APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA PARAMETRIZAÇÃO DO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

Gervásio B. Soares Neto[(a)], Luís Gustavo Silveira[(b)], Karla Maria S. de Faria[(c)]

[(a)] Campus Riacho Fundo, Instituto Federl de Brasília, gervasio.neto@ifb.edu.br
[(b)] Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, luiz.gust@ymail.com
[(c)] Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, karla_faria@ufg.br

Eixo: GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM ESPACIAL EM GEOGRAFIA FÍSICA

Resumo

A representação da superfície terrestre o mais próximo da realidade é de fundamental importância para a adequada análise geomorfológica de uma determinada área. Este trabalho apresenta estudos com dados topologicamente coerentes e estruturados, cuja modelagem foi possível em ambientes de sistema de informações geográficas (SIG), possibilitando uma melhoria na interpretação dos dados morfológicos e na descrição dos dados morfométricos. O objeto de estudo para aplicação desta metodologia foi a unidade hidrológica de Pedreira, localizada ao norte do Distrito Federal. Por ser inserida em uma superfície, em sua maior parte, em declive e com elevado índice de dissecação, foi possível colocar em prática a referida metodologia, aplicando uma diversidade de intervalos para as classes geomorfométricas e morfológicas.

Palavras Chave: Geomorfologia, geomorfometia, Sistema de Informações Geográficas.

1. Introdução

Durante o desenvolvimento da ciência da Geomorfologia, foram criadas várias metodologias para a classificação do relevo, em que se adotaram como referências a compartimentação de critérios de estruturas, gênese, forma, datação ou a combinação delas; e entre estes pesquisadores estão Tricarti (1965), Demeck (1967), Lollo (1969), Ab'Saber (1969), Ross (1992) e IBGE (2009). A partir destes estudos, é possível obter classificações de compartimentação de relevo com predominância de planaltos, planícies, icebergs, relevos dissecados e outros.

Segundo Bishop (2012), a maioria das metodologias vigentes são subjetivas em todas as etapas de estudo, que vão da coleta de dados à classificação final. Nesta realidade de estudo, criam-se dificuldades na obtenção das unidades morfológicas homogêneas, agravando a identificação das delimitações, gerando-se, portanto, uma descontinuidade. O mesmo autor defende também que a delimitação das unidades ainda pode ficar com maior inconsistência se os estudos realizados em uma determinada região forem feitos por equipes diferentes, utilizando escalas, imagens de satélite e fotos aéreas distintas. Diante desta situação, acaba-se por encontrar diferentes classificações morfométricas em uma mesma área mapeada.

Sampaio (2008) apresenta que a subjetividade das metodologias de classificação morfológicas resulta quase sempre em dificuldades na obtenção de parâmetros morfométricos que caracterizem

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

adequadamente o relevo. Este é o caso das descontinuidades observadas na junção dos mapeamentos geomorfológicos dos estados de São Paulo (ROSS e MOROS, 1997) e Paraná (MINEROPAR, 2006), apesar de empregarem a mesma metodologia.

Para Laut e Paine (1982), Minár e Evans (2008) e Evans (2012), as subjetividades metodológicas e conceituais são problemas antigos, consequentemente incorporados aos processos de mapeamento geomorfológico. Essas dificuldades apresentadas estão presentes também nas avaliações dos terrenos em estudos como zoneamento urbano, meio-ambiente e cartografia geotécnica.

Lollo (1994, 1996), por sua vez, propõe a divisão dos compartimentos geomorfológicos por associação de formas de relevo que apresentem determinada uniformidade, com base unicamente em processos de fotointerpretação. Contrariamente a esta ideia, Mauro (2001), Zuquetti e Gandolf (2004) entendem que a compartimentação com enfoque apenas fisográfico (*landscape approach*) gera somente uma análise de fotodedução e o resultado final fica dependente exclusivamente da interpretação subjetiva sobre o terreno, uma vez que podem apresentar mais de uma forma de abordagem.

