

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS ANALÓGICO E AUTOMATIZADO PARA A COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E OBTENÇÃO DE DADOS MORFOMÉTRICOS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ANALOG AND AUTOMATED METHODS FOR GEOMORPHOLOGICAL COMPARTMENTATION AND OBTAINING MORPHOMETRIC DATA

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS ANALÓGICO Y AUTOMATIZADO DE COMPARTIMENTACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y OBTENCIÓN DE DATOS MORFOMÉTRICOS

RESUMO

A pesquisa efetuou a comparação dos Índices de Dissecção do Relevo (IDR) do mapa geomorfológico do estado de São Paulo elaborado a partir de técnicas analógicas, e dados obtidos de forma automatizada com a aplicação do Índice de Concentração da Rugosidade – ICR. Observaram-se semelhanças visuais entre os resultados obtidos no ICR e IDR. Entretanto, ao efetuar a análise espacial em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), verificou-se que as semelhanças entre limites de polígonos se restringem à 36,2%. A comparação indicou 37% de áreas coincidentes, 41% de classificações uma classe acima ou abaixo e, 22% de incongruências. Em relação à delimitação de subunidades morfoesculturais, obteve-se correlações que variaram de 67,29 a 92,42%. Para a área toda, o percentual de semelhanças é de 89,15%. Os resultados apontam que o ICR apresenta grande potencial, entretanto, embora possa ser usado para compartimentações prévias de unidades espaciais homogêneas, deve ser complementado com levantamentos de campo e análises qualitativas uma vez que só a utilização de dados morfométricos pode implicar em resultados que não contemplam as complexidades do meio físico.

Palavras-chave: Mapeamento Geomorfológico; Métodos analógicos e automatizados; Morfometria. Índice de Dissecção do Relevo; Índice de Concentração de Rugosidade.



ABSTRACT

The research carried out a comparison of the Relief Dissection Index (IDR) of the geomorphological map of the state of São Paulo elaborated from analogical techniques, and data obtained in an automated way with the application of the Relief Concentration Index Roughness – ICR (. Visual similarities were observed between the results obtained in the ICR and IDR. However, when carrying out the spatial analysis in a GIS (Geographic Information System) environment, it was observed that the similarities between polygon boundaries are restricted to 36.2%. The comparison indicated 37% of coincident areas, 41% of classifications one class above or below, and 22% of inconsistencies. Regarding the delimitation of morphocultural subunits, correlations ranging from 67.29 to 92.42% were obtained. For the whole area, the percentage of similarities is 89.15%. The results indicate that the ICR has great potential, however, although it can be used for previous compartmentalization of homogeneous spatial units, it must be complemented with field surveys and qualitative analyzes since the use of morphometric data alone can result in data that do not contemplate the complexities of the physical environment.

Keywords: Geomorphological Mapping; Analog and automated methods. Morphometry; Relief Dissection Index; Roughness Concentration Index.

RESUMEN

La investigación realizó una comparación del Índice de Disección de Relieve (IDR) del mapa geomorfológico del estado de São Paulo elaborado a partir de técnicas

 Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia ^a
 Jurandyr Luciano Sanches Ross ^a

^a Universidade do Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, São Paulo, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.74311

Correspondência:

icmoroz@gmail.com
juraross@usp.br

Recebido em: 20 mar. 2023

Revisado em: 18 mai.2023

Aceito em: 07 jun.2023



analógicas, y datos obtenidos de forma automatizada con la aplicación del Índice de Concentración de Rugosidad del Relieve – ICR. Se observaron similitudes visuales entre los resultados obtenidos en el ICR y el IDR. Sin embargo, al realizar el análisis espacial en un entorno SIG (Sistema de Información Geográfica), se observó que las similitudes entre los límites de los polígonos se restringen al 36,2%. La comparación indicó 37% de áreas coincidentes, 41% de clasificaciones una clase por encima o por debajo y 22% de inconsistencias. La delimitación de las subunidades morfoculturales obtuvieron correlaciones que van del 67,29 al 92,42%. Para toda el área, el porcentaje de similitudes es del 89,15%. Los resultados indican que el ICR tiene un gran potencial, sin embargo, si bien puede ser utilizado para la compartimentación previa de unidades espaciales homogéneas, debe complementarse con levantamientos de campo y análisis cualitativos ya que el uso de datos morfométricos por sí solo puede arrojar resultados que no contemplan las complejidades del entorno físico.

Palabras-clave: Cartografía Geomorfológica; Métodos analógicos y automatizados; Morfometría; Índice de disección del relieve; Índice de concentración de rugosidad.



INTRODUÇÃO

Embora haja certo consenso de que a unidade geomorfológica básica deva ser uma entidade homogênea, a definição dessa unidade varia de acordo com as diversas abordagens possíveis para a análise geomorfológica – em termos de padrão genético ou estrutural – e também em função das diversas escalas de mapeamento. No entanto, ela deve ser cuidadosamente selecionada para ser essencialmente homogênea e indivisível na escala escolhida (HAYDEN, 1986).

