

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO PARÂMETRO “SKIP DISTANCE” NA OBTENÇÃO SEMIAUTOMATIZADA DOS ELEMENTOS DO RELEVO

INFLUENCE OF VARYING THE "SKIP DISTANCE" PARAMETER ON THE SEMI-AUTOMATED ACQUISITION OF RELIEF ELEMENTS.

 Marco Antônio Da Rosa Soares ^A

 George Gabriel Schnorr ^A

 Romário Trentin ^A

^A Universidade de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil

Recebido em: 19/07/2023 | 18/12/2024 **DOI:** 10.12957/tamoios.2025.77873

Correspondência para: Marco Antônio Da Rosa Soares (ma-arco@hotmail.com)

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar e descrever os efeitos de diferentes valores atribuídos ao parâmetro “*skip distance*” na geração dos elementos de relevo (*geomorphons*), sem alteração das demais variáveis, de forma semiautomatizada na Bacia Hidrográfica do Areal do Paredão (BHAP), localizada no oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Para tal, utilizou-se MDE com resolução espacial de 30 metros e o raio de busca (L) de 20 *pixels*. O *skip distance* (s) é o parâmetro testado no trabalho, a partir do qual foram efetuados processamentos com 0, 3, 5, 10 e 15 *pixels*. Observou-se que para a área em questão a mudança do parâmetro *skip distance* (s) ocasiona em resultados com significativas diferenças, principalmente na representação de pequenas feições. Destaca-se que o valor do parâmetro “s” pode variar, o que é definido a partir das características e singularidades presentes na área de estudo, o que torna importante a prévia comparação com diferentes valores. Ademais, torna-se necessário conciliar a escolha do valor ideal para o parâmetro através da análise e equilíbrio entre o MDE e a fidelidade na representação dos elementos do relevo e fenômenos associados na paisagem.

Palavras-chave: Relevo; MDE; Geomorphons; Skip Distance; Geomorfologia.

Abstract

This paper aims to analyze and describe the impact of varying the “skip distance” parameter on the generation of relief features (*geomorphons*), while keeping all other variables constant, in a semi-automated process applied to the Areal do Paredão Watershed (BHAP) in western Rio Grande do Sul, Brazil. The study used a DEM with a spatial resolution of 30 meters and a search radius (L) of 20 *pixels*. The skip distance (s) parameter was tested with values of 0, 3, 5, 10, and 15 *pixels*. The results indicate that varying the skip distance parameter leads to significant differences, particularly in the representation of smaller features within the landscape. It is worth noting that the optimal value for the “s” parameter depends on the specific characteristics and nuances of the study area, underscoring the importance of testing different values beforehand. Additionally, selecting an ideal parameter value requires balancing the characteristics of the DEM with the accuracy of the relief representation and associated landscape phenomena.

Keywords: Relief; DEM; Geomorphons; Skip Distance; Geomorphology.





INTRODUÇÃO

Os métodos de análise espacial e técnicas de representação digital do terreno têm passado por constante evolução nas últimas décadas. Desenvolvida na metade do século XX, a representação digital do terreno contou com o desenvolvimento de tecnologia geo-computacional, matemática moderna, e operações em computação gráfica (Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020). Como afirmam Mokarram e Sathyamoorthy (2018), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de processamento de imagens reduziram obstáculos na classificação da geometria do terreno em qualquer resolução espacial. Essa classificação da superfície com Modelo Digital de Elevação (DEM) pode ser feita utilizando os pixels, um método mais simples e que não considera as feições vizinhas, ou baseada em objetos, que apresenta maior complexidade, mas considera o contexto do entorno das feições (Lin et al., 2022).

A classificação baseada em objetos é promissora e produz resultados que podem ser considerados aceitáveis, entretanto, ainda há a necessidade de mais pesquisas para o pleno desenvolvimento da técnica, em adição, com o maior conhecimento sobre o tema é possível integrar elementos da inteligência artificial, como o processamento utilizando redes neurais artificiais (Feizizadeh et al., 2021). Já a classificação baseada em pixels é amplamente utilizada devido à sua popularidade e à facilidade de validação dos resultados (Mashinbye; Loggenberg, 2023). No entanto, essa abordagem pode ignorar elementos em menor escala, especialmente quando aplicada com DEMs de baixa resolução (Xiong et al., 2018).

Nesse sentido, surge a metodologia dos *geomorphons* para definição de elementos de relevo, utilizando de ferramentas de visão computacional (Jasiewicz; Stepinski, 2013). A partir da visão computacional, busca-se compreender os elementos da visão biológica e através deste conhecimento, utilizar técnicas da computação que se baseiam na visão do ser humano para elaborar ferramentas semiautomatizadas (Bebis et al., 2003).

Assim, a metodologia dos *geomorphons* realiza a comparação de diferença da altura topográfica, distância e o ângulo de direção dos pixels vizinhos ao pixel central, ou seja, a partir dos ângulos zênite e nadir. A proposta classifica o relevo em 10 elementos: áreas planas (*flat*), pico (*peak*), crista (*ridge*), ressaltos (*shoulder*), crista secundária (*spur*), encosta (*slope*), escavado (*hollow*), base de encosta (*footslope*), vales (*valley*), e fosso (*pit*) (Jasiewicz e Stepinski, 2013).

No Brasil, a metodologia dos *geomorphons* foi inicialmente aplicada para o Estado do Rio Grande do Sul por Robaina, Trentin e Laurent (2016). Assim, há um significativo corpo de literatura acerca da utilização desta metodologia (Gouveia; Ross, 2019; Gawrysiak; Kociuba, 2020; Gupta; Dixit, 2024; Coria et al., 2024), aplicando-as diretamente na identificação dos elementos do relevo, ou associando à outras análises geomorfológicas.

A identificação dos *geomorphons* no ambiente SIG ArcGIS Pro se dá através da definição dos parâmetros “*Flat terrain angle threshold*” (nivelamento em graus), “*Search Distance*” (raio de busca) e “*Skip Distance*” (área de exclusão). Partindo dessas premissas, a mudança feita pelo usuário dos valores alocados nessas variáveis permite, por meio de tentativas e análises dos resultados, adequar o produto em conformidade com o tema da pesquisa e a área de aplicação (Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020).

