

Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (GO) utilizando imagens ASTER

Luiz Eduardo Giacomolli Machado¹
Cláudia Valéria de Lima¹

¹Universidade Federal de Goiás – UFG
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG
Caixa Postal 131- 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil
luizeduardo_machado@hotmail.com; claudia@iesa.ufg.br

Abstract. This paper describes the use of ASTER's elevation models for the geomorphological partitioning of the Rio Vermelho basin, the western state of Goiás. For this, the ASTER images related to the study area were downloaded from the NASA's web address, mosaicked, reprojected to UTM, to enable the automatic extraction of the limit of the basin in the software ArcGIS 9.3. Cropped the image, a topographic profile was drawn up in the extension 3D Analyst, Surface Analysis, Arcgis 9.3, for the main channel of the Rio Vermelho through its vectorization, to distinguish three sections of relief represented by depression, the contact zone and plateau, called in this article of low, middle and upper basin of the Rio Vermelho. For each section of the basin was prepared a profile, allowing analysis of lithological influence on the modeled strands and drainage in each compartment. The topographic profile allows the visualization of terrain profile and its relationship with the slope, elevation and length of the main river. The watershed is the natural unit of work in geomorphology, and functions as basic level scale, allowing us to understand the spatial-temporal variations of the morphogenic processes driven by the flattening of the relief. Thus, the advent of Digital Elevation Models (DEM) represented a great leap in geomorphological studies, because it's allows the calculation of topographic variables quickly.

Palavras-chave: watershed, topographical profiles, subdivision relief, bacia hidrográfica, perfis topográficos, compartimentação do relevo.

1. Introdução

A disponibilização dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) para a América do Sul abriu um amplo leque de possibilidades em estudos geomorfológicos. Entre outras atribuições, permitem o cálculo de variáveis topográficas com rapidez, como a declividade e altimetria, além da identificação de formas, rugosidade e estruturas do relevo (Grohmann et al., 2008). Somam-se a esses produtos, a extração da rede de drenagem, a delimitação de bacias hidrográficas, a elaboração de perfis topográficos, delimitação de áreas de APP entre outros. Estes elementos fornecem subsídios e prioridades para os trabalhos de campo, além de contribuir no planejamento territorial.

Em termos gerais, os MDE são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel (Valeriano, 2004). Destacam-se os MDE SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*).

A missão SRTM foi realizada em conjunto pelas agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLG) e Itália (ASI) em 2000 para mapear o relevo da área continental da Terra com interferometria de radar de visada lateral (*Side-Looking Airborne Radar* - SLAR). O princípio da SLAR é que a altitude de um ponto na superfície terrestre pode ser determinada a partir da diferença de fase entre reflexões de um mesmo sinal de radar captado por dois receptores distantes um do outro. Isso permitiu coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre, através de interferometria. O resultado das técnicas empregadas na missão SRTM foi a geração de MDE com resolução espacial de aproximadamente 90 metros (Valeriano, 2004).

Os produtos do sensor ASTER são outro exemplo de imagens geradoras de MDE. Esse imageador multiespectral foi lançado a bordo da espaçonave Terra em dezembro de 1999 e cobre uma região espectral do visível ao infravermelho termal através de 14 bandas distribuídas entre os subsistemas VNIR (*visible and near-infrared*), SWIR (*short wave infrared*) e TIR (*thermal infrared*) (Camargo, 2008). O VNIR, SWIR e TIR possuem resoluções espaciais de 15, 30 e 90 metros, respectivamente. Um projeto entre a NASA e o Ministério do Comércio do Japão em 1999 gerou para 99% da superfície do planeta um modelo topográfico, denominado ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Model*), disponibilizado no endereço eletrônico da NASA (<https://wist.echo.nasa.gov/wist>).

