



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **CARTOGRAFIA NA GEOMORFOLOGIA: IMPORTÂNCIA NA ESCOLHA CORRETA DAS ESCALAS DE TRABALHO**

Rafaela Soares Niemann<sup>(a)</sup>, Paulo Márcio Leal de Menezes<sup>(b)</sup>, Manoel Couto Fernandes<sup>(b)</sup>

(a) Departamento de Geografia - LAMPEGE -Laboratório de Monitoramento e Modelagem Pedogeomorfológica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, rafaelaniemann@ufrj.br,

(b) Departamento de Geografia - GEOCART -Laboratório de Cartografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, pmenezes@acd.ufrj.br; manael.fernandes@ufrj.br

### **Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

#### **Resumo**

A ideia central deste trabalho/artigo é buscar na literatura como a geomorfologia tem tratado o uso da cartografia e as suas diferenças de escalas ao longo de seus estudos. Buscou-se também compreender quais são principais diferenças de se trabalhar com diferentes escalas espaciais quando vislumbrados os ensejos da geomorfologia. Buscou-se compreender qual a importância de se conhecer bem o contexto espacial que está sendo estudado e as principais questões relacionadas ao seu objeto de estudo.

**Palavras chaves:** Escala cartográfica, Cartografia geomorfológica

### **1. Introdução**

As dinâmicas da superfície da Terra e a sua gênese fazem parte dos estudos da geomorfologia. Compreende-las e estudá-las nos proporcionam uma visão integral da superfície da Terra, nos levando a compreender os processos que levaram a sua geração e formas atuais (MULLIGAN; WAINWRIGHT, 2013).

O entendimento dos processos de formação do relevo é relacionado com diferentes processos, como o transporte de sedimentos, a distribuição e redistribuição de energia em nosso planeta entre outros (BIERMAN; MONTGOMERY, 2013).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Para compreendermos as mudanças das formas e a sua história, a cartografia tem se mostrado, ao longo de sua existência, uma grande aliada quanto as diferentes métricas e métodos para observação, desenho e modelagem da superfície.

A visão dada pela cartografia, em cada estudo, dependerá da escala de observação dos fenômenos, sendo ela em campo ou a partir de análises dos componentes que formam a superfície terrestre (EISANK, 2011). Para identificar as diferenças dos processos e fenômenos, os mapas podem representar as informações do relevo e superfície terrestre de forma muito próxima ao real. Com o intuito de compreendermos os fenômenos e os diferentes processos associados a superfície terrestre, temos que nos atentar quanto ao que exatamente estamos estudando e observando.

A escalas são relações de dimensões entre o mundo real e sua representação nos estudos. A mudança das escalas de estudo podem afetar diretamente a compreensão de um fenômeno. Com o objetivo de compreender como a geomorfologia pode utilizar suas escalas de estudo para abranger seus diferentes fenômenos, este artigo tem por objetivo mostrar como estas diferenças e importâncias cartográficas se dão nas literaturas científicas e pesquisas na área de geomorfologia.

## **2. As Escalas e a cartografia:**

Segundo Menezes e Fernandes (2013), as escalas cartográficas são uma razão entre uma medida efetuada em um mapa sobre a medida real na superfície terrestre. Estas medidas são delimitações do espaço físico, com graus de detalhamento de uma representação ou a identificação das feições geográficas, uma vez que a percepção espacial depende da amplitude da área de estudo (MENEZES; FERNANDES, 2013). A razão matemática nos garante diferentes níveis de detalhamento, proporcionando diferentes possibilidades de interpretação.

A importância da escala vem a se manifestar nas diferentes esferas de estudos ambientais e sociais: pode ela ser de tempo, de espacialidade, de temperatura (como em condicionantes físicos), escalas musicais entre os tipos mais diferenciados de medirmos e termos referência sobre um fenômeno (MULLIGAN; WAINWRIGHT, 2013). Os problemas associados a uma escolha errônea de escala estão intrinsicamente ligados a uma existência tanto da heterogeneidade espacial do objeto a ser estudado, quanto do processo relevante não linear deste objeto. Isto é, a escolha errada pode nos levar tanto a interpretações equivocadas quanto eventos locais e eventos globais.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Também deve-se ater quando a escolha de uma escala de estudo pois, na geomorfologia, podemos encontrar processos dominantes e perdermos informações se não identificarmos as variáveis mais importantes de determinados processos.