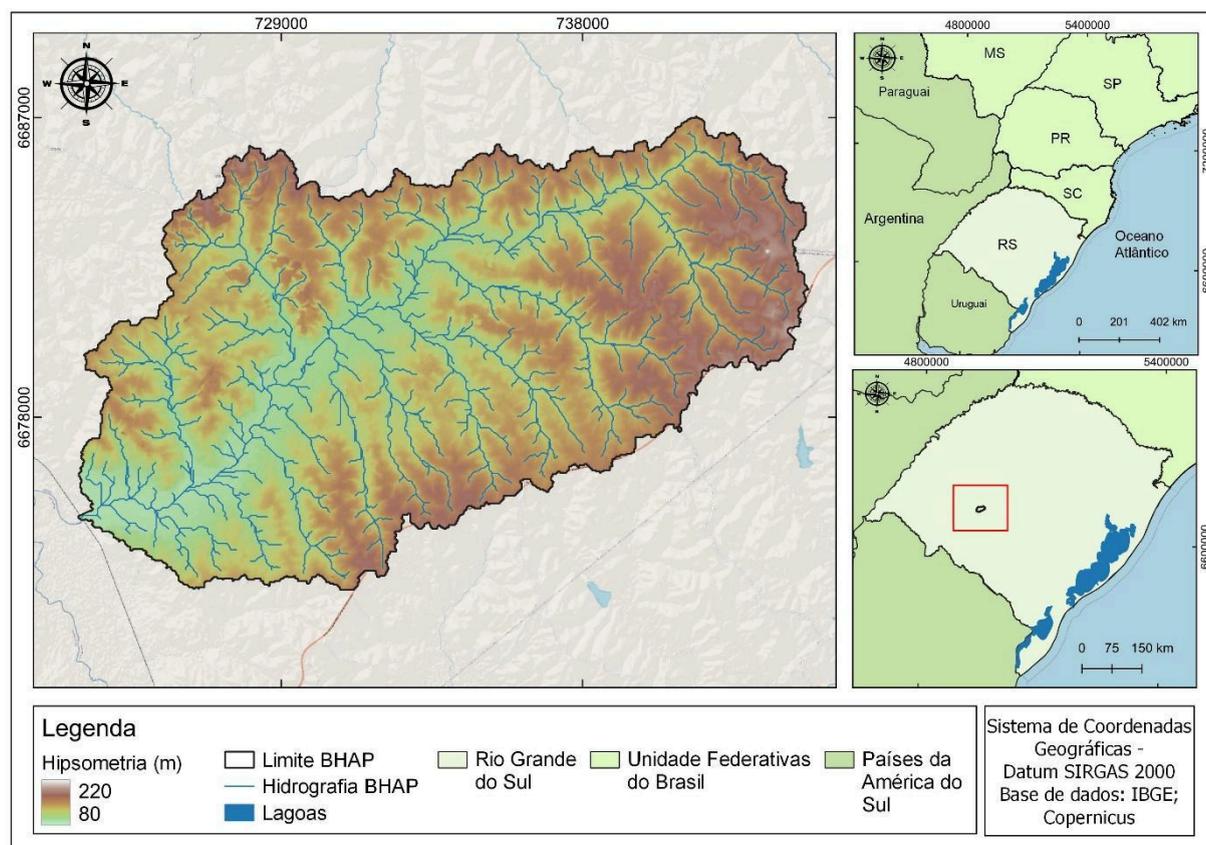


Em vista da importância de escolha e definição das variáveis que compõem as etapas de elaboração dos *geomorphons*, comprova-se como fundamental estudos que possibilitem a comparação e análise da mudança destes valores. Nesse sentido, surgem uma série de trabalhos acerca tanto da mudança de resolução espacial do DEM (Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020) quanto mudança do valor de L (Pinheiro et al., 2016).

Por sua vez o parâmetro *skip distance*, na maior parte das vezes, sequer é mencionado quanto ao valor que utilizado no desenvolvimento dos trabalhos voltados a geração dos geomorphons (Robaina; Trentin; Laurent, 2016; Luo; Liu, 2018; da Silveira et al., 2018; Petsch et al., 2020; Capoane; Amorim, 2022; Robaina; Trentin; Borrás, 2023). Assim, a compreensão deste parâmetro e o entendimento da sua importância da variação deste parâmetro para a geração de produtos de maior qualidade.

O objetivo deste trabalho é analisar e descrever os efeitos dos diferentes valores utilizados no parâmetro “*skip distance*” (s), sem mudança nas demais variáveis, para geração dos elementos de relevo (*geomorphons*) de forma semiautomatizada. A análise foi aplicada na Bacia Hidrográfica do Areal do Paredão (BHAP), oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2023).



METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A BHAP se localiza entre os municípios de Cacequi e São Gabriel. Segundo a classificação de Rossato (2011), a área da bacia se localiza no clima Subtropical Ia e na faixa de transição com a clima Subtropical II. No clima Subtropical Ia a pluviosidade varia entre 1.200 e 1.500 mm anuais, distribuídos entre 80 e 100 dias de chuva, já o clima Subtropical II apresenta pluviosidade de 1.500 a 1.700 mm anuais, distribuídos entre 90 e 110 dias de chuva.

A altitude da bacia varia entre 91 e 220 metros, com amplitude altimétrica de 129 metros, a área apresenta em média declividades que não ultrapassam 20% de inclinação. Logo, o relevo é plano, com presença de colinas, característico da depressão central do Rio Grande do Sul.

Em termos de geologia, na área de estudo afloram rochas da Formação Pirambóia, que é composta por arenitos com granulometria média a fina, geometria lenticular bem desenvolvida, com origem em ambiente continental, eólico com intercalações fluviais (CPRM, 2008).

A região Oeste do Rio Grande do Sul é caracterizada pelos processos de arenização e voçorocamento (Rademann; Trentin; Robaina, 2020), sendo alvo de uma série de trabalhos acerca desta temática (Suertegaray, 1998, 2012; Robaina et al., 2002; De Nardin; Robaina, 2010; Cabral; Nummer; Bateira, 2020; Rademann; Trentin; Robaina, 2022).

Base de dados

Em relação às bases cartográficas utilizadas, os limites estaduais foram obtidos no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) na aba “portal de mapas”, na escala de 1:250.000. Já as informações referentes à geologia foram obtidas no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008), na escala de 1:750.000.