O ASTER GDEM, com 30 metros de resolução espacial, é gerado segundo os princípios de interferometria de radar de visada lateral, assim como nas imagens SRTM. Adicionalmente à visada vertical, o sistema possui um segundo sensor visando para trás da mesma órbita, que registra só no espectro do infravermelho próximo (IVP), o qual permite gerar, por estereoscopia junto à banda nadiral no IVP, o MDE (Camargo, 2008).

Desde o advento das imagens SRTM e ASTER, o uso de MDE em estudos de bacias hidrográficas tem crescido muito. Isso acontece porque a bacia hidrográfica é a unidade natural de trabalho em geomorfologia, e funciona como nível escalar básico, permitindo compreender as variações espaço-temporais dos processos morfogênicos dinamizados pelo aplainamento do relevo (Vitte, 2005). Segundo Tucci (1993), a bacia hidrográfica representa uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Constitui um sistema aberto na medida em que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e materiais dissolvidos exportados pela bacia no seu ponto de saída (Guerra & Cunha, 1998).

Dessa maneira, o presente trabalho versa sobre a utilização dos modelos de elevação ASTER para a compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho. Para isso, serão elaborados perfis topográficos para o canal principal do Rio Vermelho de maneira a individualizar três secções do relevo dado às quebras geológicas. Para cada secção foi elaborado um perfil, possibilitando análises de influência litológica no modelado das vertentes e da drenagem.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Vermelho, com uma área de 10.824,6 Km², localiza-se na região oeste do Estado de Goiás e se estende entre os paralelos 14°55' e 16°20' Sul e os meridianos 50°00' e 51°30' Oeste. Abarca parte dos limites municipais de Aruanã, Goiás, Matrinchã, Britânia, Jussara, Santa Fé de Goiás, Fazenda Nova, Novo Brasil, Buriti de Goiás e Faina e abrange totalmente o município de Itapirapuã (figura 1).

O Rio Vermelho percorre uma extensão de 404,9 Km, desde sua nascente até a confluência com o Rio Araguaia, junto à cidade de Aruanã, GO. Entre os principais afluentes, pela margem direita tem-se o Rio dos Bugres e Rio Ferreira, enquanto que pela margem esquerda destacam-se o Ribeirão da Água Limpa, Ribeirão Samambaia, Rio Itapirapuã, Ribeirão do Capim, Ribeirão da Bocaína e o Rio Uva.

A região do Rio Vermelho apresenta clima Tropical Semi-úmido (IBGE, 1999), com presença de um período chuvoso, entre os meses de outubro e março, e um período seco, entre os meses de maio e setembro. A temperatura média varia de 24 a 26°, com mínimas entre 18 e 21°, e máxima entre 28 e 34°. A pluviosidade anual dessa região varia de 1500 a 1800 mm, com insolação solar total anual de 2200 a 2500 horas, e umidade média relativa do ar entre 70 e 75 %, alcançando valores muito baixos nos meses de seca (INMET, 1990).

Segundo Nascimento (1992), a bacia do Rio Vermelho une-se, em aclave, pelo Planalto

do Alto Tocantins-Paranaíba e em declive à superfície rebaixada da Depressão do Araguaia. O contato entre essas duas unidades do relevo revela um grande número de reenclanças, saliências e relevos residuais na planície, evidenciando o papel da erosão na modelagem desse terreno no tempo geológico. Segundo a classificação geomorfológica proposta por Goiás (2006) para o Estado de Goiás e Distrito Federal, a bacia do Rio Vermelho caracteriza-se pela presença de uma grande faixa sentido NO-SE denominada Superfície Regional de Aplainamento (SRA) desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas, com superfícies planas, horizontalizadas, de altitude média a baixa, resultantes da ação erosiva no tempo geológico. Encontram-se frequentemente dissecadas e degradadas, mais ou menos soerguidas, subsistindo na paisagem como interflúvios planos ou de topografia acidentada correspondentes a cristas e divisores de água (Peulvast & Sales, 2002).