A adoção de um sistema uniforme para a cartografia geomorfológica, com o objetivo de compatibilizar as pesquisas e obter produtos cartográficos passíveis de comparações e que permitam análises mais abrangentes é um objetivo presente na ciência geomorfológica desde 1958, quando da criação da Subcomissão de Mapeamento Geomorfológico, durante o Congresso da União Geográfica Internacional (IGU) em Estocolmo.

No Brasil, um passo importante foi dado por iniciativa da União da Geomorfologia Brasileira – UGB, com a realização do I Workshop de Cartografia Geomorfológica, ocorrido em 2019, durante o XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, que resultou na formação de uma comissão para a definição um sistema brasileiro de cartografia geomorfológica, por meio da padronização e sistematização dos fatos geomorfológicos, em diferentes escalas de análise.

Durante o Workshop, foi consenso a adoção da proposta de classificação taxonômica de Ross (1992). Entretanto, muitas divergências ou dúvidas ainda persistem, sobretudo em relação à delimitação de unidades homogêneas tais como as Unidades Morfoesculturais (2º táxon) e os Padrões de Formas Semelhantes (3º táxon). Como exemplo, foram mencionadas as diferenças e descontinuidades entre os mapas geomorfológicos do estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 1997) e mapa geomorfológico do estado do Paraná. (OKA-FIORI et al., 2006; SANTOS et al., 2006).

Conforme apontado por Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014), embora os dois mapas tenham sido elaborados de acordo com a mesma metodologia, definida com base nos trabalhos de classificação e taxonomia do relevo de Ross (1992), a junção dos dois mapas apresenta descontinuidades em função dos diferentes materiais cartográficos utilizados como base para a interpretação; da utilização de parâmetros morfométricos distintos; da concepção acerca de sub-unidades morfoesculturais e unidades de Padrões de Formas Semelhantes; da adoção de diferentes nomenclaturas para as Unidades e Sub- Unidades Morfoesculturais; e, do Sistema de Projeção Cartográfica adotado em cada produto.

Em relação às bases utilizadas, o Mapa do Geomorfológico do Estado de São Paulo foi elaborado, em 1996, a partir de imagens analógicas de radar (Mosaicos semicontrolados do Projeto Radambrasil), em escala



1:250.000, da década de 1970. Já o Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná, foi elaborado em 2006, a partir de dados do Radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do ano 2000, com resolução de 90 metros, obtidos do site da NASA.

A delimitação de unidades espaciais homogêneas básicas, em ambos os mapas, foi feita a partir da interpretação visual das variações de textura (rugosidade). Entretanto, enquanto Ross e Moroz (1997) consideraram essas unidades básicas como sendo Padrões de Formas Semelhantes (3º táxon), os autores do mapa geomorfológico do Paraná, embora também tenham considerado essas unidades como sendo de 3º táxon, denominaram Subunidades Morfoesculturais. No mapa geomorfológico do estado de São Paulo, as subunidades morfoesculturais referem-se ao 2º táxon e embora também possam ser distinguidas como unidades que apresentam certa homogeneidade em função dos conjuntos de Padrões de Formas Semelhantes (3º táxon) predominantes, não foram delimitadas por polígonos, mas apenas indicadas por numeração. Devido à essas diferenças, o mapa do estado de São Paulo apresenta um número maior de polígonos delimitados (cerca de 700 unidades de Padrões de Formas Semelhantes) e 31 subunidades morfoesculturais, ao passo que o mapa do estado do Paraná apresenta um número maior de subunidades morfoesculturais (50 subunidades).

As diferenças apresentadas entre os dois produtos cartográficos podem ser justificadas em função da adoção de bases cartográficas distintas, mas também explicitam a subjetividade inerente aos processos de fotointerpretação visual.

A disponibilidade de modelos digitais de elevação (MDEs) e a utilização de ferramentas de processamento digital e técnicas estatísticas multivariadas, podem contribuir para a redução do caráter subjetivo, além de apresentarem ainda a vantagem de reduzir drasticamente o tempo de trabalho para obtenção de dados morfométricos.

Nesse sentido, dentre as metodologias de extração automática de parâmetros morfométricos, Sampaio e Augustin (2014) propõem a utilização do índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para a compartimentação do terreno em unidades homogêneas.