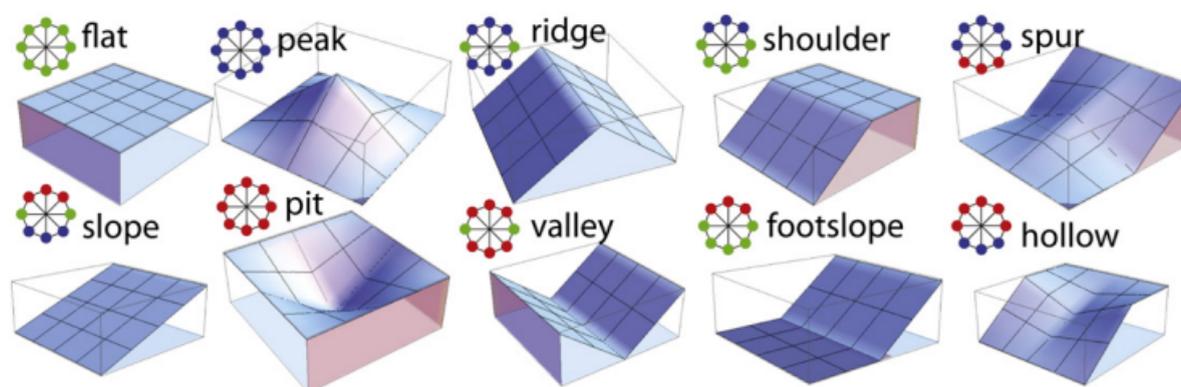
O limite da BHAP e a hidrografia, bem como os demais produtos cartográficos, foram gerados de forma automática através do *software* ESRI ArcGIS Pro (3.1.0). A qualidade do MDE determina a confiabilidade e a precisão da análise espacial que está sendo realizada (Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020). Para o presente trabalho, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido do site *OpenTopography*, com resolução espacial de 30 metros do *WorldDEM* do programa *Copernicus*.

Elaboração dos *geomorphons* e análise

A metodologia dos *geomorphons* baseia-se no trabalho de Jasiewicz e Stepinski (2013), na qual a ferramenta implementada em ambiente SIG delimita 10 elementos de relevo a partir de um algoritmo de reconhecimento que se baseia em um raio de busca (L) partindo de um ponto central (Jasiewicz; Stepinski, 2013) (Figura 2).



Figura 2 – Representação 3D dos principais elementos de relevo.



Fonte: Jasiewicz e Stepinski (2013).

O processamento dos *geomorphons* foi realizado no *software* ESRI ArcGIS Pro (3.1.0) com a ferramenta *Geomorphon Landforms*, que consiste na inserção de um *raster* da superfície e três parâmetros livres: *Flat terrain angle threshold* (t), *Search Distance* (L) e *Skip Distance* (s). O primeiro consiste no ângulo necessário para que o relevo seja considerado como plano (Ngunjiri et al., 2020), o segundo define a extensão do campo de análise do algoritmo e o terceiro é o comprimento inicial desse raio de busca que deve ser ignorado na busca das feições (Jasiewicz; Stepinski, 2013).

Para o presente trabalho foram utilizados os valores de 1 grau para t , baseado no trabalho de Jasiewicz e Stepinski (2013), e 20 *pixels* para L , baseado nos trabalhos de Robaina, Trentin e Laurent (2016), Dutra; Furlan; Robaina (2020) e Trentin e Robaina (2020), para áreas do Rio Grande do Sul. Esses parâmetros foram definidos com base no conhecimento prévio da área e análise dos resultados obtidos pelos autores citados. O *skip distance* (s) é o parâmetro testado no trabalho, para ele foram efetuados processamentos com 0, 3, 5, 10 e 15 *pixels*.

A metodologia da comparação quantitativa baseou-se nos trabalhos de Smirnov et al. (2008), que utilizou a equação de Borko (BK) para comparar o resultado de diferentes modelos de generalização de mapa, e Atkinson, Clercq e Rozanov (2020), que aplicaram a métrica BK para comparar os *geomorphons* provindos de DEMs com resoluções espaciais diferentes.



Essa fórmula utiliza os conceitos de *Recall* (Equação 1), sendo o número de feições iguais que o modelo teste identificou em comparação com a referência (Tatbul et al., 2018), ou seja, se haviam 100 feições X e o modelo teste identificou 80, o recall seria de 80%:

$$r = \frac{TP}{TP+FN} \quad (\text{Equação 1})$$

,

Onde:

$r = \text{Recall}$

$TP = \text{Verdadeiro Positivo}$

$FN = \text{Falso Negativo}$

e *Precision*, Equação 2, demonstra a efetividade do modelo, ou seja, quanto ele classificou corretamente em relação à quantidade total. Entretanto, essas fórmulas não são confiáveis pela sua resposta a variações dos elementos. (Goutte; Gaussier, 2005):

$$p = \frac{TP}{TP+FP} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$p = \text{Precision}$

$FP = \text{Falso Positivo}$

Uma das maneiras de contornar essa variação é utilizar medidas compostas, como o BK (Equação 3), que combina as fórmulas de *Recall* e *Precision* de forma conjunta (Leifman et al., 2002). O índice varia de -1 e 1, indicando o grau de semelhança entre dois *rasters*. Valores próximos do número 1 positivo apontam uma alta correspondência entre os modelos distintos, enquanto valores próximos de -1 indicam maior discrepância entre os modelos (Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020).

$$BK = P + R - 1 \quad (\text{Equação 3})$$

Os valores de TP, FP e FN utilizados no Recall e Precision foram obtidos por meio da elaboração de uma matriz de confusão multiclasse, no *software* ARCGIS. O mapa de *geomorphons* utilizado como referência foi o que utilizou o parâmetro “s” igual a 3, visto que



por meio de análise visual e conhecimento da área, foi considerado o mais representativo. Para a matriz foram gerados 1.502 pontos que foram distribuídos aleatoriamente dentro do limite da bacia.