Diante do exposto, percebe-se que todas as metodologias mencionadas não apresentam uma padronização e aplicabilidade para a identificação de unidades morfométricas similares. Todos os processos analisados demonstraram grandes fatores de subjetividade para a representação dos compartimentos de relevo. Com estas análises, podemos observar a necessidade de uma nova proposta metodológica, que possibilite, de forma objetiva e quantitativa, a identificação das referidas unidades morfométricas.

Shroden e Bishop (2003) destacam que esta subjetividade na produção de mapas geomorfológicas de unidades similares pode ser minimizada com a incorporação da geotecnologia que engloba o geoprocessamento, sistema de informações geográficas, sensoriamento remoto e modelagem numérica, adicionados a parâmetros quantitativos.

Complementando esta ideia, Valeriano (2008); Minár e Evans (2008); e Bishop et all (2012) defendem que o desenvolvimento de rotinas e procedimentos baseados na utilização de modelos digitais de elevação (MED) são apresentados como possiblidades viáveis para a melhoria do mapeamento geomorfológico, uma vez que permitem extrair parâmetros numéricos do relevo, os quais podem ser incorporados às metodologias tradicionais ou servir de base para a elaboração de novas propostas.

Neste contexto, esse trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta para contribuir com o desenvolvimento metodológico na classificação das unidades geomorfológicas por meio da geotecnologia e suas técnicas. Esta ciência e a estrutura desta proposta constituem ferramentas contribuintes para quantificar, classificar e delimitar unidades de relevo de forma padronizada, tendo como ponto inicial o próprio conceito básico da geomorfologia que é a ciência que se dedica ao estudo das formas do relevo.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

1.1. Área de Estudo

Para a aplicação da metodologia proposta neste trabalho, foi escolhida como objeto de estudos a Unidade Hidrológica de Pedreira, localizada ao norte do Distrito Federal. Esta sub-bacia pertencente à Bacia do Rio Maranhão, é parte integrante da Área de Proteção Ambiental (APA) da Cafuringa e foi criada em 13 de setembro de 1988.

A escolha desta bacia deu-se devido às suas características geomorfológicas adequadas para os detalhamentos deste estudo. Sua área apresenta grandes variações de relevo com declividades, níveis altimétricos diferenciados e formas de dissecadas apresentando fundos de vales.

2. Materiais e Métodos

Os produtos obtidos neste trabalho de pesquisa foram elaborados por softwares que integraram dados geomorfológicos e a coletânea de base de dados que permitiram a interpretação e análise dos elementos necessários para a representação geomorfológica da área estudada, na plataforma ArcGis (ESRI). A Tabela I apresenta as variáveis dos bancos de dados e escalas de trabalho.

Tabela I – Síntese de informações da base de dados

TEMAS	TIPO	FONTE	ESCALA
Curvas de nível com equidistância de 5 m	Vetorial	TERRACAP	-------
Base hidrológica em escala	Vetorial	TERRACAP	1:10.000
Pontos cotados em escala	Vetorial	TERRACAP	1:10.000
Limites das unidades hidrológicas do DF	Vetorial	TERRACAP	1:10.000
Imagem aerotransportada e ortorretificada com precisão de 1 m (2009)	Raster	UnB	xxxx

A compreensão racional do relevo depende do uso correto da geomorfologia que, enquanto ciência, busca entender e explicar de forma plena todos os processos sofridos pelo relevo, tendo estes ocorrido no passado ou na atualidade.

Casseti (1995) juntamente a Saadi (2004) também defendem que o relevo é produto das forças antagônicas, sistematizadas pelas atividades tectogenéticas (endógenas) e mecanismos morfoclimáticos (exógenos). Dentro deste entendimento, tem-se que o relevo constitui-se das condições de equilíbrio reinantes na litosfera, isto é, no substrato de todos os equipamentos implantados pelo homem.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

Ao discutir o mapeamento geomorfológico, Tricart (1965), por sua vez, destaca a importância das feições a serem representadas segundo a escala adotada. As cartas em pequena escala, como 1:1.000.000, 1:500.000, se orientam essencialmente para os fenômenos morfoestruturais (dobramentos e falhamentos). Já no que lhes concerne, as cartas em grande escala, como 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, são capazes de registrar fenômenos ou formas com algumas dezenas de metros de comprimento, possibilitando a representação de formas específicas como voçorocas, lóbulos de solifluxão etc.

