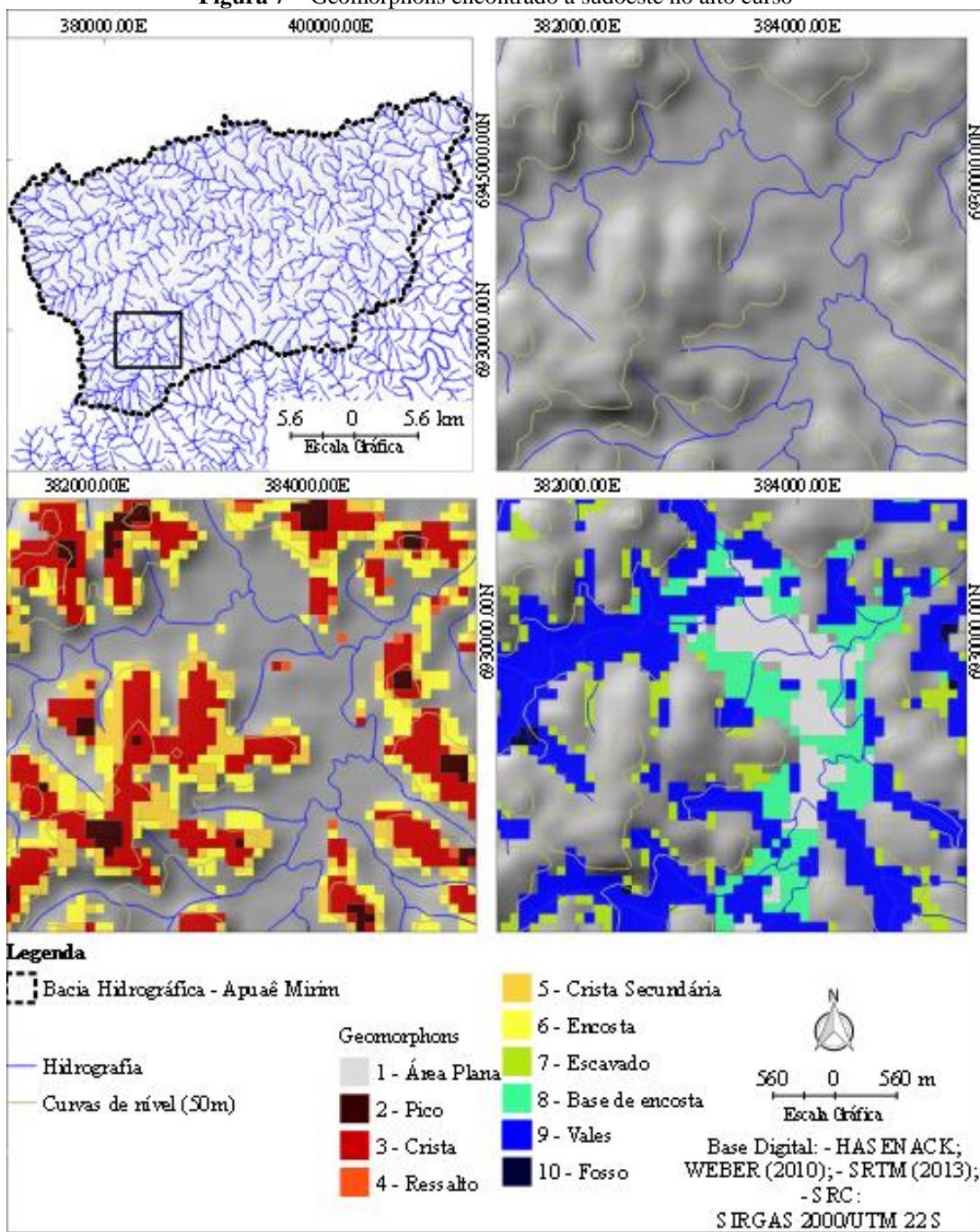
O oitavo elemento de *geomorphon* é representado pela base da encosta que apresenta a segunda menor porção na área da bacia, está espacializado em pequenas áreas no alto curso.

O nono elemento encontrado são os Vales, que representam a maior porção entre as demais, caracterizam-se por estar associados aos canais de drenagem, apresentando uma dinâmica de fluxo. O décimo *geomorphon* em azul escuro é o fosso, representa a quinta menor área e porção na bacia, encontra-se em áreas com vales profundos e dissecados.

