



ANÁLISE DA REPRESENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO SUBSIDIADA POR MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

Roberta de Oliveira Costa – Doutoranda em Geografia na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. bbta.costa@gmail.com

Telma Mendes da Silva – Professora Adjunta Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. telmendes@globocom.com

RESUMO: Atualmente a Geomorfologia tem sido bastante favorecida pelas técnicas de Sensoriamento Remoto. Nos últimos anos, imagens de satélites têm contribuído significativamente no desenvolvimento de mapeamentos geomorfológicos. Porém, visualizar estes mapeamentos em 2D pode aumentar a complexidade de análise do mapeamento, uma vez que as formas do relevo não são originalmente visualizadas como planos. Com o avanço da tecnologia geoespacial surgiu a possibilidade de transformar estes mapeamentos bidimensionais em tridimensionais, permitindo assim melhor análise e interpretação das formas. Assim, este trabalho discutiu a importância da aplicação tridimensional nos mapeamentos geomorfológicos, realizando um estudo de caso no RJ. Os resultados apresentaram que a componente tridimensional realmente auxiliou de forma significativa a interpretação da morfologia da área de estudo. E desta forma, as conclusões reafirmaram que com a disponibilização dos modelos SRTM os processos de mapeamentos foram realizados de forma mais rápida, otimizando tempo da pesquisa e diminuindo custos; os modelos de elevação permitiram a identificação de formas do relevo e de estruturas que talvez não seriam discriminadas pela vegetação em imagens ópticas; e que a metodologia aplicada permitiu que a análise em escala regional fosse visualizada com um nível de detalhe superior comparados aos mapeamentos que não utilizam o recurso tridimensional.

Palavras Chave: Mapeamento Geomorfológico; SRTM; SIG.

ABSTRACT: Nowadays the Geomorphology has been favored by the techniques of Remote Sensing. In recent years, satellite images have contributed significantly in the development of geomorphological mapping. However, these mappings in 2D view can increase the complexity of analysis of the mapping, since the forms of relief are not originally viewed as planes. With the advancement of geospatial technology came the possibility of turning these two-dimensional maps in three dimensions, allowing better analysis and



interpretation of forms. Thus, this paper discussed the importance of applying the three-dimensional geomorphological mapping, conducting a case study in RJ. The results showed that the three-dimensional component really helped significantly the interpretation of the morphology of the study area. And so, the findings reaffirmed that with the availability of models SRTM mapping processes were carried out more quickly, optimizing the search time and reducing costs, the elevation models allowed the identification of relief forms and structures that may not would be discriminated against by the vegetation in optical images, and that the methodology allowed the analysis on a regional scale was viewed with a higher level of detail compared to maps that do not use three-dimensional appeal.

Key words: Geomorphologic Map; SRTM; GIS.

1 - INTRODUÇÃO

A Geomorfologia centra-se no estudo das formas geométricas da superfície da Terra, sua gênese, composição e os processos que neles atuam (CHORLEY *et al.*, 1984), e é a partir da interação dos macros elementos de uma paisagem (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) que o relevo adquire suas principais características. Desta forma, a acurácia dos estudos referentes à Geomorfologia torna-se cada vez mais fundamental para a Geografia e ciências afins, principalmente, no que concerne à elaboração de mapeamento das feições geomorfológicas, uma vez que este é um documento cartográfico capaz de auxiliar a desvendar as relações passadas ocorridas na paisagem e a prever as futuras tendências de uma mesma paisagem.

Mapear, em linhas gerais, significa elaborar ou construir um mapa. O mapeamento pode ser considerado como um conjunto de operações geodésicas, fotogramétricas, cartográficas e de sensoriamento remoto, visando à edição de um ou de vários tipos de cartas básicas, topográficas, geográficas, temáticas, etc. O dicionário Michaelis Moderno da Língua Portuguesa (2010) descreve que uma das definições de mapeamento pode ser entendida como efeito especial que usa algoritmos para produzir uma imagem que se parece com a superfície terrestre.

As imagens que representam a superfície terrestre, mais especificamente o relevo, podem ser apresentadas de forma bidimensional (levando em consideração somente duas



dimensões) ou na forma tridimensional (considerando a terceira dimensão, neste caso a altitude do relevo).

Para realizar os mapeamentos geomorfológicos, sejam estes em escalas regionais ou de detalhe, são necessários dados dos elementos de descrição do relevo, considerando a investigação de elementos que possam subsidiar tanto a compreensão de sua formação, como sugerir idade e dinâmica dos processos atuantes na evolução da paisagem, sendo a representação da superfície, bi ou tridimensional, a base para iniciar um projeto desta magnitude.

A realização de um mapeamento geomorfológico apresenta grande complexidade, devido à existência de diversas abordagens metodológicas de geração e classificação das feições de relevo do mapa e das distintas escalas em que estes mapeamentos podem ser produzidos. Visualizá-lo em duas dimensões pode aumentar a complexidade de análise do mapeamento realizado, uma vez que as formas do relevo da superfície terrestre não são originalmente visualizadas como planos, levando em consideração somente a localização (x,y) do objeto. Porém, com o avanço da tecnologia geoespacial surgiu à possibilidade de transformar estes mapeamentos bidimensionais em tridimensionais, o que pode permitir melhor análise e interpretação dos elementos das formas.