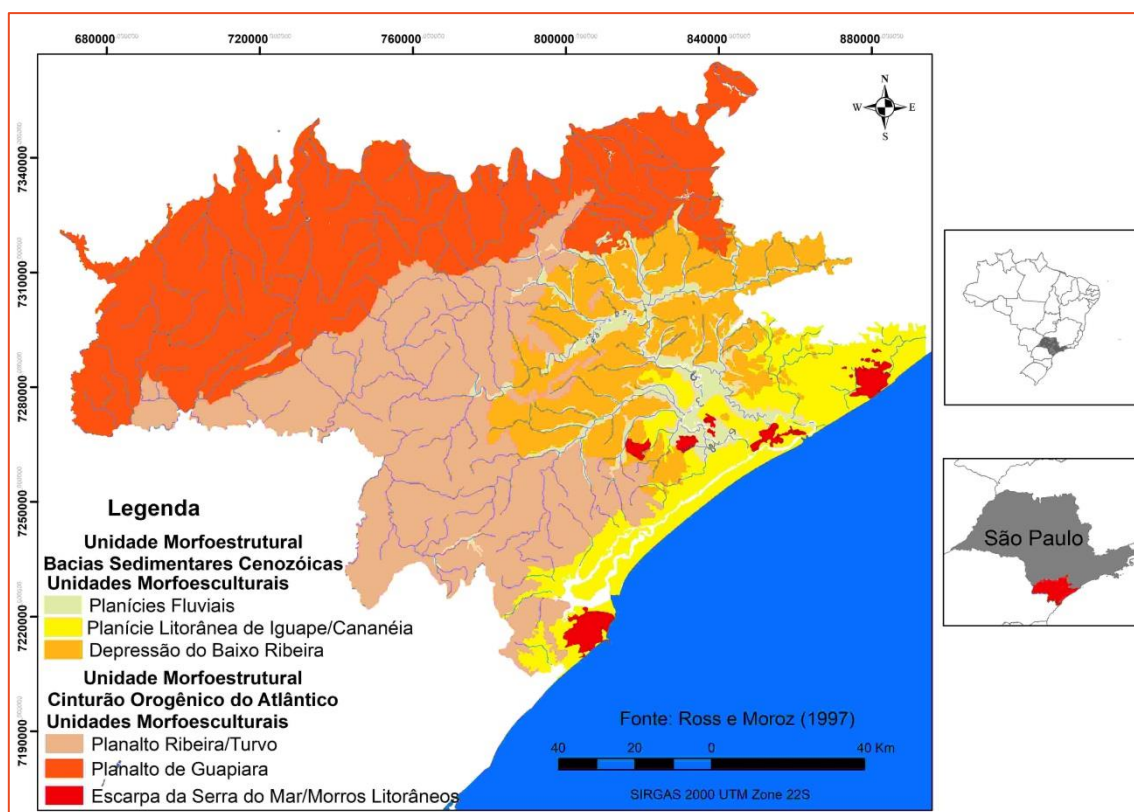
Assim, a presente pesquisa objetiva a comparação dos resultados obtidos na compartimentação e obtenção de dados morfométricos a partir de técnicas analógicas e dados obtidos de forma automatizada com a aplicação do ICR.

Área de Estudo

A área de estudo compreende partes da porção sudeste e do litoral sul do estado de São Paulo.

O recorte espacial foi escolhido por contemplar compartimentos geomorfológicos distintos (Figura 1), a saber: A Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico representada pelas subunidades Planalto do Ribeira/Turvo, Planalto de Guapiara e partes da Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos (Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico); e as Unidades Morfoesculturais Depressão do Baixo Ribeira; Planície Litorânea de Iguape/Cananéia, além de Planícies Fluviais (Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas), segundo Ross e Moroz (1997).

Figura 1. Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais.



Fonte: Ross e Moroz (1997). Organização: Dos autores.

A Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico, por ocorrer em faixa de orogênia antiga, corresponde a relevos sustentados por litologias diversas, sobretudo por rochas metamórficas associadas a rochas intrusivas. O modelado dominante é caracterizado por formas de topos convexos, elevada densidade de drenagem e vales profundos.

Em função de sua complexidade geotectônica, litológica e estrutural, o Planalto Atlântico apresenta variações fisionômicas regionais que possibilitaram a delimitação de doze sub-unidades morfoesculturais.



(ROSS; MOROZ, 1997). As sub-unidades morfoesculturais presentes na área de estudo, apresentam as seguintes características:

- Planalto do Ribeira/Turvo: apresenta modelado de forte dissecação com morros altos com topos aguçados e convexos, esculpidos em micaxistos, migmatitos e granitos. As altimetrias variam de 200m a 800m e as declividades predominantes situam-se entre 20 e 40%. A drenagem, de alta densidade, em geral apresenta padrão dendrítico, mas também apresenta traçado retilíneo em alguns setores, indicando forte influência de fraturamentos.

- Planalto de Guapiara - caracteriza-se por um modelado constituído basicamente por morros médios com topos convexos, com dissecação média a alta. A litologia é constituída basicamente por filitos, granitos e calcários. As altimetrias variam de 700m a 800m e as declividades predominantes situam-se entre 20% a 30%. As drenagens apresentam predominantemente padrão dendrítico, de densidade média a alta.

- Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos: apresenta modelado de dissecação muito forte, com escarpas e cristas e morros com topos aguçados e convexos cuja litologia é constituída por gnaisses, migmatitos e granitos. As altimetrias variam de 20m a 1.000m e as declividades predominantes situam-se entre 30 e 40%, podendo atingir 60%. A drenagem, de alta densidade, em geral apresenta padrão dendrítico adaptado às fraturas, falhas e contatos litológicos. Na área de estudo estão presentes apenas os Morros Litorâneos.