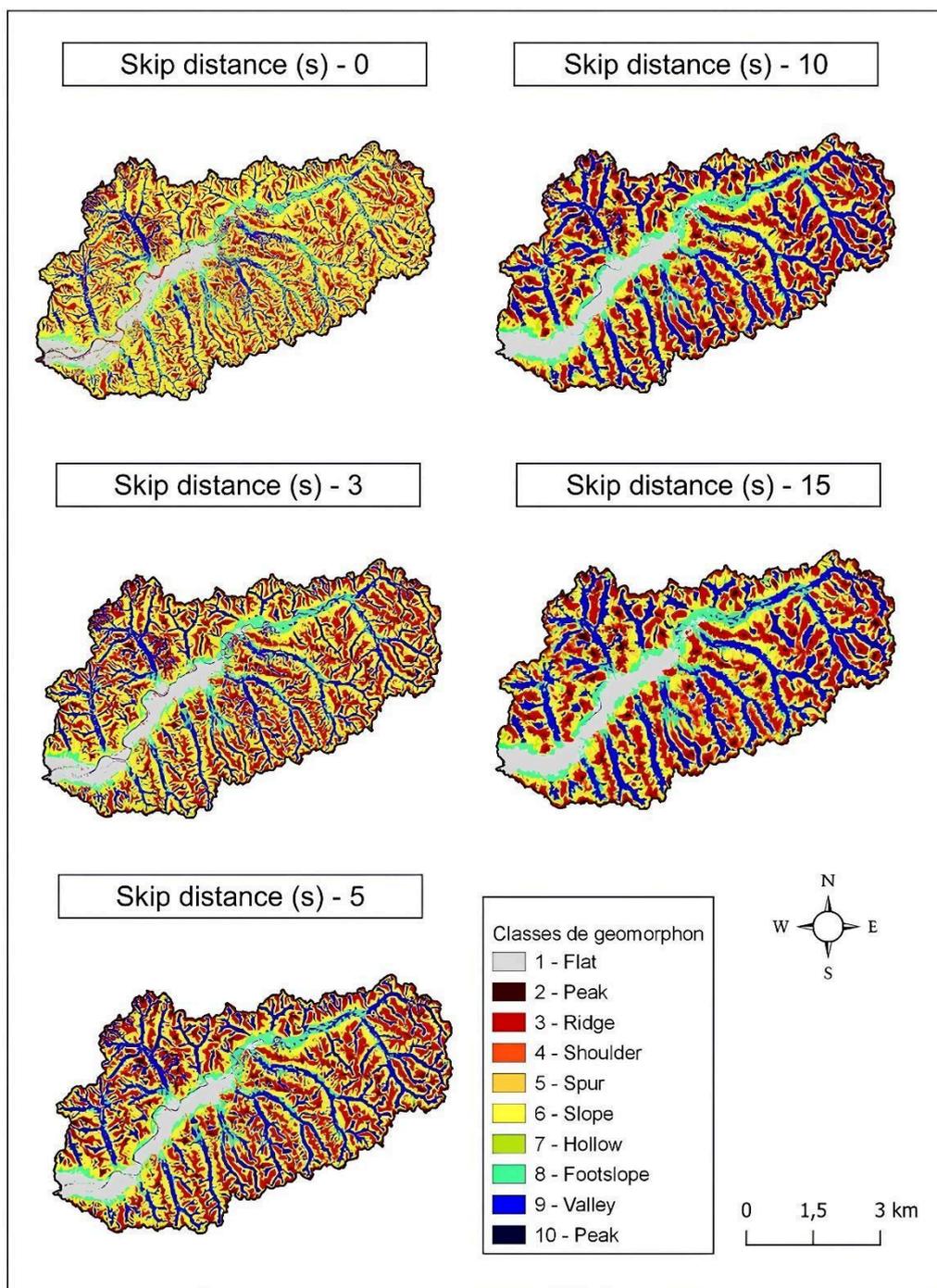
Além dessa comparação, efetuou-se uma verificação visual das feições mais específicas (Quadro 1), que tiveram diferenças entre os valores utilizados no parâmetro *skip distance*.

RESULTADOS

Em termos de resultados, através da sua espacialização (Figura 3), é possível observar que para a área em questão, uma bacia hidrográfica de pequena proporção, a mudança do parâmetro *skip distance* (s) ocasiona em resultados com significativas diferenças, principalmente na representação de pequenas feições. Essas alterações destacam a sensibilidade da ferramenta à parametrização utilizada, influenciando diretamente a precisão e o detalhamento na identificação das características geomorfológicas da bacia.



Figura 3 – Mapas com a representação espacial dos elementos de relevo para a BHAP com diferentes valores de s.



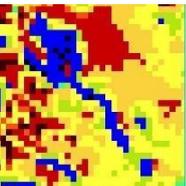
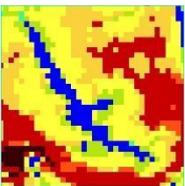
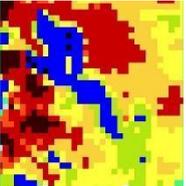
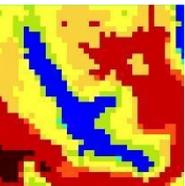
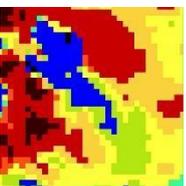
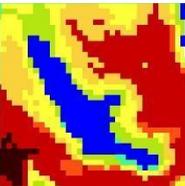
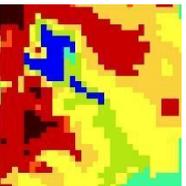
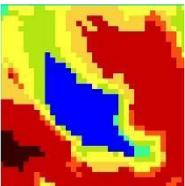
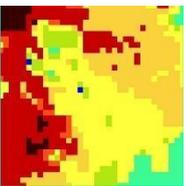
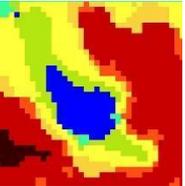
Fonte: Autores (2023).

De modo geral, através dos resultados dispostos na Figura 3, observa-se que a maior generalização dos elementos de relevo ocorre conforme o aumento do valor utilizado em questão, diminuindo o ruído existente. Por outro lado, esta generalização se relaciona também ao menor detalhamento da presença dos elementos de relevo. No Quadro 1 observa-se,



visualmente a resposta em diferentes valores de "s" para áreas com a presença de voçorocas na área de estudo.

Quadro 1 – Comparativo com diferentes valores de *Skip Distance* (s) em voçorocas.

<i>s</i>			
<i>0 pixels</i>			
<i>3 pixels</i>			
<i>5 pixels</i>			
<i>10 pixels</i>			
<i>15 pixels</i>			

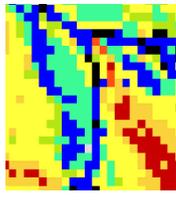
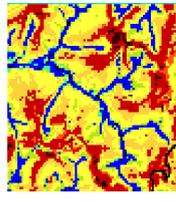
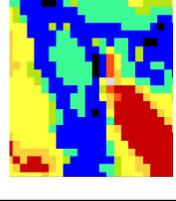
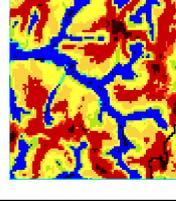
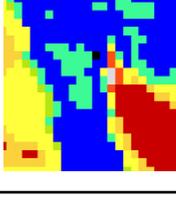
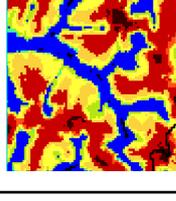
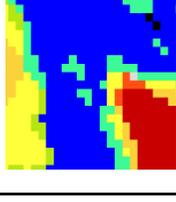
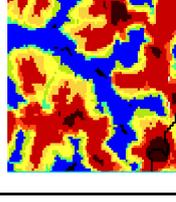
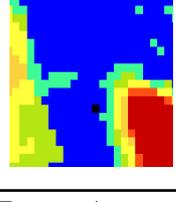
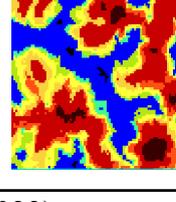
Fonte: Autores (2023).