Desta forma, em termos gerais, objetiva-se neste trabalho apresentar e discutir a importância da aplicação tridimensional nos mapeamentos geomorfológicos, realizando um estudo de caso através da modelagem geomorfológica regional do Estado do Rio de Janeiro.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O objeto de estudo da ciência geomorfológica é a representação espacial da forma da superfície terrestre, e esta é expressa especialmente através das diversas técnicas de mapeamentos desenvolvidas no meio acadêmico.

Desde a década de 70, com o aprimoramento dos sensores orbitais e, conseqüentemente, nos anos seguintes dos sistemas computacionais, estudos geomorfológicos mais detalhados sobre a superfície terrestre começaram a ser realizados. Geomorfólogos passaram a utilizar dados oriundos dos sensores remotos para identificar e interpretar as feições geomorfológicas da superfície terrestre. E através do crescente avanço das geotecnologias, e principalmente da crescente oferta de imagens de sensores orbitais de alta resolução espacial, com capacidade comprovada de mapeamento tridimensional, busca-se o



desenvolvimento de métodos semi-automatizados para a confecção de mapas geomorfológicos em diferentes escalas, incorporando o arcabouço metodológico por parte da ciência geomorfológica já estabelecido e adequando-se aos padrões de precisão cartográfica e às questões de tempo e recursos empregados no mapeamento.

Neste contexto, para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um minucioso levantamento em livros, publicações disponíveis na internet e, principalmente, em artigos publicados em revistas e anais de congressos brasileiros, da literatura geomorfológica que está vinculada à elaboração de mapeamentos bidimensionais e tridimensionais geomorfológicos.

O mapa das feições geomorfológicas bidimensional do Estado do Rio de Janeiro realizado com base na metodologia de compartimentação topográfica idealizado por Meis *et al.* em 1982 e refinado por Silva (2002) foi utilizado como o mapa temático que recebeu o subsídio da tecnologia 3D em sua modelagem final (Fig. 1).

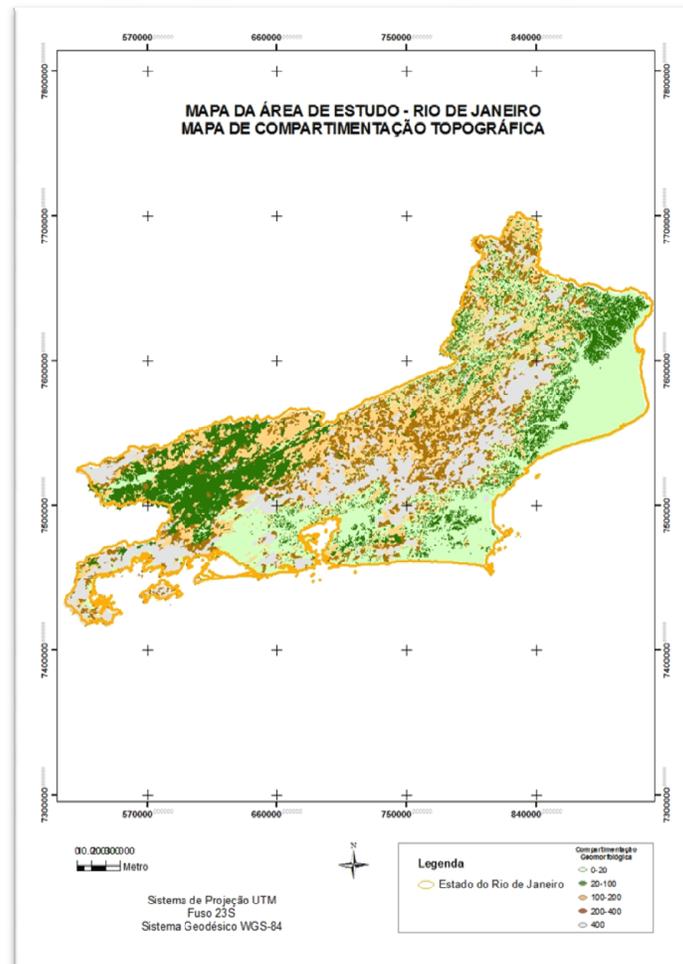


Fig. 1: Mapa das feições geomorfológicas desenvolvido a partir da metodologia de compartimentação topográfica. Modificado de Silva (2002).



Esta metodologia de compartimentação topográfica consiste em calcular a amplitude altimétrica (Δh) dada pela diferença entre a altitude superior ($\Delta h_{\text{máx}}$) e a inferior ($\Delta h_{\text{mín}}$) de bacias de drenagem de primeira e segunda ordem até sua confluência com a rede coletora, utilizando-se para tanto uma carta topográfica. O mapa utilizado como temático neste trabalho foi realizado em meio convencional analógico, em função da maior agilidade operacional obtida na etapa de interpretação visual, sem que a consequente perda da precisão planimétrica afetasse a qualidade final do mapa quanto à representação temática que o trabalho se propõem (SILVA, 2002).