Segundo Kohler (2002), quanto menor a escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) e a recíproca é verdadeira. Como exemplo, a deriva continental (pequena escala) é medida em milímetros/ano; a evolução de uma voçoroca (grande escala) é avaliada em metros/ano, enquanto a de um sulco num paredão calcário (lapiás) é aferida na ordem de grandeza de milímetros/minuto (KOHLEK, 2002).

Kugler (1982) salienta a importância da escala no mapeamento geomorfológico, e as classifica em função da mudança de conteúdo. Estabelece os limites abaixo das escalas de 1:100.000 (grande escala); 1:500.000 (média escala) e 1:1.000.000 (pequena escala).

Enquanto cartas de grande escala permitem mapear pequenos relevos e processos mais atuais, os mapas de pequena escala permitem mapear a base morfoestrutural e variações climatofaciais dos relevos de grandes espaços (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Nota-se ainda que, quanto menor a escala espacial adotada, maior a influência dos processos endógenos (tectônicos e petrogenéticos), que por sua vez se referem a tempos geológicos mais antigos. Neste caso, a recíproca também é verdadeira, pois, quanto maior a escala empregada na observação do fenômeno geomorfológico, maior a influência dos processos exógenos (interação físico-química do substrato rochoso com os agentes climáticos), os quais ocorrem em tempos bem mais próximos do atual (Holoceno) (KOHLEK, 2002).

No Brasil, os estudos relacionados a escolhas de escalas de estudos da geomorfologia vêm da geomorfologia descritiva, onde se estuda a compartimentação do relevo em diferentes classes e táxons. O precursor destes estudos foi Tricart, com inúmeras pesquisas de princípios de geomorfologia e compartimentações do relevo.

A escala de estudo de um relevo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica. Por exemplo, em pequenas escalas costuma-se utilizar imagens orbitais, que abrangem consideráveis porções do terreno, mas a baixas resoluções espaciais; por outro lado, trabalhando em escalas maiores, faz-se o uso de fotografias aéreas (pequenas áreas, altas resoluções). Desta forma fica claro que a noção de escala é fundamental na cartografia geomorfológica (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### **3. Mapeamento geomorfológico:**

O mapeamento geomorfológico adiciona nas pesquisas da geomorfologia informações muito pertinentes, pois através dele podemos definir a localização dos fenômenos, a distribuição espacial, a maneira como este fenômeno ocorreu, bem como identificar porque ocorriam daquela forma. Isso faz com que possamos vislumbrar o relevo atual comparando com o passado e prevendo o futuro, pensando como irão ocorrer os fenômenos e como encontrar possíveis soluções (ARGENTO, 1995).

Para encontrarmos o equilíbrio da paisagem e os diagnósticos dos fenômenos ambientais, a cartografia computadorizada é de grande valia de usos para avaliação geomorfológica, juntamente com o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIG).

Na geomorfologia, não há padrões de escalas definidos para os diferentes usos e observações. A cartografia é utilizada mais para os estudos geomorfológicos descritivos, onde contemplam uma maior proximidade de classificação e espacialização dos fenômenos do que somente um estudo sobre os processos geomorfológicos.

Segundo Tricart (1965), a cartografia geomorfológica não deve somente indicar as formas de relevo, mas sim interpretá-las com base em sua constituição litológica e nos processos atuantes sobre tais litologias. Tal interpretação já deve ser feita com relação às próprias formações geológicas (TRICART, 1965).

As cartas topográficas nos trazem informações como as rupturas topográficas, uma descrição detalhada dos fatos geomorfológicos, em que os fenômenos dependem da escala (ROSS; FIERZ, 2005). As cartas de pequenas escalas são relacionadas a fenômenos morfoestruturais, ou seja, são de grandezas de quilômetros quadrados. As cartas de escalas maiores, ou de maior detalhe, nos mostram as formas esculturais.