A escala mais indicada para representar os elementos morfológicos da área de estudo deste trabalho será uma escala de elevada grandeza (1/25.000), uma vez que esta definição de escala de representação determinará o grau de complexidade do fenômeno observado. Essa escala permitirá a identificação de elementos morfométricos (declividade, curvatura, orientação e outros).

Entende-se como morfografia os aspectos descritivos (ou qualitativo) do relevo, representados pela sua forma e aparência (FLORENZANO, 2008). Assim, para a representação das macroformas do relevo são levados em consideração os seus elementos métricos que, quando analisados em conjunto, podem determinar sistemas de relevo diferenciados.

Para definição das características das unidades de relevo, foram estabelecidos critérios de classificação adaptados do IPT (1981). Os principais critérios adotados foram a amplitude local de cada forma, isto é, a altura máxima entre o topo e o nível de base local (fundo do vale), e a declividade das encostas. A amplitude foi obtida a partir dos valores de altitude encontrados quando se subtrai o menor valor (que determina o nível de base da bacia) de todos os valores altimétricos, levando a zerar o menor valor e fazendo com que este representasse a maior altura local. O resultado foi representado em intervalos de 0 a 100 m, 101 a 300 m e maior que 300 m. Já para a declividade, como o IPT, adotou-se o intervalo de 0 a 15% e maior que 15%.

Para determinar as unidades do relevo, realizou-se uma análise de sobreposição usando os intervalos de declividade associados aos de amplitude. Foram propostos valores para a amplitude e declividade em que a soma destes determinaram a representação dos sistemas de relevo, conforme indicado na Tabela II.

Tabela II – Valores determinados para a amplitude e declividade que possibilitou a representação dos sistemas de relevo.

Amplitude (m)	Declividade (%)	Sistemas de Relevo
0 – 100 **(1)**	0 – 15 **(10)**	Relevo Colinoso **(11)**
100 – 300 **(2)**	0 – 15 **(10)**	Relevo de Morros com Vertente Suavizada **(12)**
> – 300 **(3)**	0 – 15 **(10)**	Platô **(13)**
0 – 100 **(1)**	> – 15 **(20)**	Relevo de Morrotes **(21)**
100 – 300 **(2)**	> – 15 **(20)**	Relevo de Morros **(22)**

Considerando

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

que os dados de amplitude e declividade estavam em formato raster, associou-se, a cada dado raster, valores atribuídos para cada intervalo. Assim as células foram representadas para cada valor atribuído e a soma dos dados raster permitiu a identificação dos tipos de relevo (Figura 1).

1	3	3
3	3	1
2	1	2

+

20	10	10
10	20	10
20	20	10

=

21	13	13
13	23	11
22	21	12

Figura 1 – Representação da soma dos dados matriciais para determinação dos sistemas de relevo.

2.1. Geração de dados Geomorfométricos

A geração de dados geomorfomético deste trabalho, baseou-se na metodologia criada por B. Soares (2016), que tem por base a elaboração do modelo digital de elevação (MDE), para geração de dados geomofométricos. Para a aplicação deste modelo, foi necessária a caracterização e interpretação dos elementos e valores morfométricos da área.

Para Florenzano (2008), morfometria é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas, também denominadas índices morfométricos. Podemos, assim, entender que o estudo da morfografia é ponto de partida para o entendimento e classificação das feições geomorfológicas.

Esta autora afirma, ainda, que a morfometria refere-se aos aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis relacionadas às medidas de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa (declividade), curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas.