As colunas apresentam voçorocas que se localizam ao longo da BHAP, marcando canais de drenagem de 1ª ordem. Observa-se que conforme ocorre o aumento do valor “s”, a representação das voçorocas (através dos elementos vale e escavado) diminui, havendo



aumento do elemento crista secundária. O elemento escavado também evidencia o processo erosivo linear profundo representado na imagem. Já no Quadro 2, visualiza-se a resposta dos elementos de relevo com diferentes valores de “s” para áreas com presença de canais de drenagem.

Quadro 2 – Comparativo com diferentes valores de *Skip Distance* (s) em canais de drenagem.

s		
0 pixels		
3 pixels		
5 pixels		
10 pixels		
15 pixels		

Fonte: Autores (2023).



Observa-se que o elemento base de encosta na coluna D (Quadro 2) gradualmente diminui a sua proporção espacial conforme o aumento do valor de “s”. Nesta área existem os depósitos de materiais, principalmente areia, que ocorrem com frequência ao longo dos principais canais da BHAP, fruto do intemperismo das rochas (compostas por arenitos friáveis).

Na coluna E, destaca-se canais de drenagem e processos de voçorocamento (representando canais de primeira ordem). Com a utilização de valores maiores de “s”, as áreas marcadas como vale (nos canais de primeira ordem) são generalizadas com as classes de crista e encosta.

A elaboração da matriz de confusão e o cálculo do BK (Figura 4) não permite uma abordagem generalista e conclusões que se aplicam à bacia hidrográfica por completo, entretanto, os valores de semelhança confirmam que a mudança de valores no parâmetro “s” ocasiona mudanças significativas no resultado final dos *geomorphons*. Em adição, a tabela demonstra as classificações feitas pelo modelo comparado em relação à referência, o que permite inferir alguns motivos de uma possível classificação generalizada pela ferramenta.

Tabela 1 – Quantificação da distribuição espacial dos elementos de relevo em diferentes valores de *Skip Distance* “s”.

Skip Distance = 0														
Referência	Flat	Peak	Ridge	Shoulder	Spur	Slope	Hollow	Footslope	Valley	Pit	Total	Recall	Precision	Bk
Flat	104	0	2	5	1	2	1	10	1	0	126	0.83	0.93	0.76
Peak	0	19	16	1	1	0	0	0	0	0	37	0.51	0.86	0.37
Ridge	0	3	193	18	61	9	0	0	0	0	284	0.68	0.84	0.52
Shoulder	1	0	9	14	8	15	1	0	1	0	49	0.29	0.37	-0.34
Spur	0	0	9	0	118	55	2	0	0	0	184	0.64	0.52	0.16
Slope	0	0	2	0	34	247	19	1	1	0	304	0.81	0.57	0.38
Hollow	0	0	0	0	0	55	44	1	13	0	113	0.39	0.38	-0.23
Footslope	7	0	0	0	2	21	12	75	5	0	122	0.31	0.73	0.04
Valley	0	0	0	0	1	28	37	16	186	3	271	0.69	0.88	0.57
Pit	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	12	0.58	0.7	0.28
Total	112	22	231	38	226	432	116	103	212	10	1502			
Skip Distance = 5														
Referência	Flat	Peak	Ridge	Shoulder	Spur	Slope	Hollow	Footslope	Valley	Pit	Total	Recall	Precision	Bk
Flat	117	0	1	2	0	0	0	6	0	0	126	0.93	0.92	0.85
Peak	0	34	3	0	0	0	0	0	0	0	37	0.92	0.81	0.73
Ridge	1	8	253	14	7	1	0	0	0	0	284	0.89	0.86	0.75
Shoulder	1	0	14	26	3	4	1	0	0	0	49	0.53	0.46	-0.01
Spur	0	0	22	9	113	40	0	0	0	0	184	0.61	0.72	0.33
Slope	1	0	1	5	33	211	38	10	5	0	304	0.69	0.76	0.45
Hollow	0	0	0	0	1	20	63	7	22	0	113	0.56	0.54	0.10
Footslope	7	0	0	0	0	2	2	99	12	0	122	0.41	0.77	0.18
Valley	0	0	0	0	0	0	12	7	251	1	271	0.93	0.85	0.78
Pit	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	12	0.58	0.88	0.46
Total	127	42	294	56	157	278	116	129	295	8	1502			



Skip Distance 10														
Referência	Flat	Peak	Ridge	Shoulder	Spur	Slope	Hollow	Footslope	Valley	Pit	Total	Recall	Precision	Bk
Flat	113	0	0	3	0	0	0	9	1	0	126	0.9	0.81	0.71
Peak	0	25	12	0	0	0	0	0	0	0	37	0.68	0.68	0.36
Ridge	2	11	209	22	28	12	0	0	0	0	284	0.74	0.66	0.40
Shoulder	4	0	18	10	7	7	1	2	0	0	49	0.2	0.12	-0.68
Spur	0	0	60	13	42	48	9	6	6	0	184	0.23	0.39	-0.38
Slope	0	1	14	28	26	128	35	37	35	0	304	0.42	0.51	-0.07
Hollow	0	0	3	4	3	37	30	11	25	0	113	0.27	0.28	-0.45
Footslope	20	0	0	1	1	0	4	76	20	0	122	0.31	0.48	-0.21
Valley	1	0	0	0	0	20	26	19	201	4	271	0.74	0.68	0.42
Pit	0	0	0	0	0	0	1	0	7	4	12	0.33	0.5	-0.17
Total	140	37	316	81	107	252	106	160	295	8	1502			