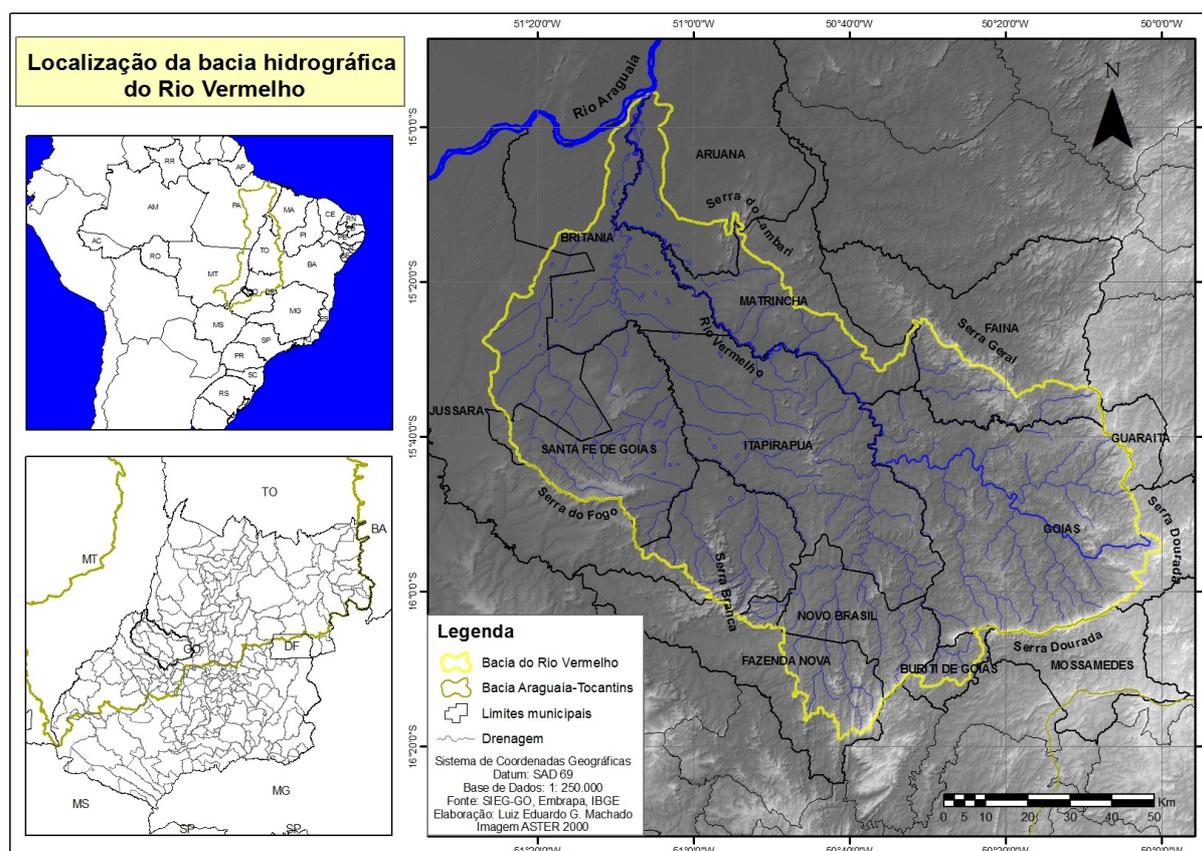


Figura 1: Mapa de localização da área da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás.

Segundo Goiás (2008), a maior parte da bacia do Rio Vermelho (porção noroeste) desenvolve-se sobre a Formação Araguaia. Esta formação compreende sedimentos não-seleccionados do sistema da bacia do Rio Araguaia, tendo uma matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas de granulometria e colorações variadas, recoberta por solos laterizados. Nessa porção o relevo apresenta vertentes longas, baixa declividade, não ultrapassando 8%, cotas altimétricas entre 220 e 300 metros, dissecação muito fraca do relevo e drenagem com padrão meandriforme no percurso final do Rio Vermelho com sistemas lacustres associados. Ainda na porção noroeste da bacia, os depósitos aluvionares se associam à rede de drenagem que flui sobre o embasamento cristalino. Os depósitos compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de

inundação, compostos por areias finas a grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa (restos vegetais).