A Unidade Morfoestrutural denominada “Bacias Sedimentares Cenozóicas” por Ross e Moroz (1997), englobam áreas preenchidas tanto por sedimentos continentais quanto costeiros, cujas gêneses podem estar relacionadas processos tectônicos (Bacia Sedimentar de Taubaté, Bacia Sedimentar de São Paulo e Bacia Sedimentar do Ribeira), processos relacionados às variações glácio-eustáticas (planícies litorâneas) ou ainda, processos fluviais (planícies fluviais). As unidades presentes na área de estudo, apresentam as seguintes características de acordo com Ross e Moroz (op cit):

- Depressão do Baixo Ribeira: localizada na Bacia Sedimentar do Baixo Ribeira (Formação Pariquera-Açu, constituída por sedimentos semi-consolidados como argilas, areias finas e cascalhos), apresenta modelado constituído por colinas e patamares aplanados. As altimetrias variam de 20m a 100m e as declividades predominantes situam-se entre 5 e 10%. A drenagem, em geral apresenta padrão dendrítico, mas também apresenta traçado retilíneo em alguns setores, indicando forte influência de fraturamentos.

- Planícies Litorâneas: os modelados da faixa litorânea compreendem às planícies de mangue (ou planícies intertidais), planície costeira (terraços marinhos, planícies flúvio-marinhas, cordões arenosos, planícies flúvio-lacustre-marinhas e planícies fluviais costeiras). Formadas por processos agradacionais,



apresentam altimetrias entre 0 e 20 m. e declividades inferiores a 2%. São áreas que apresentam baixa densidade de drenagem, com predominância de padrões meandantes e anastomosados. Na área de estudos está presente a planície litorânea de Iguape/Cananéia.

- Planícies Fluviais: São terrenos planos (declividades inferiores à 2%), de natureza sedimentar fluvial quaternária, geradas por processos de agradação. Encontram-se dispostas em áreas junto às margens dos rios e estão sujeitas às inundações periódicas. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Na área de estudo, destaca-se a planície fluvial do Rio Ribeira de Iguape e de alguns de seus afluentes.

Materiais e Métodos

Objetivando a comparação dos resultados obtidos na compartimentação e extração de dados morfométricos a partir de técnicas analógicas e automatizadas, utilizou-se o Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo e procedeu-se a aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), de acordo com proposta metodológica de Sampaio (2008).

No mapa geomorfológico do estado de São Paulo (ROSS e MOROZ, 1997), a delimitação dos Padrões de Formas Semelhantes (3º táxon) foi feita a partir de procedimentos visuais e manuais dos diferentes padrões de rugosidade, utilizando imagens analógicas de radar (Mosaicos semicontrolados do Projeto RADAMBRASIL), em escala 1:250.000. Os padrões de rugosidade diferenciam-se em função da dissecação horizontal associada à densidade de drenagem (pluviais e fluviais) e por conseguinte, à dimensão interfluvial e, pela dissecação vertical que corresponde ao entalhamento médio dos canais de drenagem. Ross e Moroz (1997) alertavam para a subjetividade nesse processo de delimitação, em função da acuidade visual e habilidade do intérprete e pelo fato de que na natureza, quase sempre as mudanças de um padrão de dissecação para outro, não se processa de modo brusco e ou linear. (p. 21).

Após a revisão e correção da fotoidentificação preliminar, procedeu-se a codificação dos polígonos de acordo com a morfogênese. Assim, padrões de formas geradas por processos agradacionais ou de acumulação foram identificados pela letra A maiúscula (Agradacionais), e letras minúsculas que indicam ainda os tipos morfológicos e processos deposicionais (processos fluviais – pf ou marinhos – pm, por exemplo). Os padrões de formas produzidas por processos erosivos relativamente recentes foram identificados com a letra D maiúscula (Denudacionais) e letras minúsculas que indicam o tipo de modelado dominante (a – topos aguçados, c – topos convexos, t – topos tabulares).



Os padrões de formas semelhantes apresentam ainda conjuntos numéricos que indicam o Índice de Dissecação do Relevo (Grau de entalhamento dos vales e Dimensão Interfluvial Média) conforme uma Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo (Quadro 1).

Quadro 1. Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo (Escala 1: 250.000).