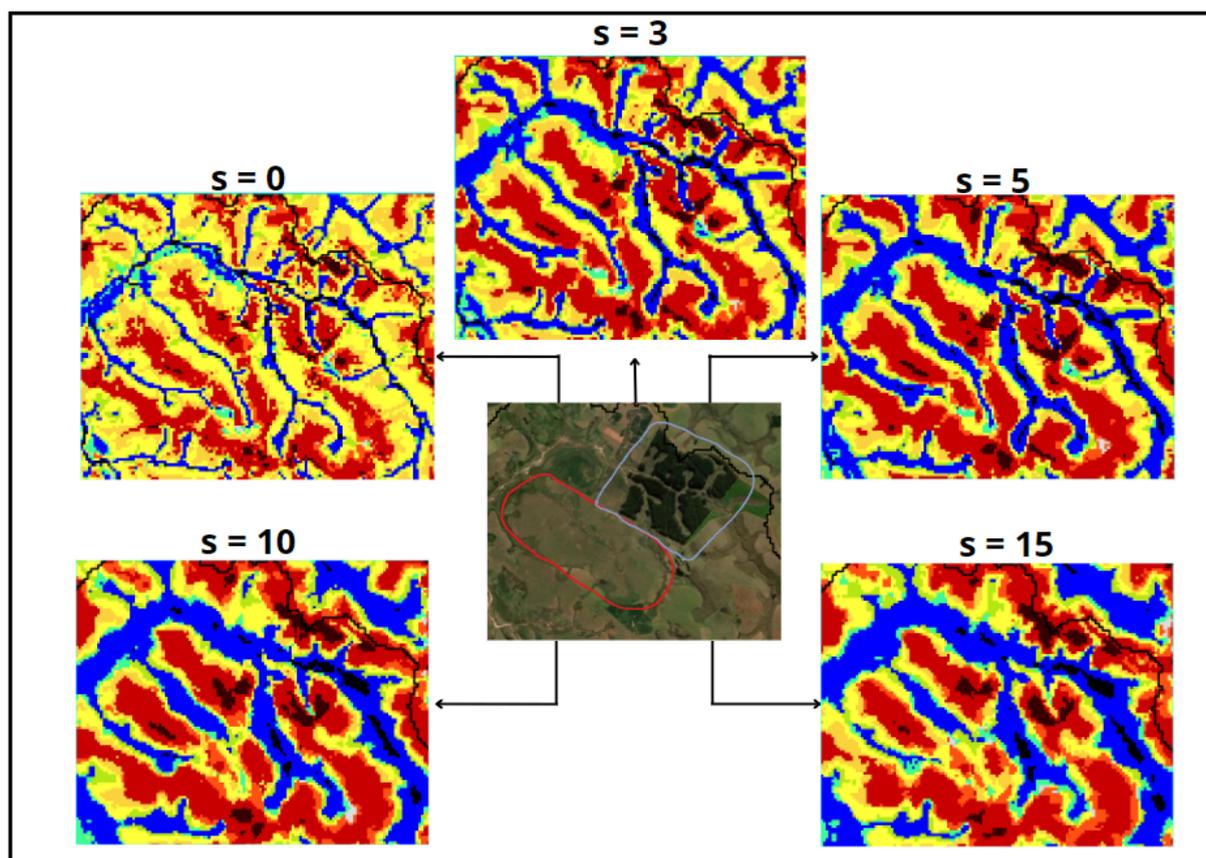
Skip Distance 15														
Referência	Flat	Peak	Ridge	Shoulder	Spur	Slope	Hollow	Footslope	Valley	Pit	Total	Recall	Precision	Bk
Flat	105	0	1	2	0	0	0	16	2	0	126	0.83	0.71	0.54
Peak	0	14	23	0	0	0	0	0	0	0	37	0.38	0.5	-0.12
Ridge	3	12	180	38	25	25	0	0	1	0	284	0.63	0.59	0.22
Shoulder	4	0	15	12	5	9	0	4	0	0	49	0.24	0.11	-0.65
Spur	1	1	57	16	28	51	14	12	4	0	184	0.15	0.28	-0.57
Slope	6	1	21	30	30	108	25	41	42	0	304	0.36	0.43	-0.21
Hollow	1	0	6	4	9	26	22	16	28	1	113	0.19	0.22	-0.59
Footslope	26	0	0	1	1	6	4	60	24	0	122	0.25	0.34	-0.41
Valley	2	0	1	2	3	29	34	28	169	3	271	0.62	0.61	0.23
Pit	0	0	0	0	0	0	2	0	7	3	12	0.25	0.43	-0.32
Total	148	28	304	105	101	254	101	177	277	7	1502			

Fonte: Autores (2023).

Nesse contexto, algumas feições como ressalto, escavado, crista secundária e base de encosta foram extremamente dissimilares com o modelo utilizando de $s=3$, sendo principalmente classificados respectivamente como crista; vales e encosta; crista; vales e áreas planas. Em contrapartida, áreas planas, cristas e vales apresentaram resultados com um alto grau de correspondência. Na Figura 5, destaca-se através do mosaico, a comparação de *geomorphons* com diferentes valores de “s” para a área no centro do mosaico (observa-se na imagem orbital).



Figura 5 – Mosaico de *geomorphons* com diferentes valores de *s*.



Fonte: Autores (2023).

No mosaico (Figura 5) é possível perceber um padrão de continuidade de feições nas áreas com colinas, o que indica baixa interferência no DEM, que pode ser principalmente de silvicultura. Dessa maneira, no topo das colinas que estão dentro da área demarcada em vermelho se observa uma sucessão de crista, crista secundária, encosta, escavado e base de encosta no contato com os canais de drenagem, sendo a encosta (*slope*) mais bem delimitada com valores de área de exclusão (*s*) menores.

Na área demarcada em azul é visível na imagem orbital (*Google Satellite*) a presença de silvicultura, isso nos *geomorphons* é percebido pelo maior número de picos no centro das cristas e fossos nos vales, o que se deve ao algoritmo identificar uma grande diferença entre as altitudes do topo das árvores e as feições, o que acaba criando esses erros de classificação.

Nesse cenário, a área de exclusão igual a 0 (zero) consegue demarcar bem os canais da cabeceira da bacia, mas há muita pouca generalização e alta sensibilidade, o que gera um modelo difícil de ser analisado e com muitos ruídos. Conforme o “*s*” aumenta há um



alargamento da classificação de vales e cristas, esses que são substituídos, em geral, por áreas planas, essa afirmação é facilmente perceptível na comparação entre o $s=0$ e $s=10$.

Nas voçorocas que estão na beira desses canais próximos à silvicultura, os *geomorphons* que utilizaram áreas de exclusão maiores, como $s=10$ e $s=15$, mostraram resultados mais coesos. Os demais *geomorphons* com esse parâmetro igual a 0, 3 e 5 apresentaram resultados similares, juntamente com isso, a ocorrência de pixels isolados sem nenhuma feição igual aos seus arredores, caracterizando ruídos.

Nesse viés, constatou-se, na maioria dos casos, que há uma continuidade do nível de base da voçoroca até a sua cabeceira, de vales, escavado, encosta, uma pequena expressão de crista secundária e crista. Nas voçorocas próximas aos canais sem a presença de silvicultura, há uma continuidade, no mesmo sentido de observação, de vales, bases de encosta, encosta e as voçorocas classificadas principalmente como escavado e vales.

Nessas áreas há uma maior presença de fossos nos modelos de “s” com valor de 0, 3 e 5 pixels, enquanto naqueles que tiveram o parâmetro (s) igual a 10 e 15, mostraram uma diminuição dessa ocorrência.