Sobre as folhas trabalhadas foram colocados folhas de papel poliéster e feitos os cálculos da amplitude altimétrica ($\Delta h = \Delta h_{\text{máx}} - \Delta h_{\text{mín}}$) obtida pela diferença de valores de altitude entre a curva de nível mais alta e mais baixa em todas as bacias de drenagem contidas nas respectivas cartas. Após esta análise, foram reconhecidas bacias de drenagem que possuem as mesmas classes, separando-se bacias com valores diferentes através da delimitação de interflúvios e divisores. E assim o mapa elaborado reflete o grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas, associando-se intimamente a variações lito-estruturais e/ou tectônicas (SILVA, 2002).

As classes de relevo utilizadas no mapa apresentado pela figura 1 estão representadas pela tabela 1.

Tab. 1: classes de amplitude altimétrica para a definição dos compartimentos topográficos.

Classes de Amplitude Altimétrica	Compartimentos Topográficos	Característica Morfológica
0-20m	planícies flúvio-marinhas	feições de topografia plana - horizontal a sub-horizontal
20-100m	colinas	feições de colinas de topos planos caracterizadas pelo entulhamento de vales e reentrâncias de cabeceiras de drenagem
100-200m	morros	feições de encosta bem íngremes e que ocorrem muitas vezes isoladas em meio de planícies fluviais
200-400m	degraus ou serras reafeiçoados	feições de transição entre compartimentos diferentes
>400m	degraus escarpados	encostas escarpadas com topos bem elevados, com mudança abrupta entre os compartimentos

A área de estudo onde se desenvolveu a modelagem de compartimentação topográfica foi o Estado do Rio de Janeiro e, desta forma, toda a metodologia aplicada no presente trabalho utilizará este recorte espacial ou parte dele para efeito melhor da visualização dos testes e resultados alcançados (Fig. 2).



Pela figura 2 pode-se notar o destaque para a região serrana que marca a porção central do estado, orientada na direção ENE-WSW, na qual selecionou-se um trecho contrastante de morfologias de serras, morros, colinas e planícies para realização de análises de detalhe pelo presente trabalho e que está marcada por um círculo em cor vermelha na referida figura.

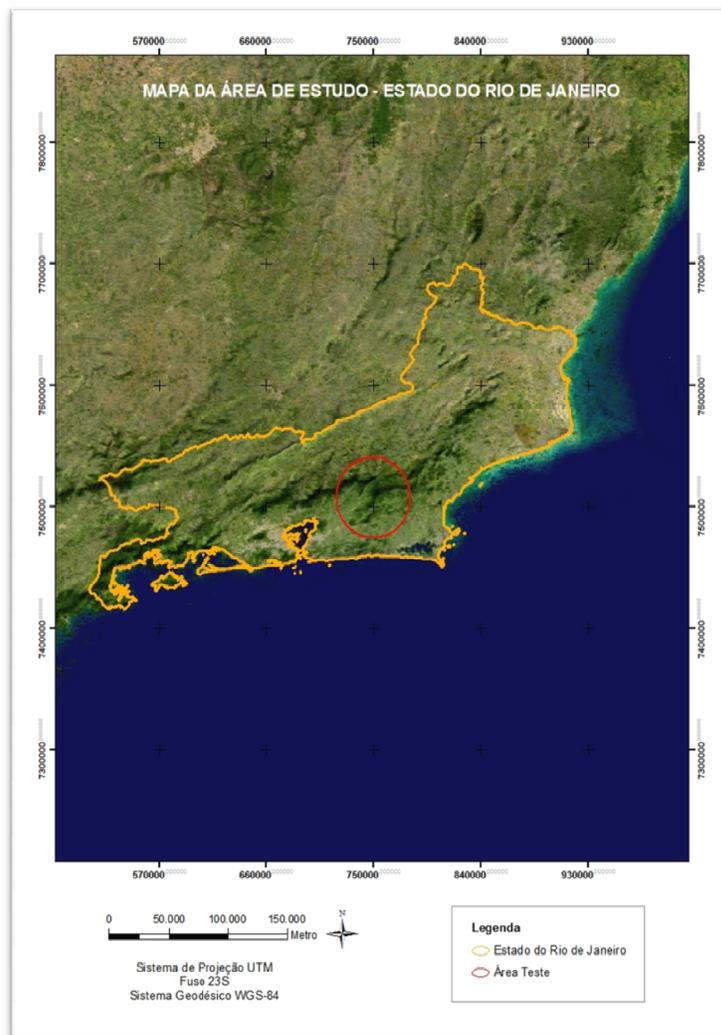


Fig. 2: Mapa da área de estudo destacada em imagem de satélite disponibilizada pela ESRI em www.esri.com. O círculo em vermelho refere-se à área selecionada para estudo de detalhe.

De posse do mapeamento geomorfológico de compartimentação topográfica bidimensional o trabalho voltou-se para a modelagem tridimensional do mesmo. Para isto foi adquirido imagens derivadas do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para gerar as curvas de nível e sobrepôr o mapa geomorfológico (Fig. 3).



Os dados do SRTM utilizados neste trabalho foram obtidos gratuitamente através da CGIAR-CSI (Consultative Group for International Agriculture Research – Consortium for Spatial Information). Este grupo de pesquisa já disponibiliza os dados manipulados, ou seja, tratados e prontos para serem utilizados.