A porção centro-sul da bacia do Rio Vermelho desenvolve-se principalmente sobre o chamado Complexo Plutônico do Arco Magmático de Goiás, Unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás, representado por ortognaisses tonalíticos a granodioríticos bandados, cinza a róseos, médios a grossos. Apresenta cotas entre 300 e 450 metros, dissecação média e uma morfologia mais acidentada.

Uma grande faixa denominada Grupo Goiás Velho desenvolve-se na região da Serra de São Francisco, se estendendo até a Serra Geral. Esta é uma associação do tipo *Greenstone belt*, representada por xisto verde, serpentinito, talco xistoso e metabasalto. A porção leste abarca o Complexo Uvã, composto de restos de corpos batolíticos gnaissificados além de corpos tabulares maciços a foliados de tonalito, monzogranito e granodiorito que contornam os núcleos de gnaisses (Goiás, 2008). Com cotas entre 700 e 800 metros, dissecação forte e relevo bastante movimentado, algumas feições positivas na forma de serras, colinas e domos, se elevam sobre o nível geral das superfícies de aplainamento devido à sua resistência à erosão das rochas do Complexo Uvã.

No que tange às classes de solos, a bacia do Rio Vermelho contempla um complexo mosaico pedológico (IBGE, 1999) com o predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelhos laterizados na porção noroeste (região da Formação Araguaia); Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos no centro-leste da bacia; Neossolos Litólicos nas áreas acidentadas das serras Dourada, Geral e São Francisco; Gleissolos ocorrem nas planícies de inundação do Rio Vermelho, Ribeirão Água Limpa e Ribeirão Samambaia.

Segundo o mapeamento da cobertura vegetal do estado de Goiás, resultante do PDIAP (Programa de Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação da Bio-Geodiversidade no Estado de Goiás - 2002) (Scaramuzza et al., 2008), a fitofisionomia com área remanescente mais significativa na bacia do Rio Vermelho é a Savana Arborizada (Cerrado Denso, Típico, Ralo e Rupestre). Esse tipo de vegetação está localizada principalmente em relevos acidentados próximo a Serra de São Francisco. Junto às margens do Rio Vermelho, na parte final do canal, observa-se a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, formação que ocupa os terraços e planícies ao longo desse curso d'água. Outra fitofisionomia com destaque é a Savana Florestada (Cerradão), localizada em pequenos fragmentos na porção média da bacia.

3. Materiais e Métodos

O MDE ASTER obtido do endereço eletrônico da NASA foi projetado para UTM (Projeção Transversa de Mercator), zona 22 Sul, Datum SAD 69, formato GRID no software ArcGis 9.3. Em seguida ocorreu a delimitação automática da bacia do Rio Vermelho, ArcGis 9.3, extensão "*Watershed Delineation Tools*" e "*Hydrology*". Esta extensão utiliza o MDE ASTER para procedimentos como eliminação de reentrâncias e saliências do MDE (*Fill Sinks*), produção do mapa de fluxo (*Flow Direction*), elaboração do mapa de fluxo acumulado (*Flow Accumulation*), mapeamento da rede de drenagem (*Stream Networks*) e, por fim, a delimitação da bacia hidrográfica (*Watershed Delineation*) (Paz & Collischonn, 2008).