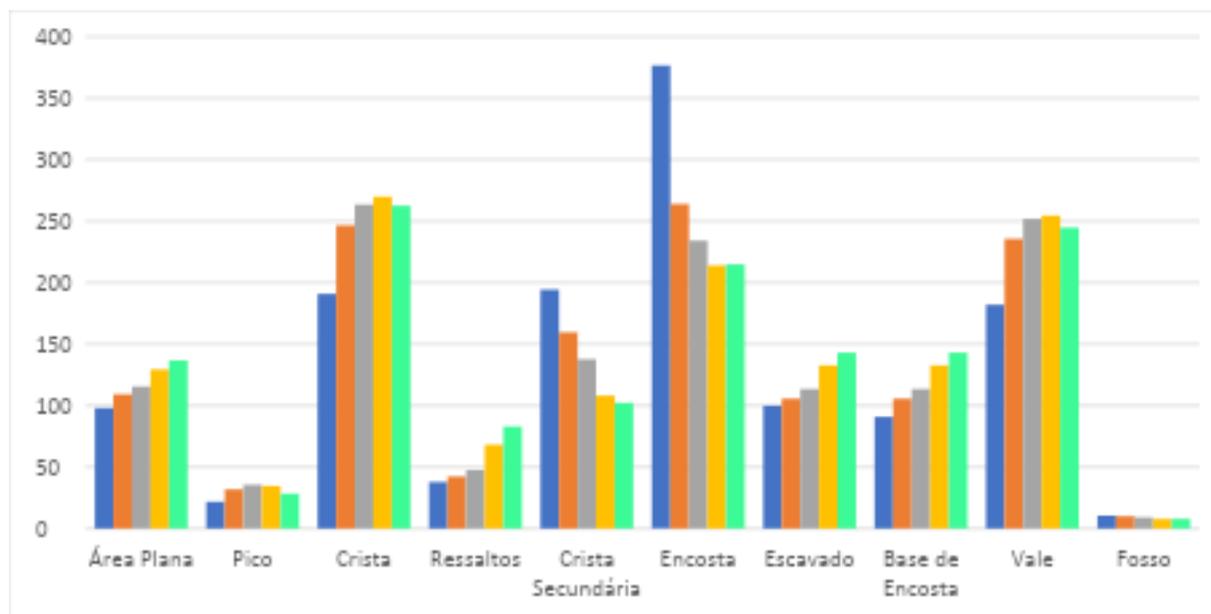
No gráfico da Figura 6 se observa a representação quantitativa dos dados em relação aos diferentes valores de área de exclusão delimitada na análise. Destaca-se que alguns elementos aumentam sua expressão até a utilização do valor de $s=10$ e $s=15$ e a partir desses há um decréscimo em relação ao “s” anterior, isso ocorre nas feições pico, crista e vale.

Ainda, os elementos de relevo analisados (Figura 5 e Quadro 1) foram mais bem delimitados com o valor de $s=10$, estas feições e características do relevo se relacionam com o seu substrato litológico, desde a presença de feições erosivas lineares profundas (voçorocas), processos de arenização (e depósito de material nos canais de drenagem), planícies ao longo de principais canais de drenagem, bem como vales pouco encaixados.

Em adição, algumas feições apresentaram constância de aumento ou diminuição de área, como exemplo daqueles que aumentaram se destacam a área plana, o ressalto e a base de encosta, enquanto a crista secundária e o escavado diminuíram.



Figura 6 – Gráfico com comparação da presença de elementos de relevo com os diferentes valores de s.



Fonte: Autores (2023).

A análise dos resultados com diferentes valores para o parâmetro "s" para a obtenção do melhor produto é vista frequentemente na literatura (Bezerra et al., 2020; Gawrysiak; Kociuba, 2020; Atkinson; Clercq; Rozanov, 2020; Gawrysiak; Kociuba, 2023). Essas abordagens feitas pelos autores foi a de testagem do “s” com vários valores, bem como definir um como o melhor para o objetivo do estudo realizado.

Por outro lado, uma análise mais profunda e quantitativa sobre o assunto não foi encontrada pelos autores. Nesse ponto, acredita-se que o principal motivo para isso se deve a dificuldade de obter resultados mais precisos por métodos estatísticos, além disso, a análise qualitativa se mostrou interessante, mas seria inviável para áreas maiores e generalizações amplas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de produtos cartográficos para a representação espacial do relevo é de notória importância e podem ser aprimorados através do conhecimento dos parâmetros a serem utilizados, bem como do uso de diferentes modelos digitais de elevação. Destaca-se que esta pesquisa envolveu a identificação e relação entre as características geomorfológicas do terreno e os resultados derivados da aplicação da ferramenta.

Portanto, através da metodologia abordada foi possível uma análise e descrição dos resultados a partir da utilização de diferentes valores no parâmetro *skip distance* (s), ou área de exclusão. Analisou-se que a melhor delimitação ocorreu com a utilização do valor $s=10$, o que se observa em feições características do relevo local, as quais foram bem demarcadas.



Conclui-se que o presente estudo confirma que o uso de diferentes valores para o parâmetro em questão (*skip distance*) altera os resultados dos *geomorphons*. Dessa forma, torna-se importante destacar que o valor do parâmetro pode variar a depender das características presentes na área de estudo, sendo importante a prévia comparação com diferentes valores. Ou seja, é necessário conciliar a escolha do valor ideal para o parâmetro através da análise entre MDE e a representação das características e fenômenos que se associam em toda a paisagem.