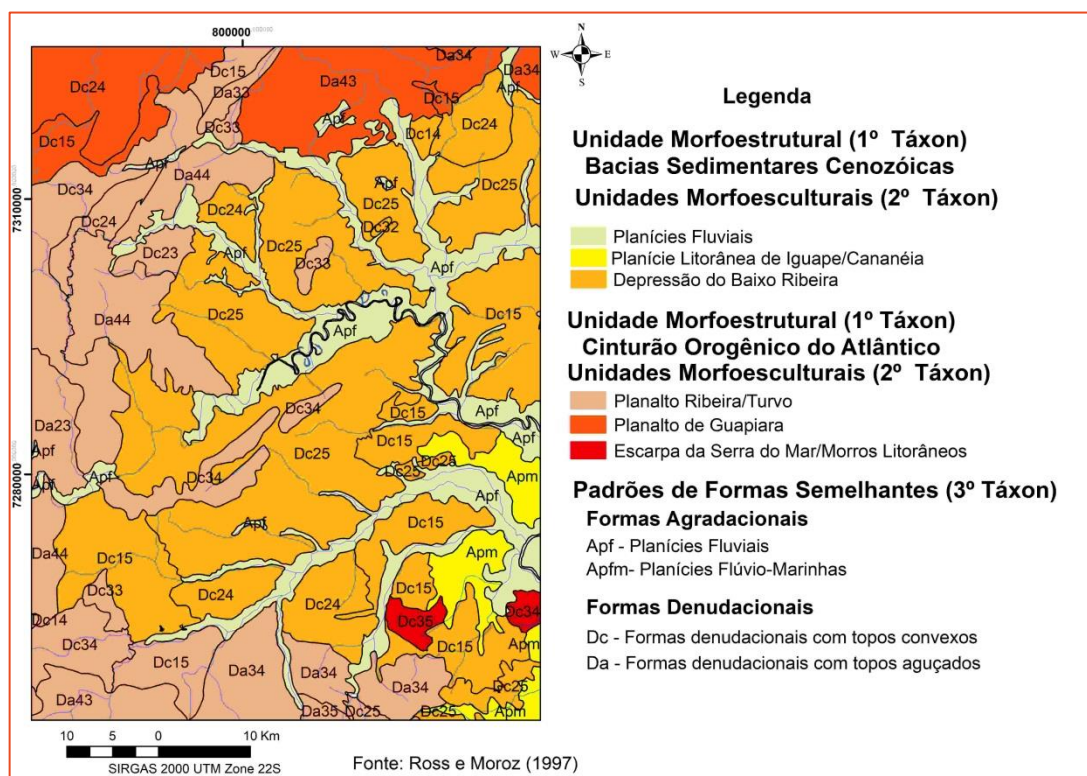
		DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (Classes)				
		MUITO GRANDE (1) (> 3.750m)	GRANDE (2) (1.750 a 3.750m)	MÉDIA (3) (750 a 1.750m)	PEQUENA (4) (250 a 750m)	MUITO PEQUENA (5) (< 250m)
ENTALHAMENTO DOS VALES (Classes)	MUITO FRACO (1) (< 20m)	11	12	13	14	15
	FRACO (2) (20 a 40 m)	21	22	23	24	25
	MÉDIO (3) (40 a 80 m)	31	32	33	34	35
	FORTE (4) (80 a 160 m)	41	42	43	44	45
	MUITO FORTE (5) (> 160 m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross e Moroz (1997). Modificada por Ross (1992) a partir de Projeto Radambrasil (1984).

Para a obtenção desses dados morfométricos efetuaram-se medidas com régua escala das dimensões interfluviais médias de cada polígono identificado. Cumpre esclarecer que a dimensão interfluvial refere-se à distância entre talvegues e não à distância entre topos divisores de água. Ou seja, refere-se à extensão dos conjuntos interfluviais (topo divisor de água e as duas vertentes opostas). Para a obtenção dos valores referentes ao entalhamento médio dos vales, utilizou-se cartas topográficas em escalas maiores (1:100.000) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), traçando perfis transversais entre os topos dos divisores de água e os talvegues, obtendo-se o gradiente topográfico entre topo e fundo de vale. Como se referem à valores médios, foram efetuados vários cálculos amostrais por polígono. O número de amostras variou em função do tamanho dos polígonos e a localização das amostras dentro de cada polígono foi decidida em função da hierarquia das bacias hidrográficas, priorizando-se bacias de terceira ou quarta ordem de acordo com a classificação de Strahler (1957).

Ressalta-se que para a edição final do mapa geomorfológico foi feita redução para a escala 1:500.000. Isso implicou em generalização, portanto pequenos polígonos foram eliminados. A Figura 2 apresenta um fragmento do Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (Ross e Moroz, 1997), com os Padrões de Formas Semelhantes e o Índice de Dissecação do Relevo.

Figura 2. Fragmento do Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo, com os Padrões de Formas Semelhantes e o Índice de Dissecação do Relevo.



Para efeito de comparação na presente pesquisa, os Índices de Dissecação do Relevo foram hierarquizados em cinco classes (Muito Fraco, Fraco, Média, Forte e Muito Forte).

Para a obtenção do ICR, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 90 metros, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -EMBRAPA (MIRANDA, 2005), compatível com a escala de 1:250.000.

Os procedimentos basearam-se em Sampaio (2008, 2009), Sampaio e Augustin (2014) e foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas Arcgis 10.3.