As figuras 7, 8 e 9 apresentam porções correspondendo a diferentes *geomorphons*, contendo o relevo sombreado em cinza no recorte superior direito, o recorte inferior esquerdo demonstra os elementos que encontram-se da encosta até o topo, o recorte inferior direito apresenta as áreas que vão da base da encosta até o fosso.

Na figura 7 identifica-se uma área correspondente ao alto curso, pode-se visualizar o comportamento dos *geomorphons*, em que apresenta no nas maiores altitudes os picos, as cristas alongadas, estreitas cristas secundárias e pequenas encostas.

**Figura 7 – Geomorphons encontrado a sudoeste no alto curso**

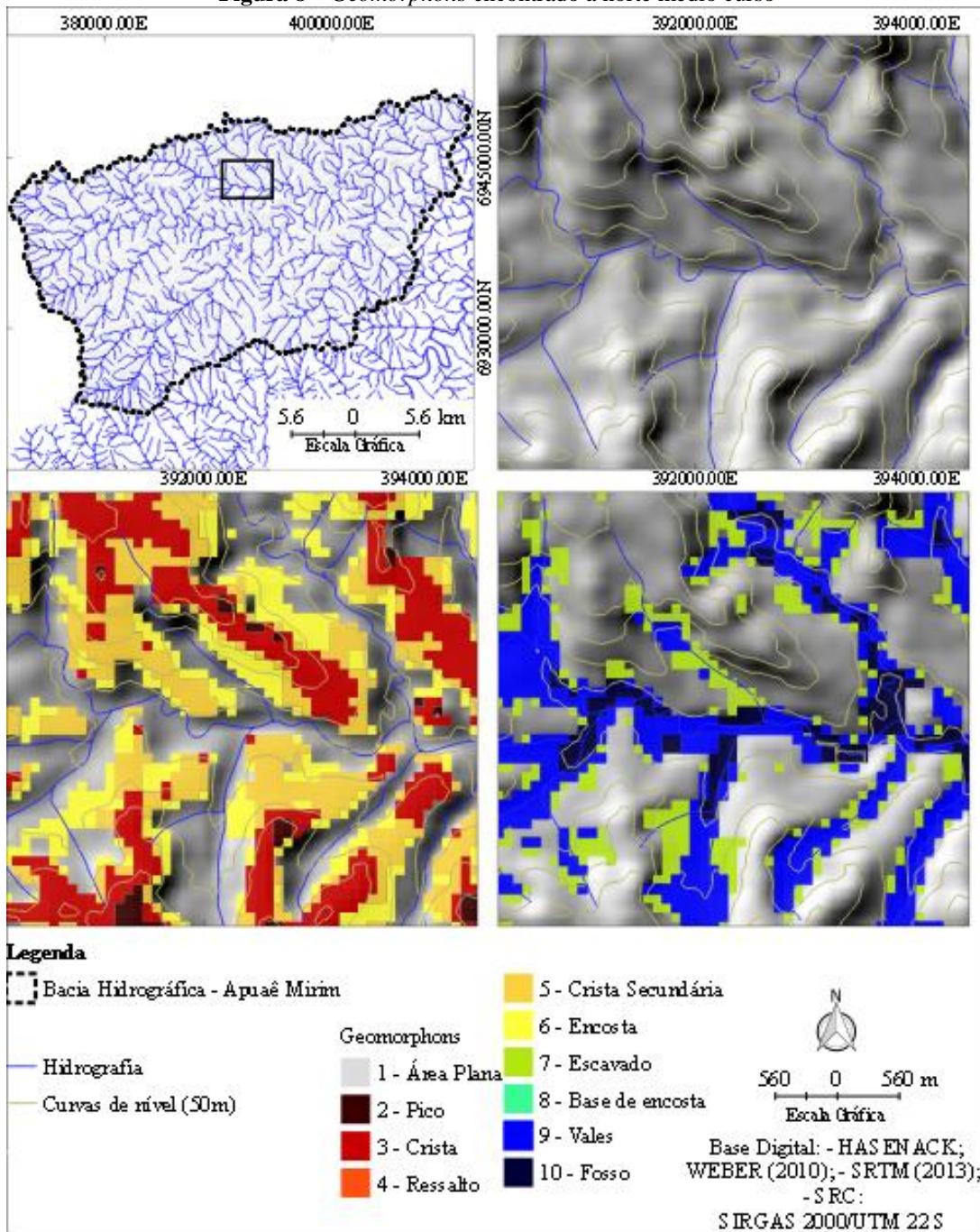


Verifica-se também a presença de área plana em cinza claro e algumas porções de base de encosta, e pequenas áreas que apresentam o elemento escavado, em maior representação encontra-se os vales, devido a dissecação do relevo basáltico, e pequenas áreas de fosso.