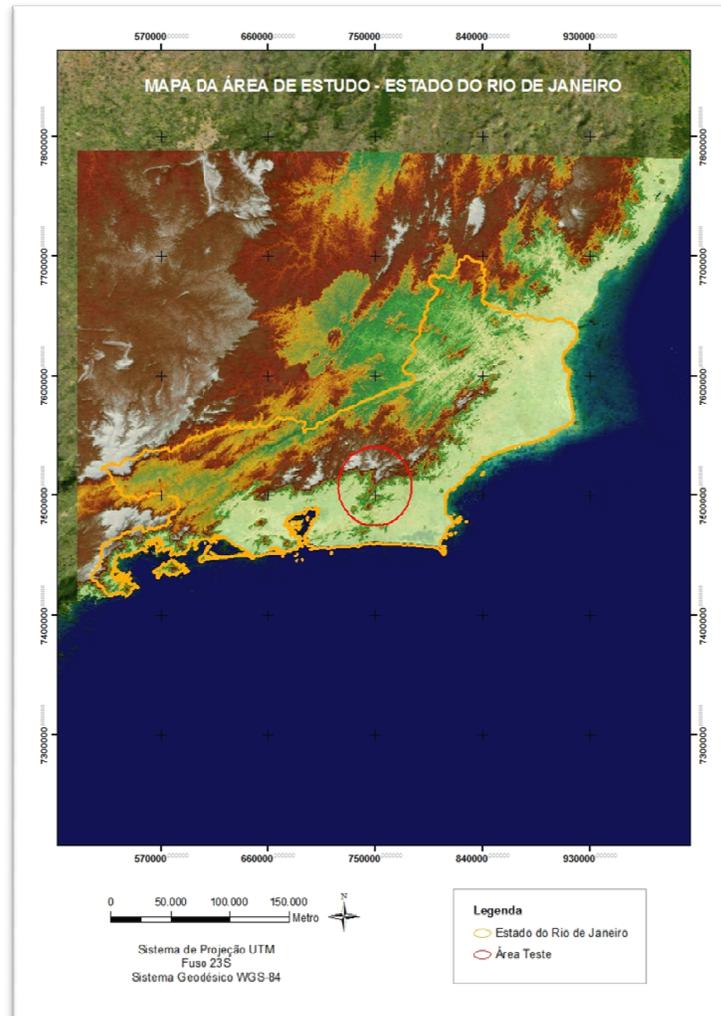


Fig. 3: Mapa contendo os dados do SRTM que cobre a área de estudo; o círculo em vermelho refere-se à área de estudo em detalhe, denominada de ‘área teste’.

O projeto SRTM foi realizado em fevereiro do ano 2000 para mapear o relevo da área continental da Terra com interferometria de radar entre 60° de latitude norte e 54° de latitude sul, o que corresponde aproximadamente 80% das áreas emersas do planeta, uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI).



A NASA processou os dados brutos do SRTM e, apesar de obtidos com resolução espacial em aproximadamente 30m na região do equador, somente os Estados Unidos possuem os dados com este nível de detalhe. Para os demais países, houve uma reamostragem dos dados para, aproximadamente, 90m de resolução espacial, o que pode ser considerado razoável para análises em escalas pequenas ou médias, mas não é aconselhada para estudos detalhados (Fig. 4).

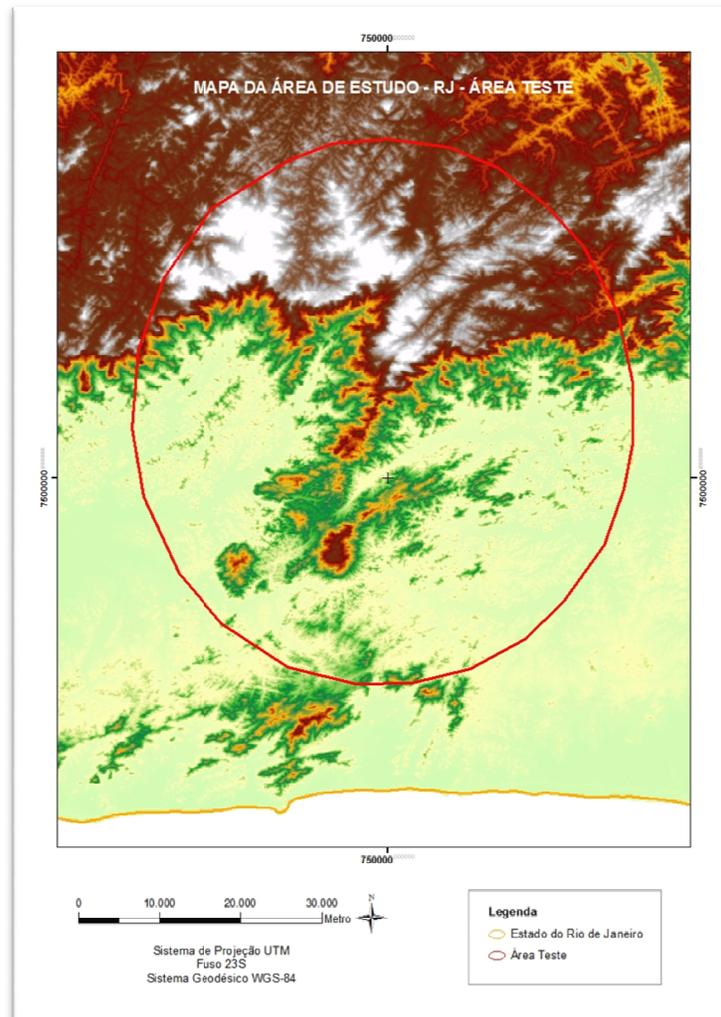


Fig. 4: Mapa da área teste sobreposta com os dados do SRTM.