Para escolha das escalas segundo Ross e Fierz (2005), a cartografia geomorfológica deve mapear o que é observável e não o que se deduz da análise geomorfológica. Em primeiro plano, os mapas devem representar os diferentes tamanhos de formas do relevo, dentro da escala compatível. Os planos secundários tratam da representação da morfometria, da morfogênese e da morfocronologia, que se vinculam diretamente à tipologia das formas (ROSS; FIERZ, 2005).

As classificações para diferentes usos de escalas estão intrinsicamente relacionadas a divisão geomorfológica em táxons. Essa classificação é uma metodologia de ordenamento dos fenômenos



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

mapeados, segundo uma taxonomia que deve ser aferida a uma determinada escala cartográfica. Os táxons visam separar em classes como as macroestruturas que usam escalas de 1:100.000, as mesoestruturas que usam escalas de 1:25.000 e as microestruturas que usam escalas maiores de 1:5.000.

Segundo Ross e Fierz (2005), são classificados seis tipos de táxons para escolhas de diferentes escalas e mapeamentos temáticos das diversas classes de relevo. São eles:

a) unidades morfoestruturais - ordem maior, geralmente o dominante dentro de um mapeamento geomorfológico;

b) unidades morfoesculturais – pode ser uma ordem dominante, e por assim corresponder, é utilizado como simbologia do seu mapeamento temático uma cor predominante por cada unidade morfoescultural e diferentes tons desta cor para discernir as diferenças dentro desta unidade;

c) unidades morfológicas – ordem onde deve-se ater quanto a semelhança das formas do relevo, usa-se siglas para discernir estas formas agradacionais (de acumulação) e denudacionais (erosão);

d) formas individualizadas – identificação dos topos arredondados e convexos;

e) vertentes – uso de escalas grandes (comumente 1:50.000 ou 1: 10.000) onde em sua maioria são feitos por fotografias aéreas, imagens de sensores orbitais de alta e altíssima resolução espacial ou drones;

f) pequenas formas do relevo ou microtopografias – formas que se desenvolvem ao longo das vertentes, em sua maioria por interferência humana (ravinas, voçorocas, terracetes de pisoteio de gado, deslizamentos de terra, corridas de lama, cortes e aterros) que requerem muitos detalhes, usando escalas de 1:1.000 ou 1:2.000 devido sua necessidade de uma cartografia de alto detalhamento (ROSS; FIERZ, 2005)

Outra perspectiva de uso de escala na geomorfologia é para os planejamentos ambientais, que visam a compreensão das erosões e depósitos que influem diretamente em sistemas ambientais e socioespaciais.

Os agrupamentos por tipos de modelados permitem a identificação de unidades geomorfológicas por regiões e por domínios morfoestruturais. O uso da escala vai determinar o tipo de legenda, de simbologias, de cores para a realização do mapa para o usuário final. Estes parâmetros também auxiliam na compreensão dos detalhamentos dos níveis geomorfológicos.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

#### **4. A Cartografia na geomorfologia:**

Devido à natureza dinâmica dos processos morfogenéticos, que ocasionam perenes mutações nos cenários ambientais, a escala na análise geomorfológica deve ser compreendida e aplicada no campo espaço-temporal, isto é, naquele em que as três dimensões do espaço euclidiano se modificam ao longo do tempo (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Contudo, a representação das feições do relevo terrestre é sempre realizada em planta (projeção horizontal) ou em perfil (projeção vertical), sobre uma folha de papel, que possui apenas duas dimensões (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Para representar a forma do relevo, que é tridimensional, recorre-se ao emprego de um conjunto de curvas de nível, que são linhas formadas por pontos (x, y) com uma mesma cota (z). Embora esta forma de representação não seja contínua, pois não há registro no espaço compreendido entre uma isolinha e outra, ela permite a análise geomorfológica, mediante a percepção de uma série de superfícies mais ou menos planares, côncavas ou convexas (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

O modelo digital de elevação (MDE), do inglês Digital Elevation Model (DEM), é uma representação digital e matemática de um objeto e seu ambiente, como ondulações de um terreno dentro de uma área selecionada (PAPARODITIS; POLIDORI, 2002).