A figura 8 apresenta porção no médio curso, essa área apresenta pequenas composições do elemento pico, predominam as cristas alongadas, podendo identificar encostas curtas. Essa porção

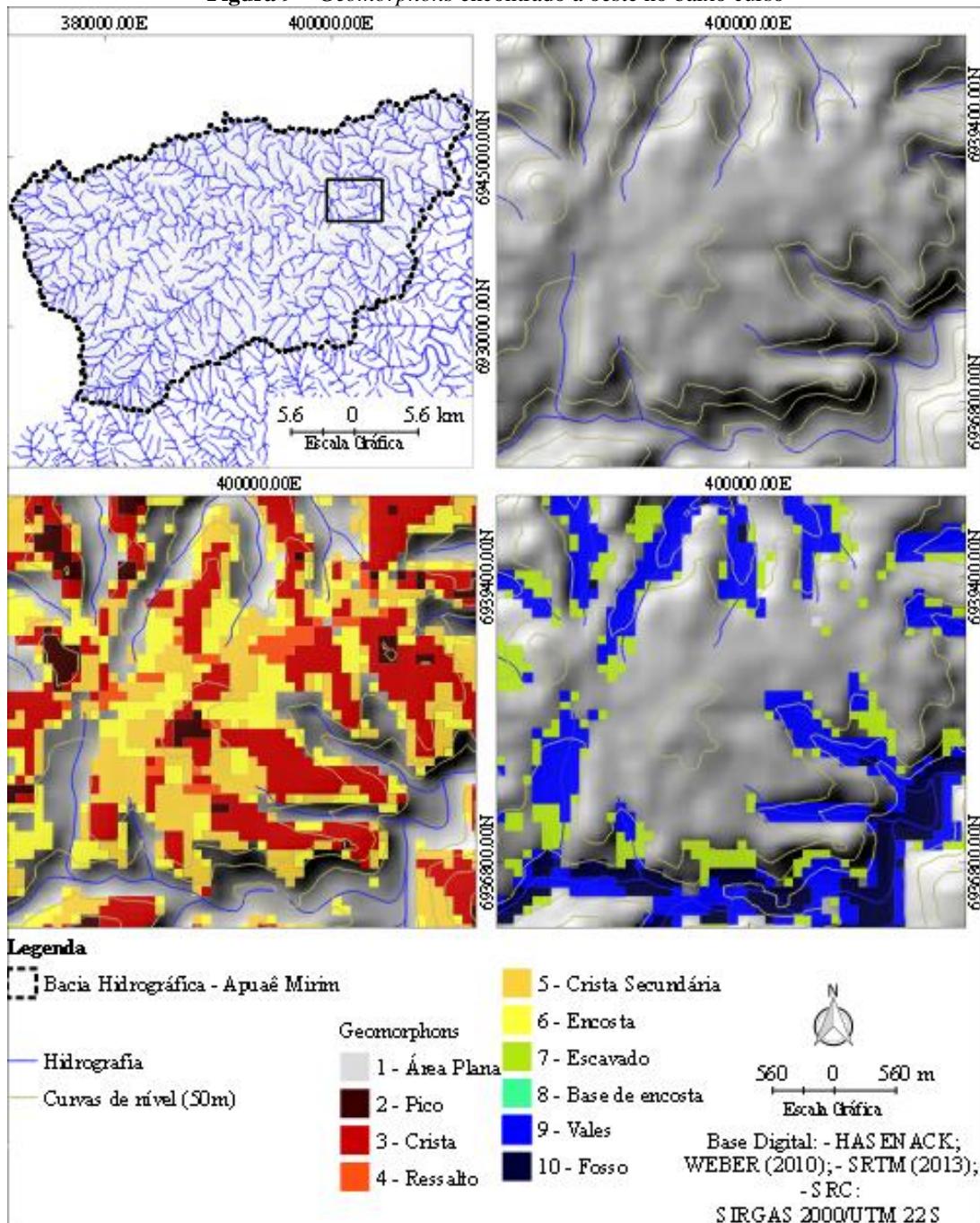
da bacia (figura 8), visualiza-se a presença de vale caracterizando áreas pertencentes a processos fluviais, também identifica-se áreas representadas por elementos de fosso e escavado.

