

Elaboração de modelos digitais do terreno a partir de dados SRTM: uma aplicação aos estudos geomorfológicos do Parque Nacional Serra da Capivara e circunvizinhanças, Piauí – Nordeste do Brasil

Tiago Henrique de Oliveira

Graduando do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE - *thdoliveira5@gmail.com*

Danielle Gomes da Silva

Doutoranda do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE - *dannyavlis@yahoo.com.br*

Antonio Carlos de Barros Corrêa

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE - *dbiase2001@terra.com.br*

Janaina Carla dos Santos

Doutora em Geologia/UFPE - *janainasc@gmail.com*

Alcina Magnólia Franca Barreto

Professora Adjunta do Departamento de Geologia/UFPE - *alcina@ufpe.br*

Kenitiro Suguio

Instituto de Geociências/ USP e Centro de Pós-graduação, Pesquisa e Extensão/UnG

Josiclêda Domiciano Galvêncio

Professora Adjunta do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE – *josicleda@hotmail.com*

Resumo

Para o estudo de depósitos quaternários fortemente subordinados ao relevo, como na área do Parque Nacional Serra da Capivara torna-se necessário a identificação de áreas fontes com predomínio de sedimentação. Assim, o presente trabalho procurou identificar os possíveis *loci* deposicionais de sedimentos quaternários de encosta a partir do uso de dados de geoprocessamento trabalhados no software Surfer 8. Os dados produzidos, de caráter morfométrico, podem constituir como uma ferramenta auxiliar às metodologias de pesquisa de campo, uma vez que propiciam uma melhor identificação de áreas potencialmente armazenadoras dos sedimentos quaternários em ambientes de encosta e fluviais de alta energia, além de permitir a definição de áreas com inversão local do relevo, ou seja, antigas áreas deposicionais atualmente convertidas em áreas fonte. Para a elaboração do trabalho foi utilizado dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) obtidos através de acesso à página da Embrapa Brasil visto do espaço disponível na articulação compatível à escala de 1:250.000 (IBGE) das cartas SB.23-X-B e SC.23-X-D. Afim de que os dados pudessem ser manipulados no *software* Surfer 8 fez-se necessário a conversão do arquivo SRTM pelo *software* Microdem do formato tiff para o formato XYZ. Em seguida foi realizado o recorte dos dados SRTM às coordenadas dos respectivos postos e interpolaram-se as isolinhas usando o método da krigagem, obtendo-se assim o modelo digital de terreno (MDT) das respectivas áreas de estudo. Os dados topográficos de detalhe, que propiciaram a construção de MDTs, permitiram a identificação de pequenas feições morfoesculturais de erosão e sedimentação, dentre os quais se destaca como feições predominantes os anfiteatros com morfologia côncava e convexa vinculados às cabeceiras de drenagem, ocorrendo em todos os compartimentos morfoestruturais do Parque. Os resultados indicam que em comparação com o mapa geomorfológico existente, elaborado por métodos tradicionais de fotointerpretação e análise da carta topográfica da Sudene a 1:100.000, identificou-se um número muito superior de áreas deposicionais potenciais prescritivas pela fonte. A utilização destes dados pode tornar mais expedito o controle de campo, assim como revelar inversões da topografia, como a transformação de páleo-canais em rampas pedimentares.

Palavras-chave: Análise morfométrica, Modelagem tridimensional, Inversão do Relevo, Geoprocessamento, Depósitos Quaternários.

Abstract:

For the study of Quaternary deposits, strongly controlled by landforms, as in the area of Serra da Capivara National Park, it becomes necessary the identification of sediment source and depositional areas. Thus, the present work sought to identify the possible depositional loci of Quaternary hillslope sediments based on the use of digital data analyzed with the software Surfer 8. The produced morphometric data may constitute an auxiliary tool to field surveying methodologies once they provide a better assessment of potential Quaternary sediment storage areas, mainly in hillslope and high energy fluvial environments. Output data may also assist in the definition of local relief inversion areas. The study was conducted with the support of SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) data obtained at EMBRAPA webpage, which rendered topographic maps compatible with IBGE's 1:250.000 charts SB.23-X-B and SC.23-X-D. In order that data could be manipulated with Surfer 8 software, SRTM files were converted from .tiff to XYZ format with the assistance of software MicroDem. Following, SRTM files were adjusted to the surveyed plots coordinates and contour maps and digital terrain models (DTM's) were created using the "krigging" interpolation system. Detailed topographic data, which permitted the construction of DTM's, helped on the identification of small erosive and sedimentation features, among which first order concave or convex catchment hollows prevailed in all morphostructural contexts within the National Park. Results indicate that compared to the existing geomorphologic map of the area, elaborated by conventional cartographic techniques, a much higher number of depositional areas were identified. The usage of these automated data may help expedite fieldwork as well as assist in the identification of topographic inversions, such as the transformation of paleo-channels into pediment ramps.

Keywords: Morphometric analysis, Three-dimensional modeling, Relief inversion, Geoprocessing, Quaternary deposits.

Introdução

As paisagens tropicais se destacam por apresentarem, entre outras características marcantes, uma significativa cobertura do relevo por materiais inconsolidados (regolito). O regolito é proveniente da alteração do substrato rochoso. Nas porções mais altas e planas do relevo sua remobilização é mínima sendo classificados como elúvio. Caso existam encostas o material eluvial pode ser remobilizado. O transporte de material não é feito diretamente das altas para as baixas altitudes, essa realocação de material é feita ao longo do tempo e representa o registro da recorrência de processos relacionados a fluxos gravitacionais que provocam instabilidade e a nova remobilização desse material. Este encadeamento possibilita a formação de sucessivas camadas superpostas de depósitos de encosta, promovendo o armazenamento do material dentro do sistema, ou mesmo carreamento de parte deles até a calha de drenagem (Warker, 2007 apud Santos, 2007).

Essa dinâmica na superfície da paisagem é responsável pela produção de sedimento, regolito e sua posterior remobilização e deposição. A mesma está intimamente relacionada às intensas variações climáticas ocorridas durante o

Quaternário que provocaram profundas modificações nas paisagens da superfície terrestre. As flutuações ambientais provocaram contínuas alterações nos processos de intemperismo e de pedogênese, nos regimes fluviais, nos níveis oceânicos, que resultaram em transformações importantes da estrutura superficial das paisagens globais e sua morfogênese (Moura, 1996).

O Quaternário continental do Parque Nacional Serra da Capivara é pouco conhecido, sobretudo no que tange à distribuição espacial dos sedimentos e sua relação com as formas de relevo que estruturam. Assim, o presente estudo procurou identificar os possíveis *loci* deposicionais de sedimentos quaternários de encosta a partir do uso de dados de geoprocessamento trabalhados no software Surfer 8. Os dados produzidos, de caráter morfométrico, constituem uma ferramenta auxiliar às metodologias de pesquisa de campo, propiciando uma melhor identificação de áreas potencialmente armazenadoras dos sedimentos quaternários de encosta e fluviais de alta energia.

A área de estudo

O Parque Nacional Serra da Capivara e circunvizinhanças abrangem áreas pré-cambrianas da Faixa de Dobramento Riacho do Pontal que pertencem à Província Borborema (subzona de cisalhamento Barra do Bonito) e rochas paleozóicas dos grupos Serra Grande e Canindé, da Bacia do Parnaíba sendo que a maior parte da área de estudo está situada na área da bacia sedimentar.

Segundo Pellerin (1984 *apud* Santos, 2007), podem ser reconhecidas três unidades geomorfológicas na área do Parque Nacional: planalto arenítico, *cuesta* e pedimento. O planalto arenítico está situado a noroeste do Parque Nacional Serra da Capivara, sendo formado por chapadas modeladas no reverso da *cuesta* em arenitos dos grupos Serra Grande e Canindé. O relevo é regular com altitude de até 630m (Figura 01).