Segundo Sampaio (2009), o Índice de Concentração da Rugosidade adota como referencial de análise a distribuição espacial da declividade a partir de princípios geoestatísticos, “utilizando-se, portanto, dos valores indiretos da rugosidade, conforme proposto por Hobson (1972), bem como do entalhamento do relevo (IBGE,1995 e Ross, 1992)”. (p.4)

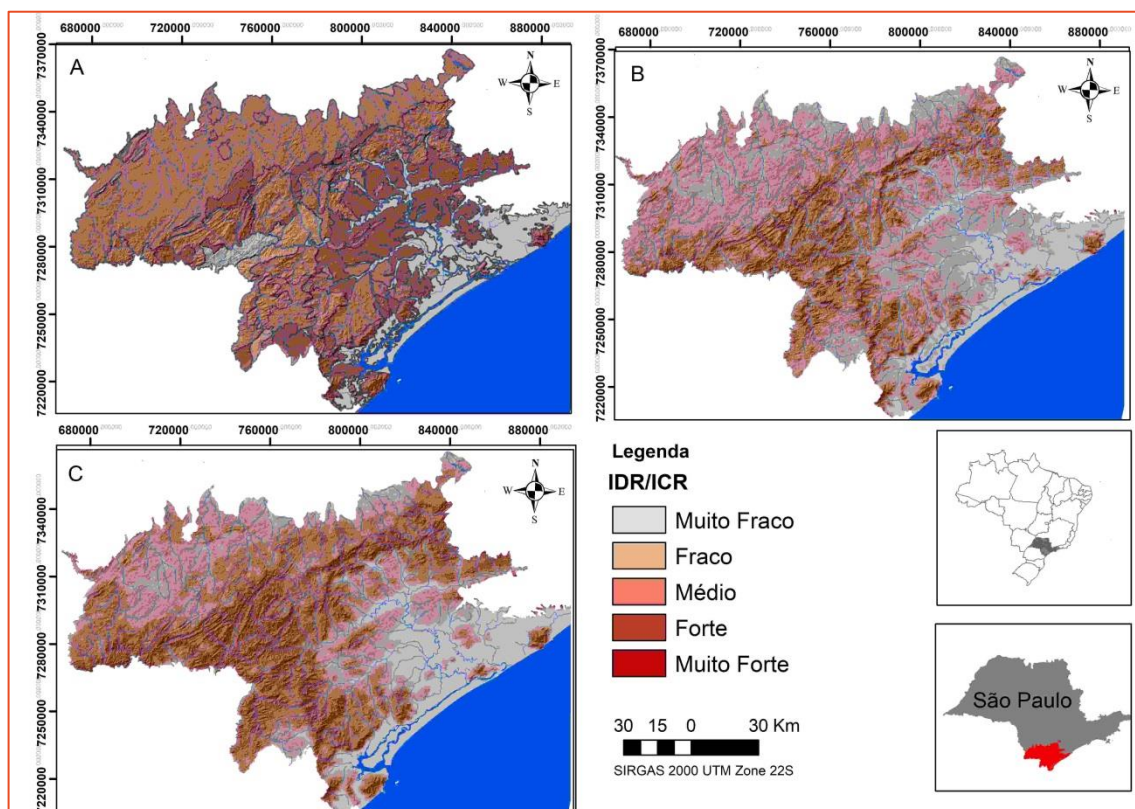
Após a elaboração do mosaico de imagens e o recorte para eliminar áreas referentes ao Oceano Atlântico e áreas fora do estado de São Paulo, foi gerado o mapa de declividade (em porcentagem) em formato raster e posteriormente, convertido para uma malha de pontos, em formato shape.

Em seguida, utilizou-se o estimador geoestatístico de densidade de Kernel, que consiste em uma ferramenta de análise espacial que permite a análise da dispersão ou concentração de um dado fenômeno no espaço, no caso a declividade. (SILVEIRA, SILVEIRA, OKA-FIORI, 2012)

Resultados

A Figura 3 apresenta as classes de IDR obtidas no mapa geomorfológico do Estado de São Paulo e nos produtos da aplicação do ICR com raios de abrangência de 1128m e 2.256 m., com sobreposição das unidades de padrão de formas semelhantes (3o táxon) do mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.

Figura 3. IDR do mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (A) e a partir da aplicação do ICR de 1.128m.(B) e ICR de 2.256m. (C)



Organização: Os autores.