**Figura 8 – Geomorphons encontrado a norte médio curso**



A figura 9 apresenta porção do baixo curso, onde se observa um morro. No morro observado da figura 9 é possível verificar a presença de alguns picos nas maiores altitudes, seguido por grande porção de cristas alongadas e cristas secundárias.

**Figura 9 – Geomorphons encontrado a oeste no baixo curso**



É verificado nessa porção a predominância do elemento vale que apresenta a dissecação vertical e horizontal do relevo, também se visualiza a presença de fosso e em menor porção o elemento escavado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

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. É possível identificar a forte presença dos *geomorphons* vales, cristas e cristas secundárias, demonstrando a o controle do relevo a partir dos processos de dissecação a partir de falhamentos em rochas vulcânicas da bacia sedimentar do Paraná.

Constatou-se que o mapeamento a partir da metodologia *geomorphons* possui grande potencial para análises do relevo, pois distingue 10 elementos que se diferenciam a partir da forma, e consequentemente processos diferentes ocorrem nas diversas formas. A análise dos *geomorphons* ainda se encontra em desenvolvimento, mas obter de padrões de formas se torna um grande avanço para entender os processos, processos esses que devem ser averiguados, assim como as formas a partir de trabalho de campo, que encontra-se como segundo passo da pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153-192.

\_\_\_\_\_. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. T. (ORG.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 71-115.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**: conceitos, temas e aplicações. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 270-300.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

COELHO NETTO, A. L; AVELAR, A de. S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem. In: SANTOS, R. F. dos (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p.65-73.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS. **Gravataí – SH,22-X-C-V, escala 1:100.000:** nota explicativa. Porto Alegre: UFRGS/CPRM, 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA; A. J. T; CUNHA; S. B (Org.).

**Geomorfologia:** Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 337-379.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation.** Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-manager-guide/license-manager-installation-and-startup.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2016

FITZ, P. R. **Cartografia básica.** São Paulo: Oficina de textos, 2008a.

\_\_\_\_\_. **Geoprocessamento sem complicações.** São Paulo: Oficina de textos, 2008b.

FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FURLAN, A. R; DIAS, D. F; TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. de S. Identificação das Unidades Geomorfométricas da bacia hidrográfica do arroio Carijinho, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 807-820, 2018.

GRASS GIS. **Gemorphons.** Disponível em:

<<https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/addons/r.geomorphon.html>> Acesso em: 25. jun 2018.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário-geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1997.

GUERRA, A. J. T. ; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HASENACK, H.; WEBER, E (ORG.). **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul.** Série Geoprocessamento, Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.

HORTON, R. E. Erosional development of estremas and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America.** New York: Geological Society of America, v. 56, n. 3, p. 275-370, mar. 1945.

JASIEWICZ, J. ; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia.** Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento Pedológico**. 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

MARK, D. M. Geomorphometric parameters: a review and evaluation. **Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography**, v. 57, n. 3-4, p.165-177, 1975.

MARTINE, L. C. P. Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n.1, 2012, p. 65-72.

MENDONÇA, F. A. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **RA EGA**, v. 3, p. 67-90, 2000.

MUÑOZ, V. A. **Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. 112p.

PIKE, R. J. Geomorphometry diversity in quantitative surfase analysis. **Progress in Physical Geography**, v. 24, n. 1, p. 1-20, 2000.

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, p.287-298, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i2.857

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V; SCCOTI, A. A.V. Application of the geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **Revista Ra'e Ga**, v. 41 Temático de Geomorfologia, 37-48, 2017.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologias. Tese (Tese em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SCCOTI, A. A. V. **Estudo e zoneamento geoambiental com auxílio de sig na bacia hidrográfica do rio Santa Mario**: Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul. Tese (Tese em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

SILVEIRA, C. T. da; SILVEIRA, R. M. P.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. 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, p.33-57, 2018.

STRAHLER, A. N. **Dynamics basis of geomorphology**. Bulletin of the Geological Society of America, New York, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. de S. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Mercator**, v. 15, n. 3, p. 53-66, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission**. 3-ARC, 2013. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso em: 09 jan. 2016.