A *cuesta* foi modelada em rochas predominantemente areníticas do Grupo Serra Grande e situa-se no centro do Parque Nacional. Apresenta de 3 a 7km de extensão, com tabuleiro intermediário e chega a 550m de altitude. O pedimento constitui vasta área predominantemente erosiva, situada no sopé da *cuesta*, que se inclina suavemente a partir dos bordos da *cuesta* rumo à calha central do Rio Piauí, onde afloram rochas da Faixa de Dobramento Riacho do Pontal. Neste setor destacam-se ainda, os *inselbergs* de

granito e gnaiss sobressaindo-se dos relevos planos (pedimentos) estruturados em micaxisto além de serrotes alongados de calcário cristalino.

Segundo a classificação climática de Köppen a área de estudo está localizada em área de predomínio do clima BShw, ou seja, Clima semi-árido quente, com chuvas ocorrendo no verão e médias anuais inferiores a 700mm. Segundo Empeaire (1980), a temperatura média anual na área é de 28°.

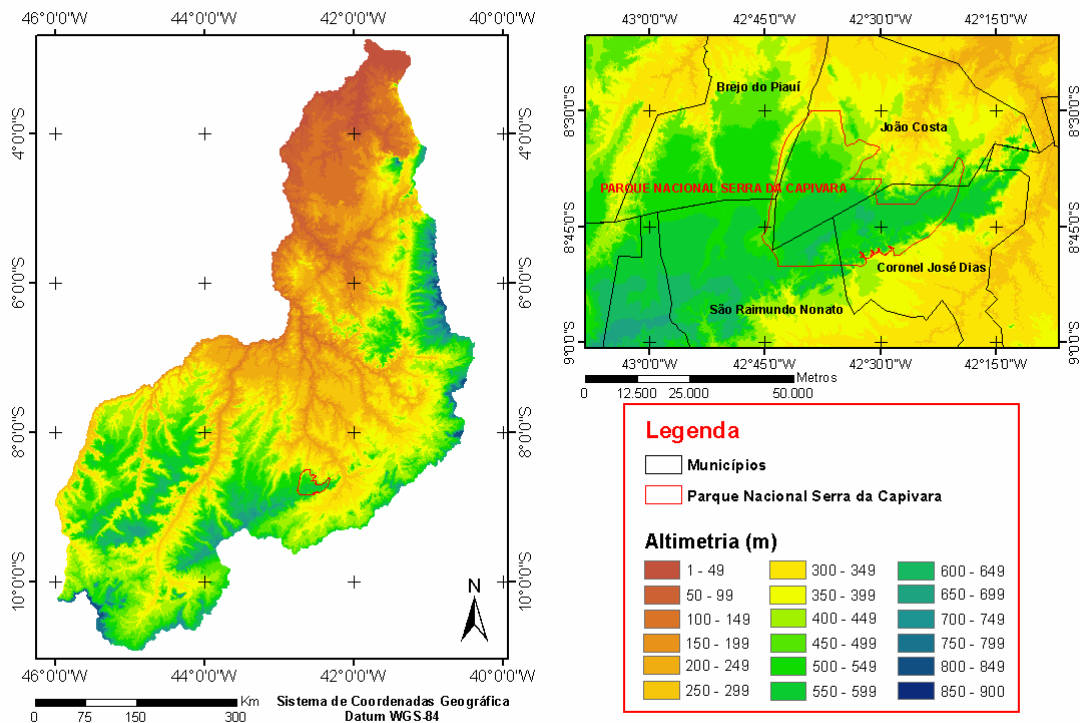


Figura 01 – Localização da área de estudo em relação ao mapa hipsométrico do estado do Piauí.

Material e Método

Para a elaboração deste trabalho foi necessário realizar o download do dado SRTM da página Brasil em alto relevo da EMBRAPA com o formato tiff e articulação compatível na escala 1:250.000. Vale ressaltar que a elaboração de Modelos Digitais de Superfície com escalas pequenas resulta em uma maior generalização da superfície, causando uma suavização do terreno. Logo se tornou de extrema importância realizar a interpolação em diversas sub-áreas, obtendo-se assim uma maior riqueza de detalhes. A

escala adotada para a construção dos modelos foi 1:20.000, representando células de 1000m² na superfície real.