Após capturar as imagens oriundas do SRTM, as mesmas foram visualizadas no *software* ArcGis (aplicativo de Geoprocessamento desenvolvido pela empresa ESRI) e neste mesmo aplicativo a partir das imagens foram geradas as curvas de nível com equidistância de 90 metros (Fig. 5).

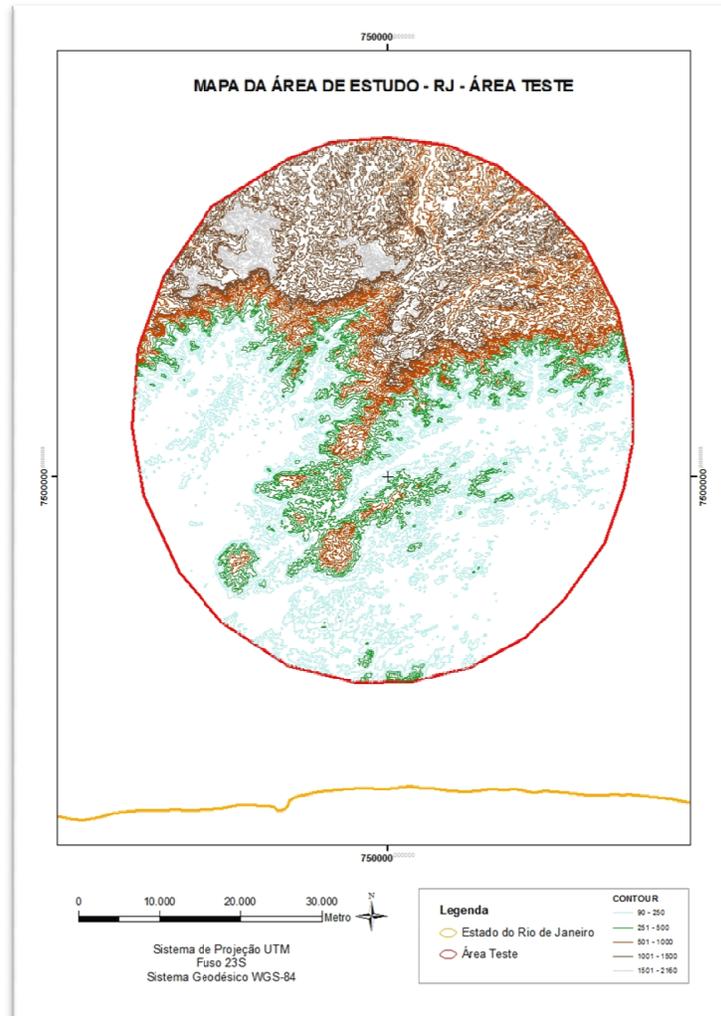


Fig. 5: Mapa contendo as curvas de nível obtidas a partir do SRTM para a área teste.

Todos os mapas temáticos normalmente são derivados de informações advindas do mapeamento topográfico e como serve de base para análises e desmembramentos de informações, deve-se ter muito critério na manipulação das informações nele contidas. Todas as escalas e precisão de medições e análises devem ser baseadas e levadas em consideração de acordo com a escala e precisão da base utilizada para tais fins. Isto quer dizer que medições e análises feitas em bases com escala 1: 50.000 não podem conter precisão cartográfica maior que 10 ou 15 metros, em média, e que análises baseadas na hipsometria dessa escala não podem ter precisão maior que 20 metros.



A geração das curvas de nível foi realizada no módulo *Toolbox*, na ferramenta 3D *Analyst*, na opção *Surface Analysis* e por último selecionado a opção *Contours*. Após a geração e a verificação da topologia na mesma ferramenta, foi gerado o Modelo Digital de Terreno (MDT) da área de estudo (Fig. 6).