Este conceito está relacionado à elevação do terreno, mas também pode fazer referência a qualquer camada acima do solo, como o dossel da vegetação e construções antrópicas, como os edifícios e áreas urbanas (LIN, Z.ZHU, Q., GOLD, 2005; WILSON, 2012), bastando para isso que o modelo represente elevações acima de uma referência altimétrica pré-definida. Esta percepção tem sido ultimamente muito auxiliada pelo uso, em meio computacional, dos chamados Modelos Digitais de Terreno - MDT, uma vez que técnicas a eles aplicadas permitem uma visualização mais integrada do espaço tridimensional (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Por outro lado, a representação da dinâmica das formas do relevo, isto é, da evolução de uma determinada paisagem ao longo do tempo, exige a utilização de simbologias adequadas, de modo a evidenciar as mudanças ocorridas em um dado intervalo de tempo.

A abordagem tetradimensional do relevo terrestre torna a Geomorfologia uma ciência espacial e dinâmica que, justamente por levar em consideração a escala espaço-temporal, acaba por oferecer à sociedade medidas ambientais preventivas de difícil aceitação pelos governantes em geral, precisamente



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

devido ao fato de constituírem projetos de longo prazo de maturação (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

### **5. Técnicas para geração de mapeamentos de diferentes escalas geomorfológicas:**

Os mapeamentos temáticos são de grande valia para a identificação e classificação de formas no mapeamento geomorfológico. A escolha das legendas, simbologia, cores podem discernir as diferenças de escalas entre objetos em um mesmo mapeamento.

A carta geomorfológica pode ser realizada através de fonte de dados como pares estereoscópicos de fotografias aéreas, mapeamentos geológicos e base cartográfica. As cartas geomorfológicas detalhadas, na concepção de Tricart (1965), devem fornecer uma análise de todos os elementos do relevo, constituindo-se em um documento complexo que gera difíceis problemas cartográficos a serem resolvidos, os quais devem-se, em grande parte, à necessidade de sobreposição de símbolos e cores (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Para dados mais detalhados, temos hoje um grande aporte de dados e formas diferentes para coletar e processar dados, com escala de altíssimo grau de refinamento. Técnicas como geração de modelos digitais de elevação podem nos dar informações morfométricas, que são geradas pelos MDEs. Esses estudos de escalas maiores, com maiores detalhamentos são úteis para estudos nas áreas de agricultura de precisão (declividade e aspecto, por exemplo auxiliando na escolha do uso dos solos), estudos de risco de inundação nas bacias hidrográficas (na simulação das áreas inundáveis), e na climatologia, devido à diferentes influências da altitude no direcionamento dos ventos e da incidência solar em áreas de declives acentuados, auxiliando nos entendimentos ambientais (LI; ZHU; GOLD, 2005).

A construção destes modelos pode ser feita a partir da interpolação de pontos cotados e curvas de nível, sendo elas vindas de formatos *raster* ou vetorial (CHEN et al., 2016). As estruturas destes modelos são utilizadas para representação de superfícies, que podem ser em redes irregulares triangulares ou em inglês *Triangulated Irregular Network* – TIN, ou feitas por interpolações aleatórias que gerem modelos em formato *raster* ou *grid* (LI; ZHU; GOLD, 2005; TURNER; LUCIEER; WATSON, 2012; WILSON, 2012).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A grade regular é uma estrutura que se aproxima da superfície real através de um poliedro de faces retangulares ou matrizes de valores de elevação. A geração da grade depende diretamente do interpolador para precisão dos modelos gerados. A malha triangular é um conjunto de poliedros cujas faces são triângulos, e seus vértices são pontos amostrados da superfície, conectados pela triangulação de Delaunay e unidos pelos centros dos polígonos vizinhos (CAMARGO; DRUCK; CÂMARA, 2004; FELGUEIRAS, 1986; GROHMANN, 2004).