Por conseguinte, a área utilizada para o trabalho, a bacia hidrográfica do Areal do Paredão, possui uma área pequena quando comparada com as utilizadas em outros trabalhos por conseguinte, há a necessidade de estudos posteriores para verificar se a alteração do valor “s” influencia na representação destas pequenas feições em escalas menores. Dessa forma, evidencia-se que em diferentes escalas de análise dos elementos do relevo pode ser necessária a utilização de valores distintos da variável “s”, cabendo ao pesquisador avaliar a melhor tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa concedida para a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ATKINSON, Jonathan; DE CLERCQ, Willem; ROZANOV, Andrei. Multi-resolution soil-landscape characterisation in KwaZulu Natal: Using geomorphons to classify local soils for improved digital geomorphological modelling. **Geoderma regional**, v. 22, p. 1 - 18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00291>
- BEBIS, George; EGBERT, Dwight; SHAH, Mubarak. Review of computer vision education. **IEEE Transactions on Education**, v. 46, n. 1, p. 2–21, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2002.808280>
- BEZERRA, Maira Ometto et al. Gully formation in headwater catchments under sugarcane agriculture in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 270, p. 110271, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110271>
- CABRAL, Tiéle Lopes; NUMMER, Andrea Valli; BATEIRA, Carlos Valdir De Menezes. Indicadores morfométricos como suporte para a classificação de voçorocas em sub-bacias hidrográficas no município de Cacequi, RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1670>
- CAPOANE, Viviane; DE SOUZA AMORIM, Antonio Edduardo. Classificação automatizada do relevo utilizando a ferramenta Geomorphons: estudo de caso para o município de Campo Grande-MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 2, p. 750-766, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p750-766>
- CORIA, Rubén et al. Accuracy assessment of the geomorphon approach to detect ecological sites in the Dry Chaco region of Argentina. **Catena**, v. 246, p. 108409, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108409>
- DUTRA, Danilo da Silva; FURLAN, André, Ricardo; ROBAINA, Luis. Eduardo de Souza. Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso – Canguçu/RS, através da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 2, p. 713, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p713-726>
- DA SILVEIRA, Claudinei Taborá 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**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 33-57, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>
- DE NARDIN, Dionara; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Zoneamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 487-502, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000300006>
- FEIZIZADEH, Bakhtiar et al. An object based image analysis applied for volcanic and glacial landforms mapping in Sahand Mountain, Iran. **Catena**, v. 198, p. 105073, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105073>
- GAWRYSIAK, Leszek; KOCIUBA, Waldemar. Application of geomorphons for analysing changes in the morphology of a proglacial valley (case study: The Scott River, SW Svalbard). **Geomorphology**, v. 371, p. 107449, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107449>
- GAWRYSIAK, Leszek; KOCIUBA, Waldemar. LiDAR-Derived Relief Typology of Loess Patches (East Poland). **Remote Sensing**, v. 15, n. 7, p. 1875, 31, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15071875>



- GOUTTE, Cyril; GAUSSIER, Eric. A Probabilistic Interpretation of Precision, Recall and F-Score, with Implication for Evaluation. In: **Advances in Information Retrieval**, 27th European Conference on IR Research, ECIR 2005, Santiago de Compostela, Spain, 2005, p. 345–359.
- GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Fragilidade Ambiental: uma proposta de aplicação de Geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 37, p. 123-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v37i0.151030>
- GUPTA, Laxmi; DIXIT, Jagabandhu. Investigating the spatial distribution of flood inundation and landforms using topographic position index (TPI) and geomorphon-based automated landform classification methods. **Journal of Earth System Science**, v. 133, n. 3, p. 1-25, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12040-024-02343-x>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha digital dos limites estaduais do Rio Grande do Sul**. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro, 2022.
- JASIEWICZ, Jaroslaw; STEPINSKI, Tomasz F. Geomorphons—a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147-156, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- LEIFMAN, George et al. Signatures of 3D models for retrieval. In: **Proceedings of the 4th Israel-Korea Bi-National Conference on Geometric Modeling and Computer Graphics**, 2003, p. 159-163.
- LIN, Siwei et al. Landform classification based on landform geospatial structure—a case study on Loess Plateau of China. **International Journal of Digital Earth**, v. 15, n. 1, p. 1125-1148, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2088874>
- LUO, Wei; LIU, Cheng-Chien. Innovative landslide susceptibility mapping supported by geomorphon and geographical detector methods. **Landslides**, v. 15, p. 465-474, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10346-017-0893-9>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- MASHIMBYE, Zama Eric; LOGGENBERG, Kyle. A Scoping Review of Landform Classification Using Geospatial Methods. **Geomatics**, v. 3, n. 1, p. 93-114, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/geomatics3010005>
- MOKARRAM, Marzieh; SATHYAMOORTHY, Dinesh. A review of landform classification methods. **Spatial Information Research**, v. 26, n. 6, p. 647-660, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-018-0209-8>
- NGUNJIRI, Mercy et al. Landform pattern recognition and classification for predicting soil types of the Uasin Gishu Plateau, Kenya. **Catena**, v. 188, p. 104390, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104390>
- PETSCH, Carina et al. O uso de métodos de mapeamento automático de relevo para análise de formas glaciais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1771>
- PINHEIRO, Helena Saraviva Koenow et al. Applying artificial neural networks utilizing geomorphons to predict soil classes in a brazilian watershed. In: ZHANG, Gan-Lin et al. **Digital soil mapping across paradigms, scales and boundaries**, 2016. p. 89-102.
- RADEMANN, Lucas Krein; TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Zoneamento morfolitológico do município de Cacequi, RS. **Geografia em Questão**, v. 13, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/geoq.v13i1.20370>
- RADEMANN, Lucas Krein; TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Characterization and analysis of gully erosion in southern Brazil with the assistance of unmanned aerial vehicle. **Mercator**, v. 21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2022.e21022>
- ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; TRENTIN, Romario; BORRAS, Marcel Achkar. Compartimentação do Relevo do Uruguai com Uso de Geomorphons Obtidos em Classificação Automática. **Geografia**, v. 32, n. 1, p. 9-29, fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2023v32n1p9>
- ROBAINA, Luis Eduardo de Souza et al. Processo erosivo acelerado no RS: voçorocamento no município de Cacequi. **Geografia**, v. 27, p. 109-120, 2002. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1817>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; TRENTIN, Romario; LAURENT, François. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 287-298, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>
- TATBUL, Nesime et al. Precision and Recall for Time Series. In: 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (**NeurIPS 2018**), Montréal, Canada, 2018, p. 1-11.
- ROSSATO, Maíra Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011.
- SMIRNOFF, Alex; PARADIS; SERGE J. Paradis; BOIVIN, Ruth. Generalizing surficial geological maps for scale change: ArcGIS tools vs. cellular automata model. **Computers & Geosciences**, v. 34, n. 11, p. 1550–1568, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.10.013>
- SUERTEGARAY, Dirce. **Deserto grande do sul: controvérsia**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Erosão nos campos sulinos: arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 12, n.3, p. 61-74, 2012.



- WILDNER, W et al. **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul**: escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM, 2008. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf
- XIONG, Li-Yang et al. Drainage basin object-based method for regional-scale landform classification: A case study of loess area in China. **Physical Geography**, v. 39, n. 6, p. 523-541, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/02723646.2018.1442062>

COMO CITAR ESTE TRABALHO

SOARES, Marco Antônio. SCHNORR, Giorge. TRENTIN, Romário. influência da variação do parâmetro “skip distance” na obtenção semiautomatizada dos elementos do relevo. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, v. 21, n. 1, p. 183-200, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/tamoios.2025.77873>. Acesso em: DD MMM. AAAA.