Foi necessário realizar a correção dos dados SRTM tendo em vista que os mesmos podem apresentar valores negativos em algumas situações, como a presença de grandes corpos hídricos. Para isto foi utilizada a função Topographyc - Replace Bad Values do software ENVI 4.3 (licença do Laboratório de Geografia Física Aplicada da UFPE). Como valores de correção da SRTM foram adotados -999999999..... para o mínimo e 0 para o máximo como proposto por Valeriano (2004). O dado também foi convertido do formato tiff para o formato ASCII XYZ através do software Microdem. Após a conversão foi possível elaborar o MDE através do software Surfer 8, no qual os dados foram interpolados através do método da Krigagem.

Para este trabalho o método da krigagem mostrou ser o mais aplicado para a elaboração dos MDE devido a uma melhor visualização das encostas e a sua capacidade de lidar com variações espacialmente aleatórias, como as causadas por erros (VALERIANO, 2004). Após a escolha do método foi realizado o recorte das áreas de estudo de acordo com as coordenadas das coletas de campo, de modo que todos os MDE apresentassem escala de 1:20.000. Através da fusão do MDE e das setas indicativas do sentido de caimento da superfície, foi possível a visualização dos fluxos de sedimentos como proposto por Oliveira *et al* (2007). Para uma melhor visualização foi aplicado um exagero vertical de ordem de 1,50.

Resultados

Atualmente as geotecnologias têm demonstrado ser de extrema importância para os mais diferentes campos das ciências. Para a análise geomorfológica a implantação de sistemas de radar com resoluções cada vez melhores demonstra ser uma grande aquisição. A utilização dos dados topográficos de detalhe, possibilitando a construção do MDE, permite o fornecimento de indícios de possíveis áreas de estocagem de sedimentos a partir da interpretação das zonas deposicionais em função de sua morfologia côncava ou convexa, e da existência de áreas prioritárias de convergência dos fluxos superficiais. Os antigos dados RADARSAT-1, devido à resolução quilométrica, não privilegiavam a análise mais detalhada do modelado terrestre, no entanto com a recente difusão dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 90 metros, pela NASA (National Aeronautics and Space

Administration) a elaboração e utilização dos Modelos Digitais de Elevação para a análise geomorfológica sofreu um grande avanço.

O reconhecimento e a caracterização da cobertura sedimentar quaternária na área do Parque Nacional Serra da Capivara e circunvizinhanças foi realizado por Santos (2007) através do mapeamento morfoestrutural balizado nas fotografias aéreas em escala 1:25.000, cartas topográficas da SUDENE a 1:100.000 e imagens do satélite ASTER bandas 3a e 3b. A integração destes dados permitiu que a autora estabelecesse ambientes deposicionais relacionados a duas unidades geomorfológicas distintas: cuevas e pedimentos, respectivamente.

Entretanto, os dados topográficos de detalhe, que propiciaram a construção de MDTs, permitiram a identificação de pequenas feições morfoesculturais de erosão, dentre as quais se destacam os anfiteatros com morfologia côncava e convexa vinculados a cabeceiras de drenagem, onde sua ocorrência foi evidenciada em todos os compartimentos morfoestruturais estudadas por Santos (op.cit.). A geometria destes compartimentos representa zonas de concentração de escoamento superficial e subsuperficial que se dispersam radialmente para as encostas, formando rampas coluviais, feição esta que possibilita a reconstituição dos processos que contribuíram para a evolução da paisagem (Figuras 02 a 09).

Outro aspecto observado através da construção dos MDTs leva em consideração as áreas de coleta de amostras para análise geocronológicas realizada por Santos (2007). Devido à escala inadequada das bases cartográficas utilizadas, algumas estações de coletas escolhida pela autora não correspondem às feições originais do relevo (Figuras 03, 04, 05, 06). Sendo assim, percebe-se que as imagens dos satélites mais comumente utilizadas não favorecem a escala de interpretação da deposição sedimentar recente, tendo em vista que, o Quaternário continental do Nordeste é pouco conhecido, sobretudo no que tange à distribuição espacial dos sedimentos e sua relação com as formas de relevo.