O nome “modelo digital de elevação” é utilizado como termo geral para se referir aos modelos matriciais contendo informação de elevação. Quando a informação é limitada à elevação do terreno, o MDE é chamado de Modelo Digital de Terreno, ou em inglês *Digital Terrain Model* (DTM), e fornece informações sobre a elevação de qualquer ponto da terra ou da superfície da água. Quando a informação contém a maior elevação de cada ponto, levando em consideração os objetos sobre a superfície do terreno ou acima do solo, o MDE é chamado de Modelo Digital de Superfície, do inglês *Digital Surface Model* - DSM (FOREST; PARK, 2004; POPESCU; WYNNE; NELSON, 2003).

No início da aplicação dos modelos digitais de elevação, eram utilizadas medidas de vegetação calculadas através de estereoscopia e fotogrametrias múltiplas, aplicadas a imagens de satélites e ou aeronaves que dispõem de sensores ativos de abertura sintéticas (SAR) (DANDOIS; ELLIS, 2010). Atualmente estes dados são providos de *LiDAR* devido a sua precisão e métodos de aquisição (ANDERSEN; MCGAUGHEY; REUTEBUCH, 2005).

A maneira mais antiga e tradicional de geração de modelos de terreno é através de coletas em campo, com auxílio de instrumentos como teodolitos e estações totais, utilizados para medir pontos que representem diferenças topográficas no terreno. Contudo, o custo e complexidade destes métodos pode se tornar um fator limitante para a coleta de dados em grandes extensões, ou com alto grau de detalhe. Neste sentido, os métodos de sensoriamento remoto sempre contribuíram de maneira proeminente para a geração de dados topográficos tridimensionais, através de diferentes tecnologias.

Um dos métodos clássicos de geração de modelos de elevação através de dados de sensoriamento remoto é a fotogrametria, que utiliza fotografias aéreas analógicas ou digitais com sobreposições entre si, se valendo do processo chamado de estereoscopia. Contudo, essa metodologia requer dados com configurações de aquisição específicas, e normalmente resolução espacial elevada, raramente disponibilizadas de maneira gratuitas para utilização em pesquisas geomorfológicas e de entendimento dos agentes do espaço.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Nas últimas décadas, o desenvolvimento sensores usando a tecnologia *Light Detection and Ranging* (LiDAR) resultou em um dos métodos mais precisos para geração de modelos digitais de elevação, capaz de fornecer resultados acurados mesmo em regiões cobertas por vegetação densa (LIU; ZHANG, 2007). Os dados gerados a partir de um sensor LiDAR representam pontos tridimensionais na superfície, com informação de coordenadas espaciais x e y e de altitude z, compondo a chamada nuvem de pontos. Estas nuvens podem ser posteriormente convertidas em modelos de elevação com alta precisão e acurácia horizontal e vertical, e com alta resolução espacial (EVANS, 2012).

A geração de MDEs usando LiDAR tem suplantado na literatura o uso de modelos gerados por fotogrametria tradicional, devido ao fato de que os múltiplos retornos penetram o dossel vegetal, favorecendo a identificação da superfície e distinção dos elementos do chão (MENG; CURRIT; ZHAO, 2010). Contudo, estes sensores apresentam um custo de aquisição extremamente elevado, e são comumente transportados em aeronaves tripulas (assim como as câmeras fotogramétricas tradicionais), incorrendo em alto custo de operação.

Nos últimos anos, o crescimento exponencial do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como “drones”, tem oferecido alta flexibilidade de aquisição de dados, permitindo o acoplamento de diferentes tipos de sensores para imageamento, desde câmeras simples RGB até sensores complexos como LiDAR, sensores hiperespectrais, sensores termais, sonares e outros. Além disto, estas plataformas possuem um custo de aquisição acessível, e custo de operação significativamente inferior à operação de aeronaves tripuladas, reduzindo assim grandemente o custo de aquisição de dados. Este baixo custo tem sido relevante para a ciência, em trabalhos científicos que abordem, por exemplo, o relevo, a geologia e a distribuição da vegetação, já que o imageamento por sensores em VANTs permite a geração de modelos digitais de elevação, ortoimagens, contornos ou curvas de nível, e modelos tridimensionais texturizados (GUPTA; GHONGE; JAWANDHIYA, 2013; NEX; REMONDINO, 2013).