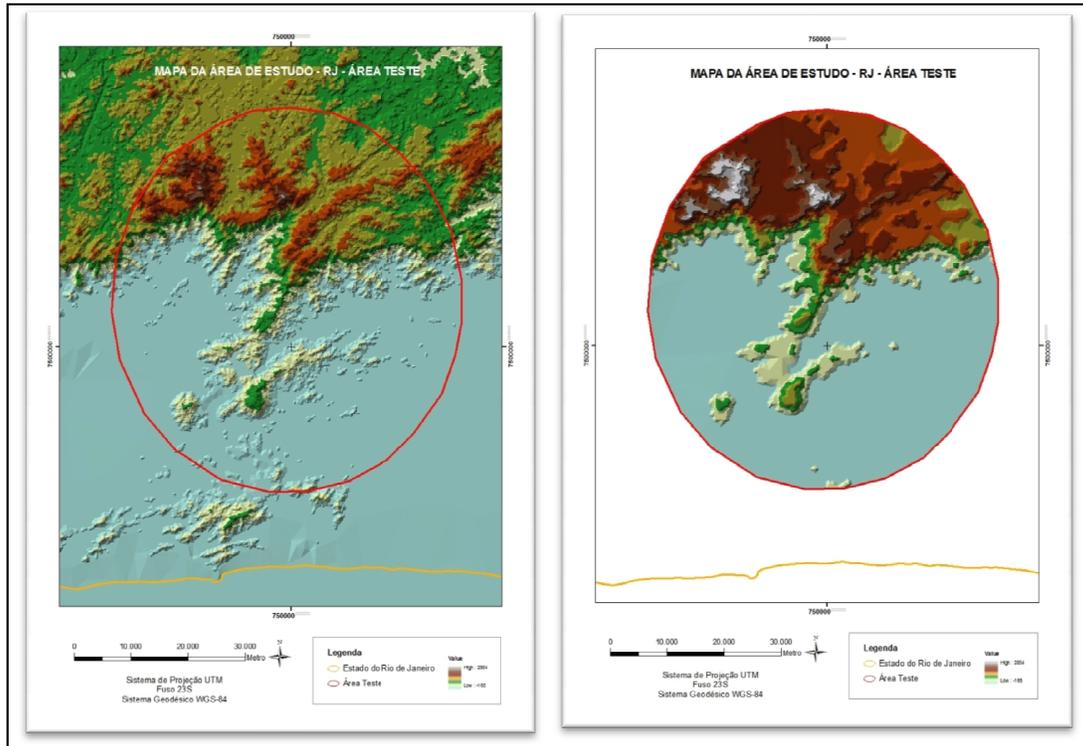


Fig. 6: Mapas contendo a topografia da área teste. A figura da esquerda representa o MDT gerado para todo o Estado do RJ e a da direita mostra somente o MDT da área teste.

O modelo digital no formato TIN, foi obtido por meio da triangulação das curvas de nível, como equidistância de 90 metros, utilizando-se a base gerada a partir dos dados do SRTM. Essa triangulação foi feita utilizando a extensão *3D analyst*, do ArcGis 9.0, com a função “*Create/Modify TIN – Create TIN from features*”. Essa função gerou a grade irregular, mostrada na figura 6, que serviram de base para todas as análises realizadas sobre o mapa geomorfológico tridimensional. Além disso, o TIN permite que sejam feitas análises variadas, tanto do ponto de vista computacional, como do visual. O pesquisador pode simplesmente, a partir da interpretação visual, distinguir características de relevo, como planos, escarpas e vales, objetivos este do mapeamento geomorfológico (Fig. 7).

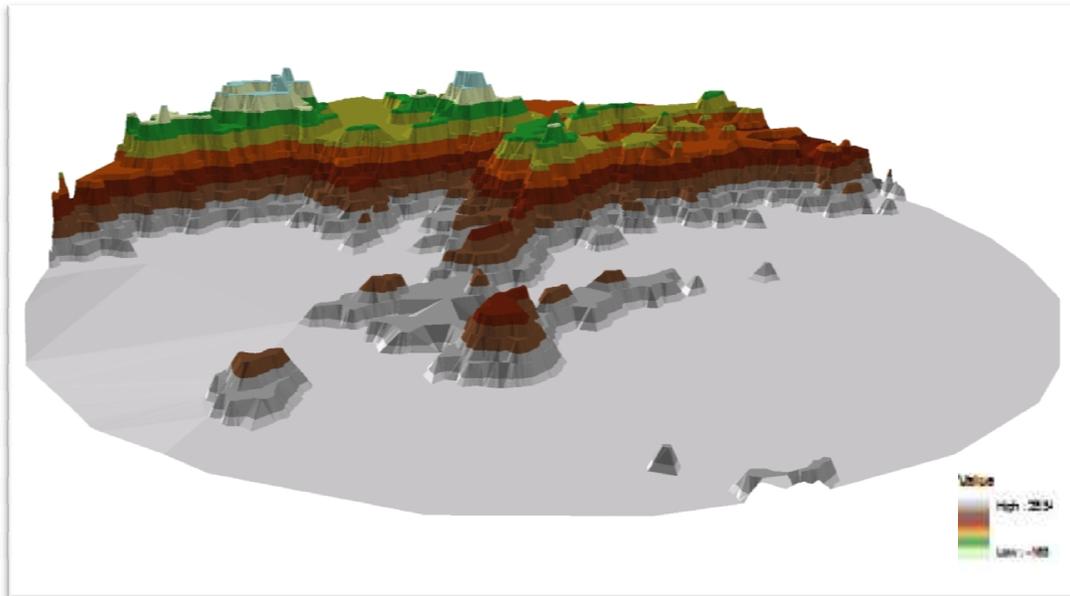


Fig. 7: Modelo digital de terreno (MDT) em 3D da área teste em estudo.

No item seguinte serão apresentados os resultados da geração do mapa geomorfológico oriundo da compartimentação topográfica em 3D gerado a partir da sobreposição ao MDT apresentado na figura 7.

2 – RESULTADOS

Tricart (1959) colocou que o mapeamento geomorfológico atua como embasamento da pesquisa sobre o relevo, sendo ao mesmo tempo o instrumento que direciona a pesquisa e quando concluído pode representar uma síntese e produto desta. Xavier da Silva em 1998 ressalta que em mapeamentos geomorfológicos apoiados por geotecnologias as entidades geomorfológicas podem ser identificadas por sua geometria, localização e forma, e também através de correlações espaciais.