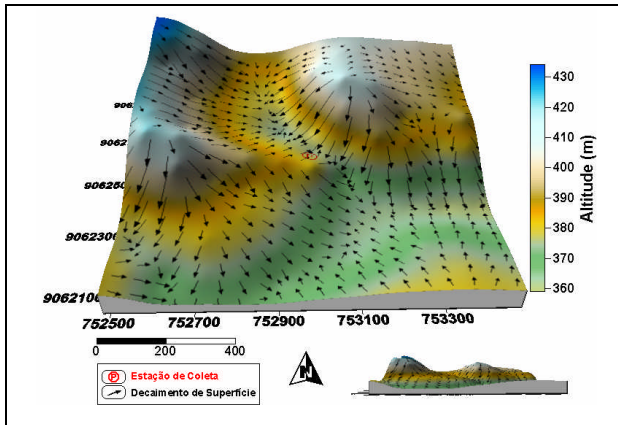


Figura 02 – MDT da estação de coleta sc10. Cabeceira de drenagem côncava do tipo *hollow*, com recobrimento coluvial. A área de coleta foi um sítio arqueológico (Santos, op.cit)

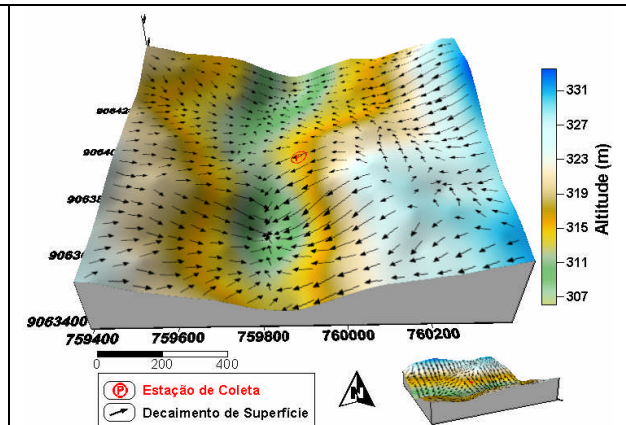


Figura 03 – MDT da estação de coleta sc13. Encosta estruturada em colúvio classificado por Santos (op.cit) como um vale.

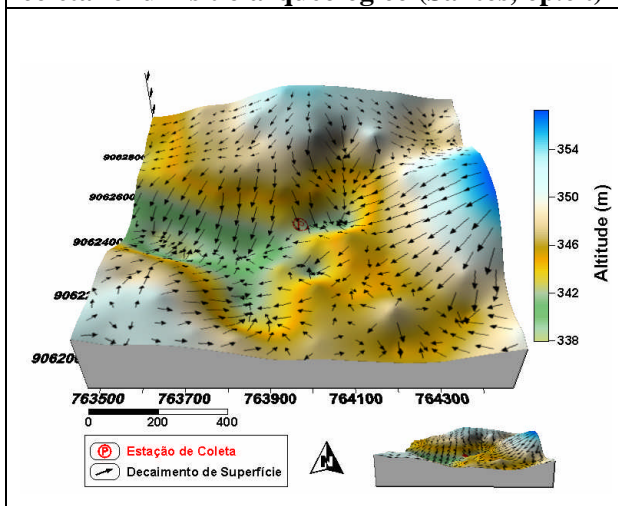


Figura 04 – MDT da estação de coleta sc17. Depósito coluvial classificado por Santos (op.cit) como depósito aluvial.

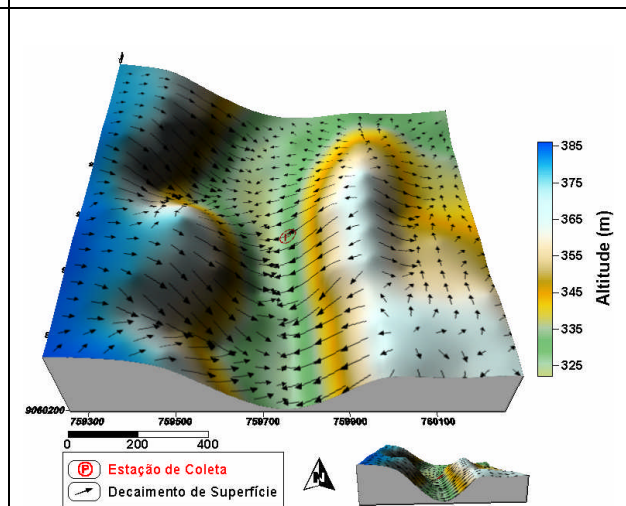


Figura 05 – MDT da estação de coleta sc21. Depósito alúvio-coluvial classificado por Santos (op.cit) como coluvial.