Para Valeriano (2008), modelos digitais de elevação são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel. Assim, percebe-se que embora os MDE´s sejam um elemento fundamental para o conhecimento e caracterização do relevo, muito de sua utilização numérica recai sobre as variáveis que ele pode determinar (declividade, amplitude, curvatura, direção e outros).

A obtenção dos dados morfométricos de primeira ordem se deu em ambiente SIG, por meio de análise de vizinhança, levando em consideração os valores de uma célula central e de seus oito vizinhos, que determinou os resultados horizontais e verticais. Os vizinhos são identificados como letras de 'a' a 'i', com 'e' representando a célula para que a morfometria foi calculada (Figura 2).

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

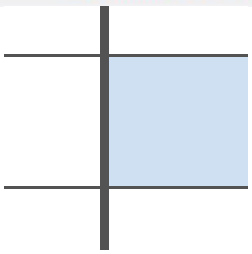

Figura 2 - Representação de dado raster com identificação por célula.

A taxa de mudança no sentido de x para a célula 'e' é calculada com o algoritmo:

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g) / (8 * \text{tamanho da célula})$$

A taxa de mudança no sentido de y para a célula 'e' é calculada com o algoritmo:

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8* \text{tamanho da célula})$$

Os dados morfométricos de primeira ordem representados foram a altitude, declividade e orientação de vertente que a partir da sua integração permitiu a caracterização de elementos morfológico da área de estudo (Figura 3).

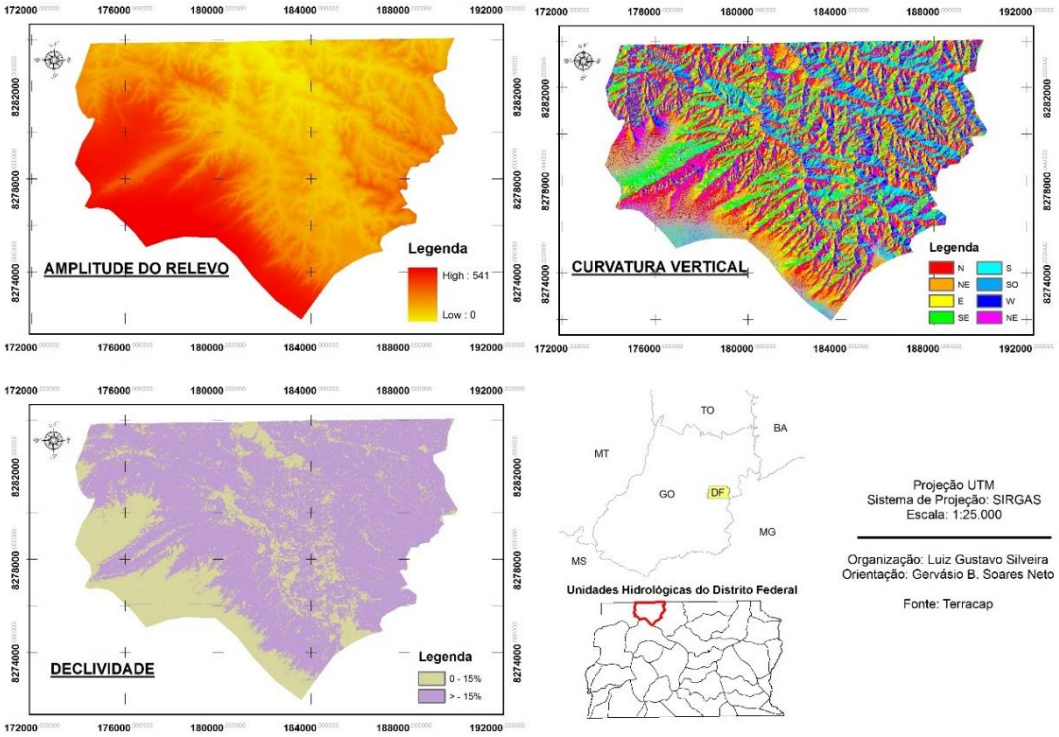

Figura 3 – Dados morfométricos derivados de primeira ordem.