O mapa geomorfológico bidimensional resultante de uma modelagem clássica, conforme apresentado na figura 8, apresenta bons resultados, porém para que o usuário comum compreenda bem o mapa é indispensável à apresentação da legenda, principalmente para que ele tenha noção da altitude em que a feição morfológica se encontra. Ao adicionarmos à componente tridimensional no mesmo pode-se perceber que a apresentação torna-se de mais fácil compreensão do usuário (Fig. 9). Talvez pelo simples motivo que este



mapa agora se apresenta as feições de maneira mais próxima da que realmente observamos caso estejamos diretamente no local.

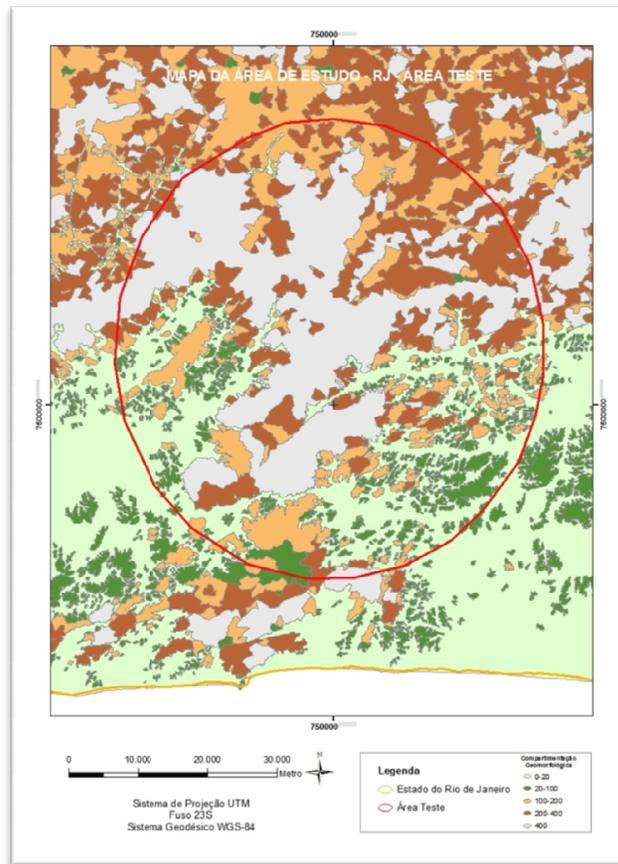


Fig. 8: Mapeamento geomorfológico apresentado de forma bidimensional.

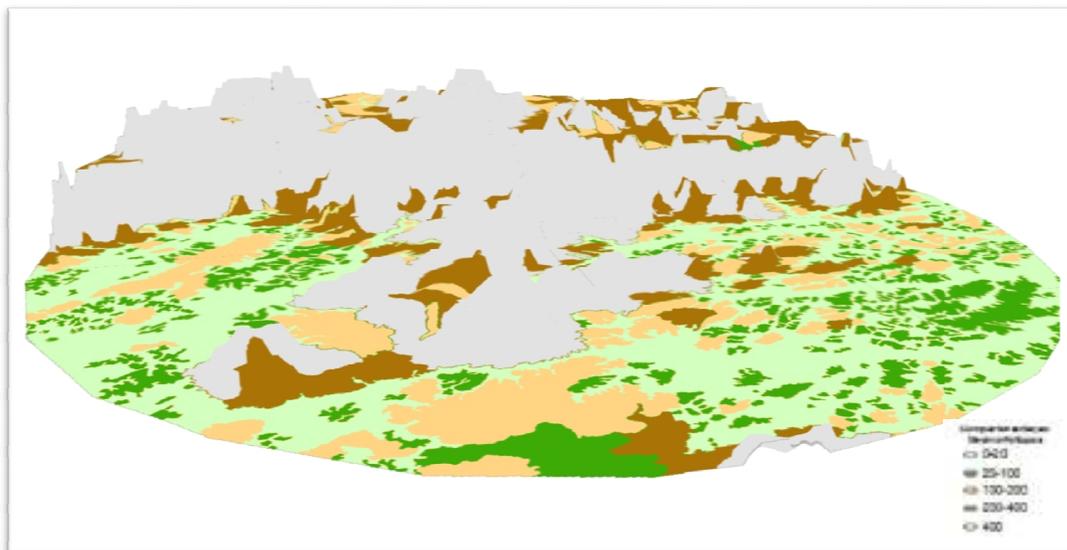




Fig. 9: Recorte do Mapeamento Geomorfológico de forma tridimensional para a área teste.

As imagens SRTM, por se tratarem de modelo digital do terreno (MDT), foram de grande valia para a geração do mapa geomorfológico tridimensional da área de estudo, pois além de reproduzirem as feições de forma bastante aproximada da realidade do seu relevo, também foram de fácil manuseio, produtos disponibilizados já georeferenciados e com dados altimétricos.

Para melhor visualização das feições apresentadas no mapa foram inseridas no modelo os dados altimétricos, ou seja, as curvas de nível denominadas mestras (aquelas que foram geradas a partir do intervalo de 100 metros) como mostra a figura 10.