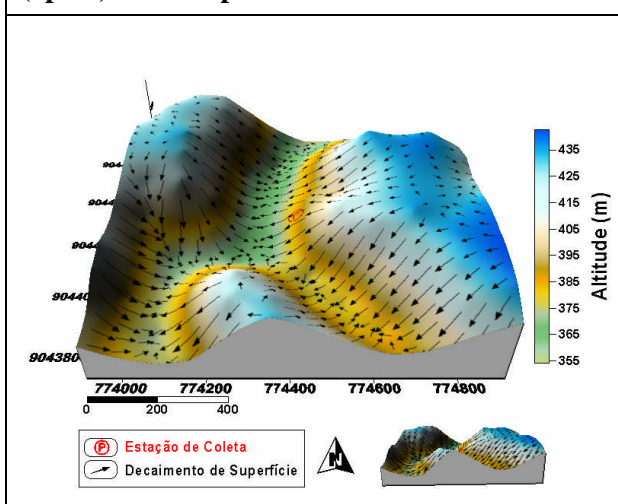


Figura 06 – MDT da estação de coleta sc43. Encosta coluvial classificada por Santos (op.cit) como cabeceira de drenagem.

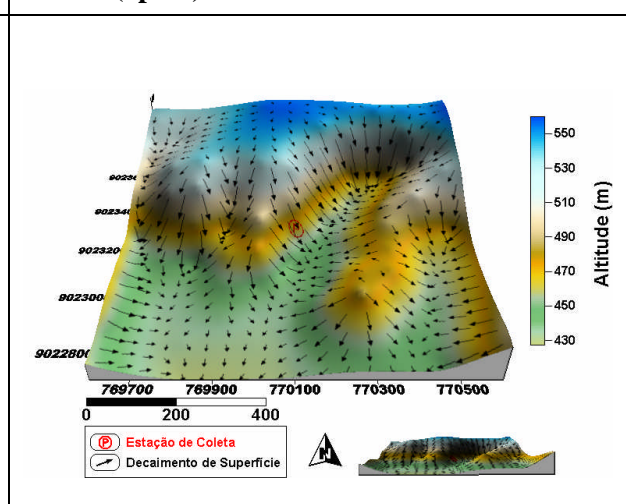


Figura 07 – MDT da estação de coleta sc49. Encosta estruturada em colúvio. (Santos, op.cit).