## 6. Conclusão:

Utilizar-se da cartografia na geomorfologia pode nos proporcionar diferentes perspectivas da paisagem devido as diferentes visões de escalas, proporcionando as percepções de modo singular para uma mesma realidade. Quando estas são relacionadas a geomorfologia, abrangem novos horizontes para



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

identificar diferentes processos e fenômenos, devido a possibilidade de observar as nuances por diferentes escalas de observação. Os fenômenos e processos poderão ser examinados com mais detalhes em alguns casos, e diferentemente por outros.

A combinação de escalas diferentes para compreensão dos fenômenos pode nos ajudar a compreender melhor as variáveis ambientais e até compreender como o processo está ocorrendo ao longo do espaço.

Entretanto, a cartografia geomorfológica constitui-se em um tipo de mapeamento cuja complexidade é inerente ao próprio objeto de representação.

## 7. Referências bibliográficas:

ANDERSEN, H.-E.; MCGAUGHEY, R. J.; REUTEBUCH, S. E. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, n. 4, p. 441–449, fev. 2005.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], p. 365–392.

BIERMAN, P.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology**. 2. ed. New York: W. H. Freeman and Company Publishers, 2013.

CAMARGO, E.; DRUCK, S.; CÂMARA, G. Cap 3 - Análise espacial de superfícies por geoestatística linear. **Análise Espacial de Dados Geográficos**, p. 37, 2004.

CHEN, C. et al. A robust interpolation method for constructing digital elevation models from remote sensing data. **Geomorphology**, v. 268, p. 275–287, 2016.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. Ano 4-nº, p. 9, 2003.

DANDOIS, J. P.; ELLIS, E. C. Remote sensing of vegetation structure using computer vision. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1157–1176, 2010.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EISANK, C. Geomorphology Object representations at multiple scales from digital elevation models. v. 129, p. 183–189, 2011.

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94–106, 2012.

FELGUEIRAS, C. A. Modelo Numérico de Terreno. **Dados**, p. 1–39, 1986.

FOREST, B.; PARK, N. 3D Landscape Metrics To Modelling Forest Structure and Diversity. **Sustainable Development**, v. 36, p. 129–132, 2004.

GROHMANN, C. H. Morphometric analysis in geographic information systems: Applications of free software GRASS and R. **Computers and Geosciences**, v. 30, n. 9–10, p. 1055–1067, 2004.

GUPTA, S. G.; GHONGE, M. M.; JAWANDHIYA, P. M. Review of Unmanned Aircraft System. **International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology**, v. 2, n. 4, p. 2278–1323, 2013.

KOHLER, H. C. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 3, p. 21–31, 2002.

LIN, Z.ZHU, Q., GOLD, C. **Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology**. New York: CRC Press, 2005. v. 19

LIU, X.; ZHANG, Z. The effect of LiDAR data density on DEM accuracy. **MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability**, p. 1363–1369, 2007.

MENEZES, P. M. L. DE; FERNANDES, M. DO C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

MENG, X.; CURRIT, N.; ZHAO, K. Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues. **Remote Sensing**, v. 2, n. 3, p. 833–860, 2010.

MULLIGAN, M.; WAINWRIGHT, J. **Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity**. 2ed. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2013.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**,



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

v. 6, p. 1–15, 2013.

PAPARODITIS, N.; POLIDORI, L. Generation of digital terrain and surface models. In: MICHEL KASSER AND YVES EGELS (Ed.). . **Digital Photogrammetry**. London: Taylor & Francis, 2002.

POPESCU, S. C.; WYNNE, R. H.; NELSON, R. F. Estimating plot-level tree heights with lidar: Local filtering with a canopy-height based variable window size. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 37, n. 1–3, p. 71–95, 2003.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. . Algumas Técnicas de Pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Ed.). . **Praticando Geografia – técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

TRICART, J. Principes et méthodes de la geomorphologie. **Annales de géographie**, v. 411, p. 598–601, 1965.

TURNER, D.; LUCIEER, A.; WATSON, C. An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. **Remote Sensing**, v. 4, n. 12, p. 1392–1410, 14 maio 2012.

WILSON, J. P. Digital terrain modeling. **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 107–121, 2012.