Para caracterização das vertentes, foram determinadas as curvaturas horizontais e verticais, que a partir da sua integração possibilitaram a representação das formas do relevo. Por representar uma derivada de segunda ordem da altimetria, após a obtenção do resultado de cada célula para obtenção

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

do resultado das curvaturas devem-se relacionar pixels vizinhos a partir da seguinte expressão: *Curvature* = ***-2(D + E) * 100.***

A obtenção da curvatura vertical deu-se a partir da análise das células no sentido do eixo X, por meio da variação dos valores das células em uma distância horizontal. A curvatura horizontal foi obtida a partir da análise da variação dos valores das células no sentido do eixo Y, por meio da variação dos valores das células em uma distância vertical. Já as formas do terreno são obtidas a partir da combinação entre as curvaturas horizontais e verticais (Figura 4).

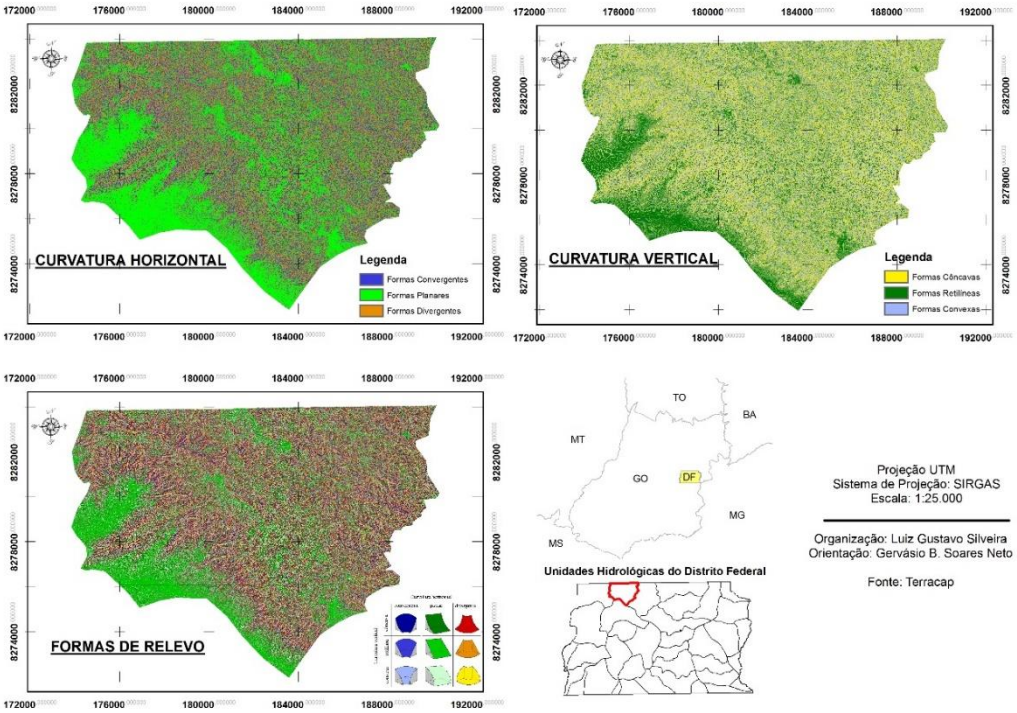

Figura 4 – Dados morfométricos derivados de segunda ordem

3. Resultados e discussões

O mapa de Unidades de Relevo (Figura 5) indica que a Bacia Pedreira está inserida sobre sistema variado de relevo em que, ao sul, há ocorrência da formação do platô, representado pelas maiores altitudes, havendo também ocorrência dessas feições, já com o processo evoluído de dissecação, mais ao centro da bacia. A densidade de drenagem, que ocorre com maior frequência ao norte da bacia, explica a ocorrência das outras feições, que estão associados a declividades maiores e, por consequência, às feições mais dissecadas.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