Problemas com MDE são detectados em áreas de baixa declividade como áreas alagadas e áreas muito planas com dossel vegetal (Grohmann et al., 2008), caso da região da Formação Araguaia, baixa bacia do Rio Vermelho. Dessa maneira, a manipulação dos dados ASTER também proporcionou a elaboração de cartas de apoio para algumas correções no limite gerado automaticamente. Cartas de declividade (*Slope*), altimetria e sombreamento do relevo (*Hillshade*), na escala de 1:100.000, foram sobrepostas e edições aplicadas. Estas cartas resultam da compilação e manipulação através do software ArcGis 9.3, extensão *3D Analyst, Surface Analysis*. O *Hillshade*, em especial, associado aos mapas temáticos por meio

de transparência, é uma importante ferramenta para visualizar contatos litológicos e feições estruturais. O realce do relevo, através da simulação de diferentes ângulos de iluminação, proporcionou o sombreamento no relevo, dando a impressão de concavidade e convexidade, permitindo a identificação de feições estruturais, contatos litológicos, superfícies de aplainamento, áreas de morros e colinas, além de possibilitar a identificação de padrões diferenciados de dissecação, feições planares e tabulares do relevo.

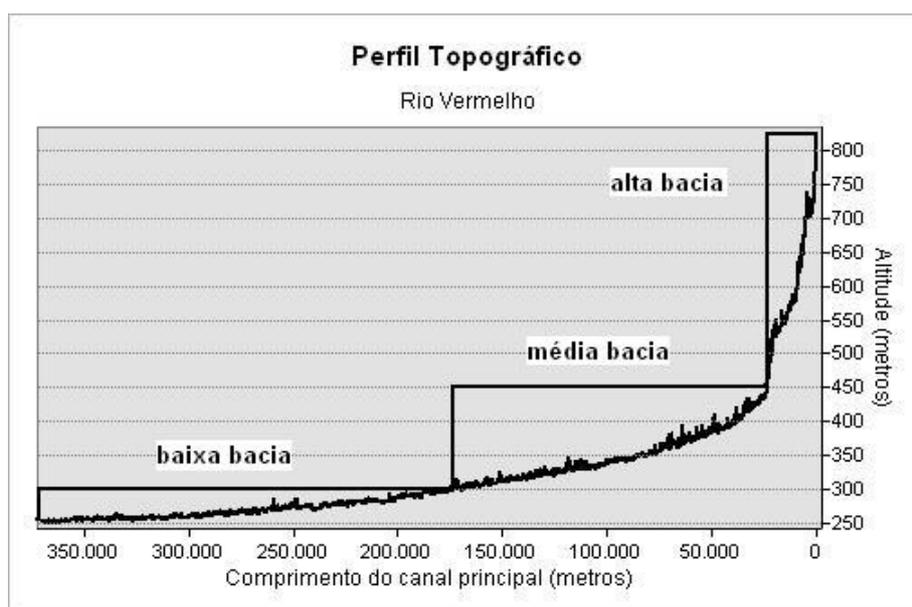
Os perfis topográficos para a bacia do Rio Vermelho foram elaborados na plataforma ArcGis 9.3, extensão *3D Analyst, Interpolate Line, Create Profile Graph*. A vetorização do canal principal do Rio Vermelho permitiu a visualização e individualização de três secções do relevo dada às quebras geológicas. Para cada secção foi elaborado um perfil, possibilitando análises de influência litológica no modelado das vertentes e da drenagem.

4. Resultados e Discussões

A partir da elaboração do perfil topográfico ou longitudinal do canal do Rio Vermelho foi possível distinguir três secções representadas pela depressão, zona de contato e o planalto, denominados neste trabalho de baixa, média e alta bacia do Rio Vermelho. O perfil topográfico é uma representação gráfica nos planos cartesianos de um corte vertical do terreno que vai de um ponto A até B segundo a direção de um corte previamente escolhido. Permite a visualização das quebras do relevo, além de mostrar a declividade e a relação entre a altimetria e o comprimento do curso d'água principal.

Nascendo em relevos acidentados da Serra Dourada (a 830 metros de altitude), o Rio Vermelho percorre um trajeto de, aproximadamente, 400 km de extensão, até alcançar o Rio Araguaia, a 250 metros do nível do mar. Quando alcança o patamar de 450 metros, observa-se uma quebra significativa no seu perfil, revelando mudanças litológicas e geomorfológicas bruscas. A amplitude altimétrica do canal principal, resultado da diferença entre a elevação máxima e a elevação mínima, é de aproximadamente 580 metros (gráfico 1).