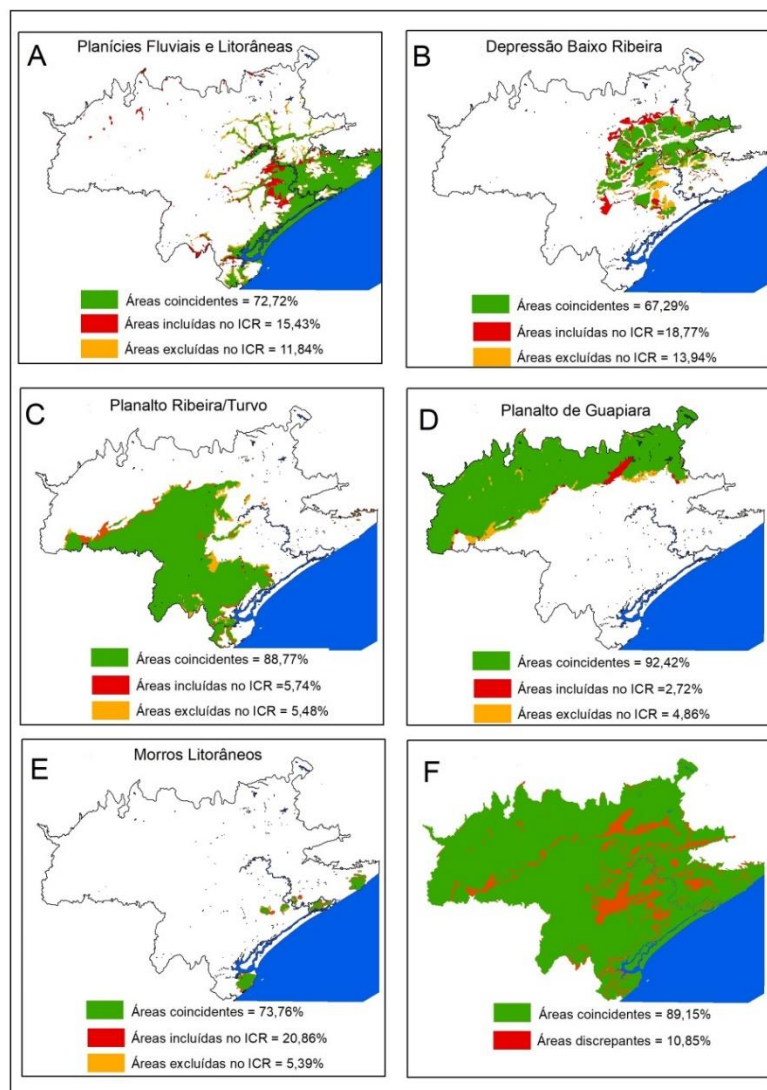
De um modo geral, observam-se semelhanças visuais entre os resultados obtidos no ICR (Figura 3 B e C) e o IDR do mapa geomorfológico (Figura 3 A). Entretanto, obviamente os produtos resultantes do método automático possuem muito mais detalhes. Ao transformar o raster do ICR 1.128 m. para shape, contabilizou-se 1.774 polígonos que variam de 0,0081 Km² até 3.117 Km². No caso do ICR com raio de abrangência de 2.256 m. contabilizou-se 440 polígonos (com áreas variando de 0,0081 Km² a 3.117 Km²). No mapa geomorfológico foram contabilizados 136 polígonos, com área variando entre 0,86 Km² até 4.368 Km².



Ao efetuar a análise espacial em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), observou-se que as semelhanças entre limites de polígonos de IDR e aqueles definidos pelo ICR se restringem à 36,2%. As áreas com dissecação Muito Fraca foram as que obtiveram maior correspondência (86,27% no ICR de 1.128m. e 80,44% no ICR 2.256m). Salienta-se que tais áreas correspondem às planícies fluviais e planícies litorâneas que, no mapa geomorfológico, não apresentam índices de dissecação, pois da mesma forma que IBGE (1973), na metodologia de Ross (1992) e Ross e Moroz (1997) não são atribuídos índices de dissecação para áreas agradacionais. Apenas para efeito de comparação tais áreas foram aqui incluídas na categoria Muito Fraca. Secundariamente, as melhores correlações encontram-se nas áreas com dissecação Forte que apresentaram correspondência de 34,60 e 35,51% nos ICRs de 1.128m. e 2.256m., respectivamente.

Utilizando-se os valores predominantes de ICR (2.256m) para a delimitação de subunidades morfoesculturais e comparando com o mapa geomorfológico obteve-se correlações que variaram de 67,29 a 92,42%. Para a área toda, o percentual de semelhanças é de 89,15% (Figura 4):

Figura 4. Comparação das subunidades morfoesculturais do Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo e delimitadas com a utilização do ICR



Organização: Os autores.

Observa-se que as maiores semelhanças ocorreram no Planalto de Guapiara e no Planalto Ribeira/Turvo. São sub-unidades morfoesculturais que se destacam pelas transições abruptas no relevo, o que facilita a delimitação de subunidades através da fotointerpretação pois a primeira apresenta níveis de dissecação entre médio e forte e a segunda, entre forte e muito forte. Já a delimitação entre as Planícies Litorâneas e Depressão do Baixo Ribeira torna-se mais susceptível a imprecisões, pois apresentam transições muito tênues. Com relação às planícies fluviais e morros litorâneos as divergências podem ser justificadas pelas pequenas dimensões das áreas o que, na fotointerpretação visual, implica em maior subjetividade, uma vez que não é possível a ampliação para melhor definição como se faz em meios computacionais.



Souza et al. (2010), com o objetivo de avaliar o potencial de aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade efetuaram uma comparação com as classes de dissecação empregadas no Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná (OKA FIORI, 2006). Os autores concluíram que uso do ICR, forneceu classes de valores similares às do mapeamento geomorfológico realizado por técnicas convencionais.