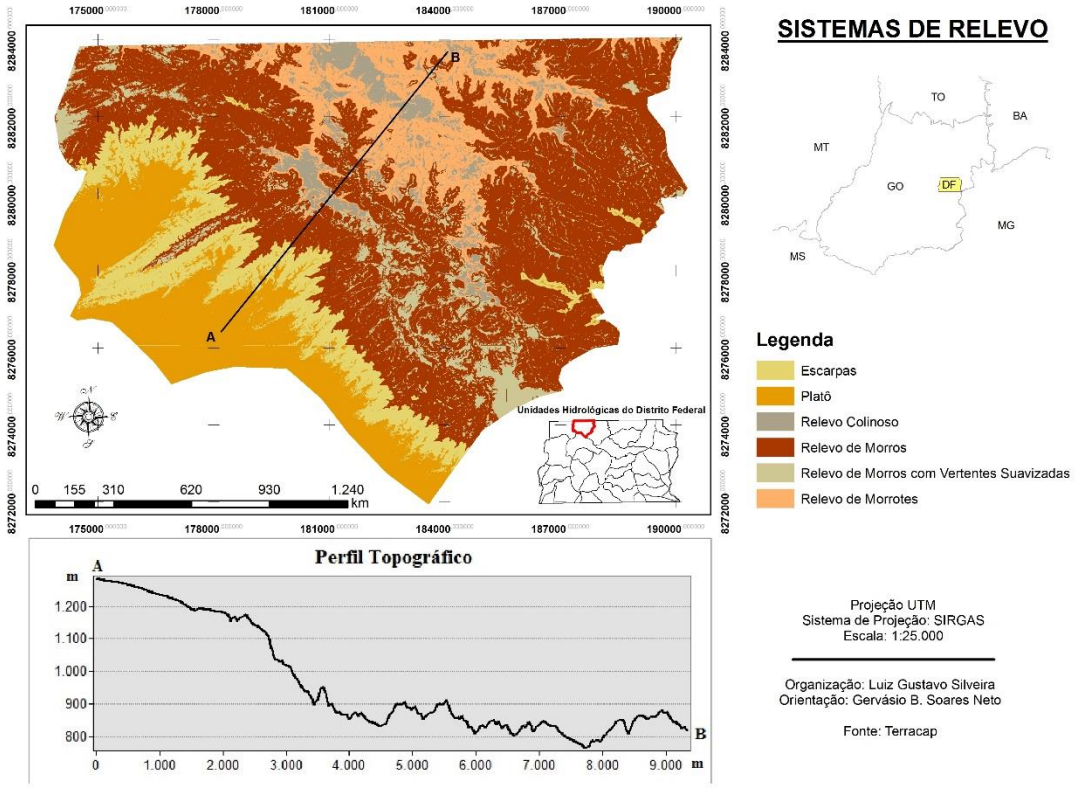

Figura 5 – Mapa de Unidade de Relevo e Perfil Topográfico.

Para Annakein (1956) apud Troppmair & Mnich (1969) as cartas geomorfológicas são basicamente de três tipos:

- cartas morfográficas – quando se preocupam apenas em representar as diferentes formas topográficas;
- cartas morfométricas – quando a preocupação central é fornecer os valores quantitativos das formas topográficas;
- cartas genéticas – representam a gênese das formas topográficas, bem como a cronologia dos processos genéticos.

O mapa geomorfológico final foi definido levando em consideração dados morfométricos, em que para haver a sua análise conjunta foi necessária a integração dos dados em ambiente SIG. Associou-se para cada tipo de Sistema de Relevo suas predominâncias morfométricas (orientação e formas). Assim, com entendimento histogrâmico, foram determinadas as predominâncias quanto à forma e orientação das vertentes, possibilitando a construção da legenda e a representação das unidades geomorfológicas das Bacia Pedreira (Figura 6).