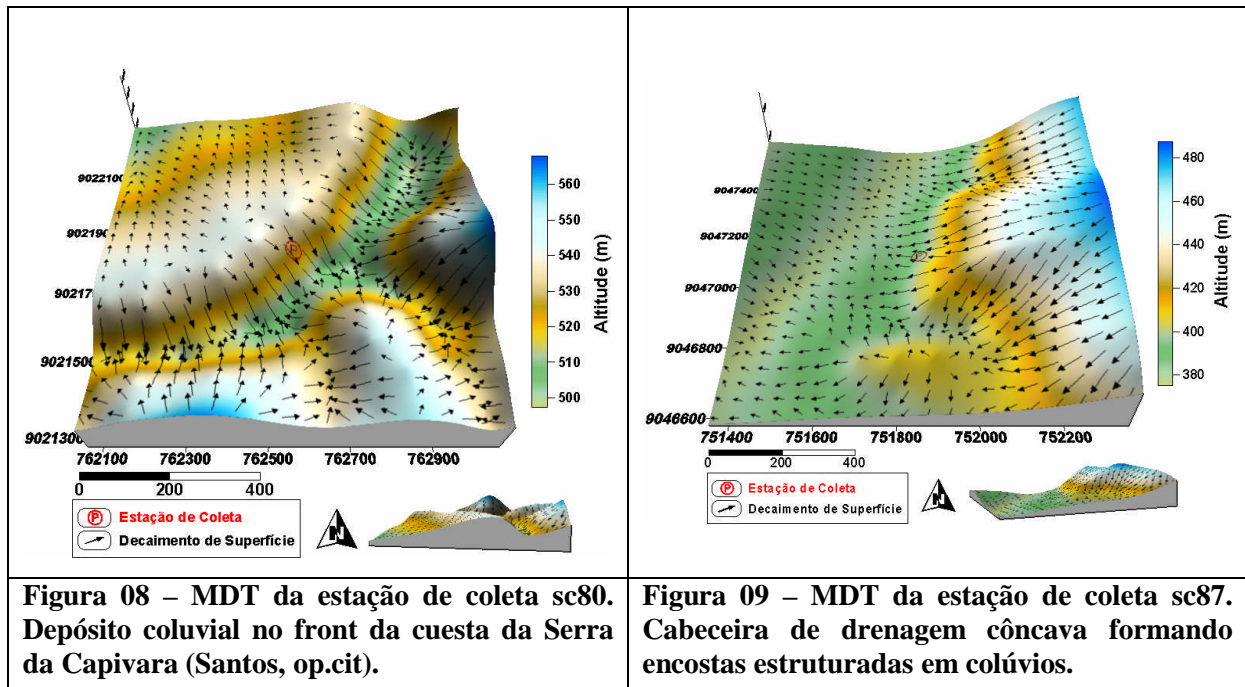


Figura 08 – MDT da estação de coleta sc80. Depósito coluvial no front da cuesta da Serra da Capivara (Santos, op.cit).

Figura 09 – MDT da estação de coleta sc87. Cabeceira de drenagem côncava formando encostas estruturadas em colúvios.

Considerações Finais

A utilização de dados topográficos de detalhe possibilitou a construção de MDT's do Parque Nacional Serra da Capivara, permitindo o fornecimento de indícios de possíveis áreas de estocagem de sedimentos em função de sua morfologia côncava ou convexa, e da existência de áreas prioritárias de convergência dos fluxos superficiais podendo ser identificadas através de utilitários do Surfer 8.

Através da fusão do MDT e das setas indicativas do sentido de caimento da superfície é possível a visualização do sentido preferencial dos fluxos de sedimentos. Os resultados indicam que em comparação com o mapa geomorfológico existente, elaborado por métodos tradicionais de fotointerpretação e análise da carta topográfica da Sudene na escala 1:100.000, identificou-se um número superior de áreas deposicionais potenciais prescritivas pela fonte.

Assim, a interpretação de formas topográficas potencialmente armazenadoras de sedimentos quaternários por meio de dados SRTM representa uma ferramenta importante para a interpretação geomorfológica do Parque, e verticalização da pesquisa geomorfológica na área.

Referências

EMPERAIRE, L. Le climat. In: La caatinga du sud-est du Piauí (Brésil): Etude ethnobotanique. 1980, p. 11-27. Tese (Doutorado de Terceiro Ciclo). Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris.

MOURA, J. M. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (org). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

OLIVEIRA, T. H. et al. Utilização de ferramentas de geoprocessamento para a identificação de sedimentação quaternária de encosta sobre os compartimentos elevados do Planalto da Borborema, nordeste do Brasil a partir de dados SRTM. XI Congresso da ABEQUA, 2007, Belém do Pará. Anais do XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA. Belém: Museu Goeldi, 2007. v. 1. CD-ROM

PELLERIN, J. Les bases physiques. In: L'aire archéologique du sud-est du Piauí. In: GUIDON, N. (org). Ed. Recherche sur les Civilisations, Paris, p.11-22. 1984.

SANTOS, J. C. O Quaternário do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil: Morfoestratigrafia, Sedimentologia, Geocronologia e Paleoambientes. Recife, 2007. 172p. Tese de Doutorado – DGEO, UFPE.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: INPE, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

Site:

Brasil em alto relevo – EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm> - Acesso em 27 de dezembro de 2007.

Site:

SRTM Data Search – CGIAR-CSI

<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> - Acesso em 05 de março de 2008