Silveira et al. (2012), também utilizando o ICR na porção sudeste do estado do Paraná, obtiveram correlação média de 75% entre áreas referentes à subunidades morfoesculturais obtidas com a aplicação do ICR e aquelas definidas no mapa geomorfológico do Paraná, de Oka-Fiori et al. (2006) e Santos et al. (2006).

Os resultados obtidos apontam que a utilização do ICR permite a obtenção de valores morfométricos referentes à rugosidade similares ou bem próximos àqueles obtidos por Ross e Moroz (1997). Nesse sentido, o ICR apresenta como vantagens a redução do tempo de trabalho para a obtenção dos dados e a redução da subjetividade, pois fornece valores por pixels, ao contrário do método analógico que utiliza a média de áreas amostrais de cada polígono (no caso, cada padrão de forma semelhante).

Quanto à aplicabilidade da metodologia de ICR, Souza e Sampaio (2010) concluíram que o ICR constitui ferramenta interessante na construção de um padrão cartográfico e geomorfológico de representação do relevo e Sampaio e Augustin (2014) afirmam que a metodologia pode contribuir “no sentido de estabelecer valores morfométricos fixos às unidades de relevo, permitindo sua obtenção de forma padronizada”(p.58).

Em relação à identificação de unidades homogêneas (3º táxon), a utilização do ICR resulta em muitas unidades de pequenas dimensões, portanto torna-se necessário também, adotar procedimentos padronizados para a generalização cartográfica embora, por contraste visual, auxilie na delimitação prévia de unidades ou sub-unidades morfoesculturais (2º táxon).

Considerações Finais

O ICR apresenta grande potencial para a redução da subjetividade inerente à extração de dados morfométricos, entretanto para a definição de unidades espaciais homogêneas ainda carece de mais testes e refinamentos e deve, necessariamente, ser associada à levantamentos de campo e estudos prévios sobre a área de estudos. Conforme afirmam Sampaio e Augustin (2014), o ICR pode ser útil para a identificação prévia de unidades morfológicas e morfométricas e pode ser usado como modelo quantitativo de comparação entre diferentes ambientes morfológicos. Entretanto, acredita-se que a identificação e delimitação de unidades espaciais para fins de mapeamento geomorfológico dificilmente poderá ser obtida única e exclusivamente por extração automática, pois necessita também de dados de outras naturezas além de morfométricos (morfologia, morfogênese e morfocronologia, além de conhecimentos específicos acerca de arranjos litológicos e estruturais). Sendo assim, requer uma avaliação de ordem quali-quantitativa, pois se por um lado,



julgamentos apenas qualitativos podem implicar em subjetividade, análises puramente quantitativas podem implicar em resultados que não contemplam as complexidades do meio físico

REFERÊNCIAS

- HAYDEN, R. S. Geomorphological Mapping in: SHORT, N. M.; BLAIR Jr., R. W (eds) **Geomorphology from space**. NASA, Washington DC, 1986. p.637-656.
- HOBSON, R. D. Surface roughness in topography: quantitative approach In: Chorley, R.J., 1972. Spatial analysis in geomorphology. 1972. p. 225-245.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Manual Técnico de Geomorfologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 5, Bernardo de Almeida Nunes *et al* (coordenadores). Rio de Janeiro, 1995, 111 p
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 13. Fev. 2020
- MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C *et. al*. Contribuição ao planejamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: Geomorfologia e Fragilidade Ambiental da UGRH Paranapanema. **Revista do Departamento de Geografia**, V. 27 , P. 21- , 2014
- OKA-FIORI C. *et al*. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000**, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba, MINEROPAR, 2006.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia** nº. 6. FFLCH-USP: São Paulo, 1992, p. 17-29.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo escala 1:500.000**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia FFLCH – USP/IPT/FAPESP: vols. I e II, São Paulo, 1997. vols I e II.
- SAMPAIO, T. V. M; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de Concentração da Rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, p. 47-60, 2014.
- SAMPAIO, T. V.M. Índice de Concentração de Rugosidade (ICR): uma proposta para o mapeamento morfométrico via emprego de Geotecnologias. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Viçosa-MG, 2009.
- 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. Tese de Doutorado. IGC/UFMG. Belo Horizonte, 2008.
- SANTOS, L.J.C. *et al*. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, nº2, 2006.
- SAVIGEAR, R. A. G. A technique of morphological mapping. *Annals Ass. American Geographers*, 55, 1965, p. 514-538.
- SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise digital do relevo aplicada no mapeamento de unidades geomorfológicas. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 43-68, 2012.
- SOUZA, L. F.; SAMPAIO, T. V. M. Aplicação do Índice de Concentração da Rugosidade à identificação de classes de dissecação do relevo: uma proposta de quantificação e automatização em ambiente SIG. In: **Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, 3., 2010, Recife -PE. Anais eletrônicos... Recife, 2010. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/10/17.pdf>> Acesso em 8 de Fev. 2020.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Halen: Transactions: **American Geophysical Union**, 1957. v.38. p. 913-920.