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

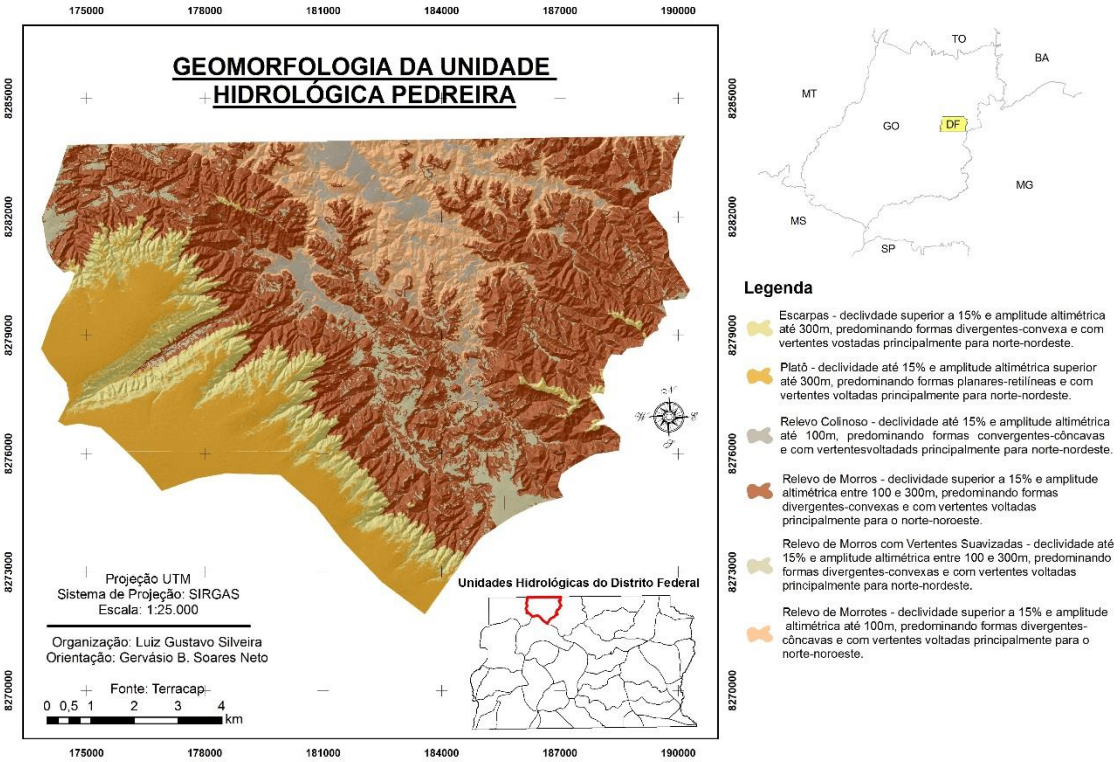

Figura 6 – Mapa geomorfológico da Unidade Hidrológica de Pedreira.

4. Conclusão

As metodologias tradicionais aplicadas nos estudos geomorfológicos apresentam uma subjetividade nas observações das características das irregularidades da superfície terrestre. Essa subjetividade relacionada a uma falta de padronização, acabam dificultando a elaboração de cartas geomorfológicas.

Em uma mesma área de estudos, podemos encontrar representações de compartimentos geomorfológicos e unidades de relevo diferenciadas, advindas de análises subjetivas e com metodologias diferentes.

A metodologia apresentada neste artigo possibilita a identificação de unidades geomorfológicas homogêneas no que se refere aos padrões morfométricos de declividade e amplitude altimétrica, partindo de unidades com formas de relevo de predomínio homogêneo, limitadas em representações de grande escala, contribuindo, desta forma, para a diminuição da subjetividade na delimitação das unidades de relevo.

O presente trabalho apresentou a importância da geoinformação por meio do Sistema de Informações Geográfica – SIG para uma assertividade mais elevada na produção das representações geomorfológicas e, consequentemente, melhores análises estruturais.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

O próprio controle na obtenção das bases de dado compreende como ela foi gerada para evitar inconsistências topológicas. A detenção do conhecimento teórico do modelado do relevo foi outro fator positivo, pois permitiu integrar os dados certos, possibilitando a modelagem adequada para a representação da superfície terrestre.