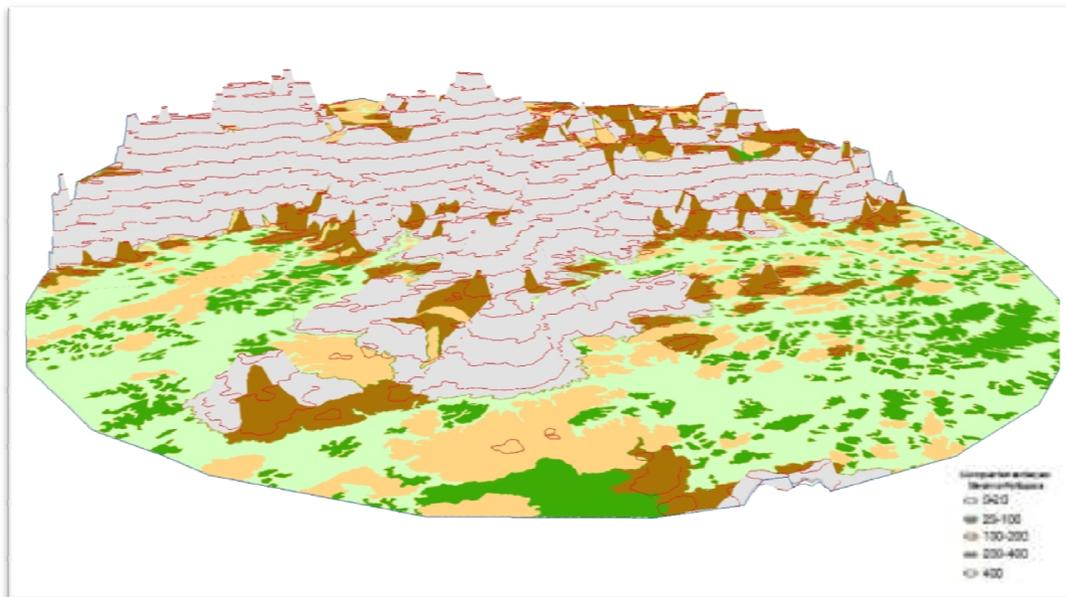


Fig. 10: Recorte do Mapeamento Geomorfológico de forma tridimensional para a área teste com as curvas mestras sobrepostas.

4 - CONCLUSÃO

Mapear a superfície terrestre é um dos principais objetivos dos estudos geomorfológicos, que até meados da década de 70 eram realizados prioritariamente em escalas de abrangência regional. Tais mapeamentos, por sua vez, utilizavam uma metodologia de trabalho que demandavam um longo período de tempo e custos elevados pelo tamanho da área abrangida - muitas vezes, pela dificuldade de acesso a área mapeada; além de não permitir o reconhecimento de detalhes suficientes para subsidiar a realização de mapeamentos



em escala menores, como por exemplo, o mapeamento de processos erosivos ou subsidiar a previsão de áreas de inundações, entre outros.

A partir das considerações levantadas ao longo de todo trabalho, as seguintes conclusões puderam ser obtidas:

1 - Após a disponibilização dos modelos SRTM os processos de mapeamentos tenderam a ser realizados de forma mais rápida, otimizando tempo da pesquisa e diminuindo custos.

2 – Os modelos de elevação permitiram o cálculo de variáveis topográficas com rapidez, identificação de formas de relevo e de estruturas que talvez não seriam discriminadas pela vegetação em imagens ópticas.

3 - A morfologia da área foi melhor visualizada ao sobrepor as curvas de nível, pois sem as mesmas, como houve uma tendência maior de uma classe na área selecionada para a aplicação do estudo, ficou mais difícil visualizar as nuances do relevo.

4 – A metodologia aplicada permitiu que a análise em escala regional fosse realizada com um nível de detalhe muito superior comparados aos mapeamentos que não utilizam este tipo de tecnologia.

Desta forma, pode se perceber neste trabalho que a utilização do modelo SRTM e do Sistema de Informações Geográficas permitiu que o mapa geomorfológico pudesse ser visualizado tridimensionalmente com maior detalhe, fator até então limitado pela visualização bidimensional. Acredita-se assim que com o avanço da geotecnologia novos dados da mesma natureza do SRTM serão futuramente disponibilizados com melhores resoluções permitindo que novas interpretações sobre o relevo brasileiro e o avanço significativo das metodologias de mapeamento geomorfológico.

5 - AGRADECIMENTO

Agradeço ao doutorando em geologia Bruno Mendes por todo apoio no processo de construção dos mapas.

6 – REFERÊNCIAS

CGIAR-CSI. Disponível em: www.cgiar.com. Acesso realizado em 05/04/2010.

CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. Geomorphology. Methuen & Co. LTDA, London. 605p. 1984.



DICIONÁRIO MICHAELIS MODERNO DA LÍNGUA PORTUGUESA. Disponível em:
www.dicionarionline.com.br. Acesso realizado em 16/04/2010.

MEIS, M. R.; MIRANDA, L. H. G. & FERNANDES, N. F. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: SBG. 4:1489-1509. Salvador, 1982.

SILVA, T. M. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 265p. 2002.

TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântica Central. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo. n. 31. p. 3-4. 1959.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998.