No contexto de produção deste trabalho, este estudo conclui que o SIG possui ferramentas valiosas, que associadas a análises dos geomorfólogos podem desenvolver a ciência geomorfológica. A metodologia apresentada possui uma consistência que padroniza a interpretação de classes morfológicas, diminuindo as incoerências de dados analisados e que permite manter o controle das pequenas nuances que determinam as diferenças das classes do relevo.

5. Bibliografia

CASSETI, Valter. *Geomorfologia.* [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.or

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia.* São Paulo: Edgard Blucher, 2ª edição, 1980.

COOK, R. U. ; DOORNKAMP, J. C. *Geomorphology in environmental management: an introduction*. 2 ed. Oxford: Claredon Press, 1990. 413p.

DEMEK, J. *Generalization of geomorphological maps. In Progress Made in Geomorphological Mapping*. Brno. 1967. p. 35-66.

di/geonomos/pdf. Acesso em 01 de dezembro de 2016.

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

FITZ, Paulo Roberto. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulolo, Oficina de textos, 2008.

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

g.br/geomorfologia/>. Acesso em 18 de dezembro de 2010.

IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Manuais técnicos em geociências n. 5. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. IPT, São Paulo. Vol. I. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais, São Paulo, 1981.

LAUT, P. & PAINE, T. A. *A step towards an objective procedure for land classifi cation and mapping. Applied Geography*. 1982. 2. p. 109-126.

LOLLO, J. A. *"Landform": Conceituação, Descrição e Aplicabilidade na Caracterização Preliminar de Unidades do Meio Físico para Cartografia Geotécnica*. São Carlos: EESC/ USP. 1994. Seminário (Pós-graduação em 71 Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994. 46 p.

LOLLO, J. A. *O uso da técnica de avaliação de terreno no mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas*. São Carlos, 1996. 2v. Tese Doutorado - EESC/USP. 267 p.

LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. e RHIND, D.W., (2001) *Geographic Information: Systems and Science*. England: Wiley.454p.

MINEROPAR. *Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná*. Paraná: Mineropar. 2006.

ROSS, J.L.S. *Geomorfologia: Ambiente e planejamento*. São Paulo: Editora Contexto. 85p, 1990.

ROSS, J.L.S. *O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo*. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo; FFLCH/USP, v.6, p.17-29, 1992.

SAADI, A. *A geomorfologia como ciência de apoio ao planejamento urbano em Minas Gerais.* 2004. Disponível em: http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5_2_01_04_Saa

SAMPAIO, T. V. M. *Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem – uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente* – ES. 2008. Tese de Doutorado. IGC/UFMG. Belo Horizonte, 2008. 147 p.

SHRODER Jr., J. F., BISHOP, M. P., 2003. *A perspective on computer modeling and fi eldwork.* Geomorphology 53, p. 1–9.

Soares Neto, B. G.; M. S. Faria, K. Processos metodológicos para o desenvolvimento da cartografia geomorfológica digital na unidade hidrológica de Sonhém-DF. Disponível em: http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-466-1295.html. Acesso em 08 dez. 2016.

TAYLOR, D.R.F. *Geographical Information Systems: The microcomputer and modem cartography*. Oxford, England, Pergamon Press, 1991, 251p.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3

TORRES, Tamiozzo P., NETO, Roberto Marques; MENEZES, Sebastião de Oliveira. *Introdução à geomorfologia.* São Paulo: Cengape Learning 2012 – Coleção textos básicos de geografia.

TRICART**,** J. *Principes et méthodes del geomorphologie*. Paris: Masson Ed., 201p, 196p.

VALERIANO, M. de M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.* São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 3, p. 72-106.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. *Cartografia Geotéc*nica. São Paulo: Oficina de Texto, 2004. 190 p.

DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2215 - ISBN 978-85-85369-16-3