Gráfico 1: Perfil topográfico do canal principal do Rio Vermelho.



Fonte: ASTER (1999)

Já o perfil E-F, na alta bacia, representa os patamares mais elevados da bacia do Rio Vermelho, região de divisores de água e cabeceiras de drenagem. Observa-se a ocorrência de formas de relevo denominadas Hogbacks na Serra Dourada, geradas pela sucessão de camadas rochosas com inclinação superior a 30°. O gradiente altimétrico chega a 550 metros.

Gráfico 2: Perfil topográfico entre os pontos A e B.

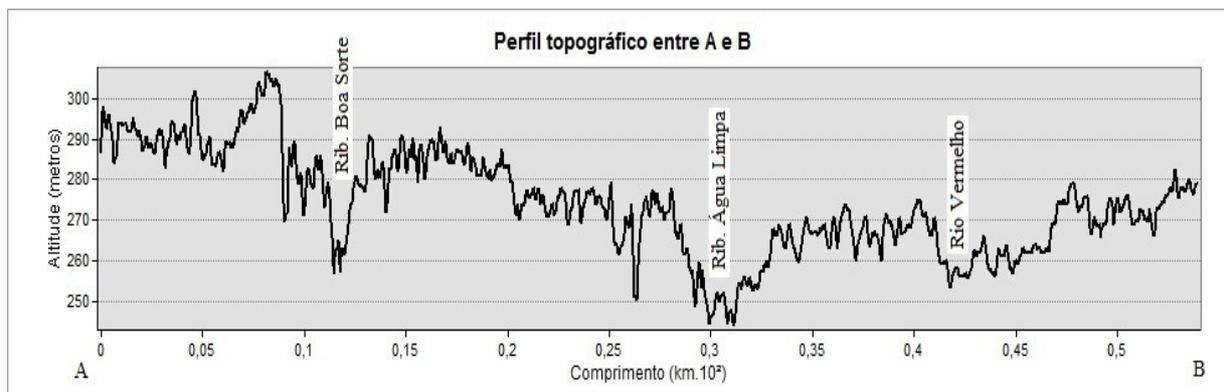


Gráfico 3: Perfil topográfico entre os pontos C e D.

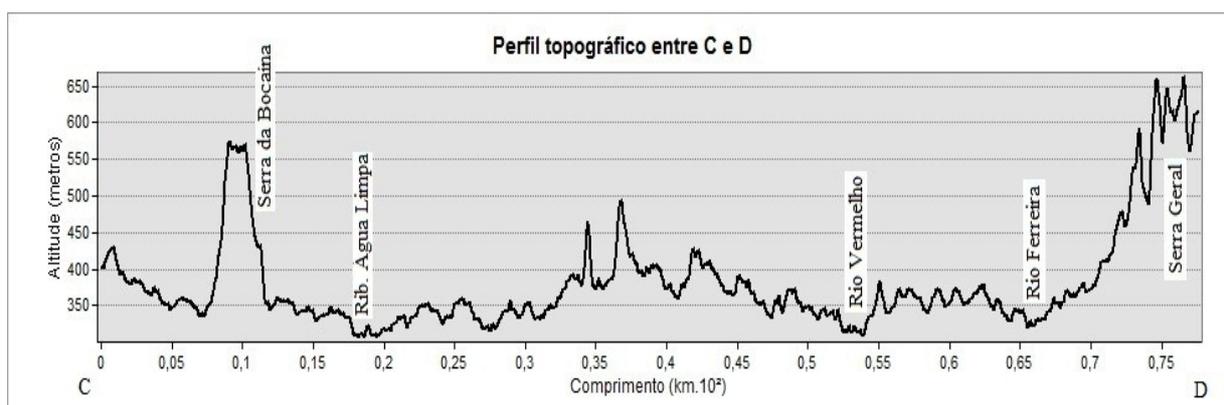
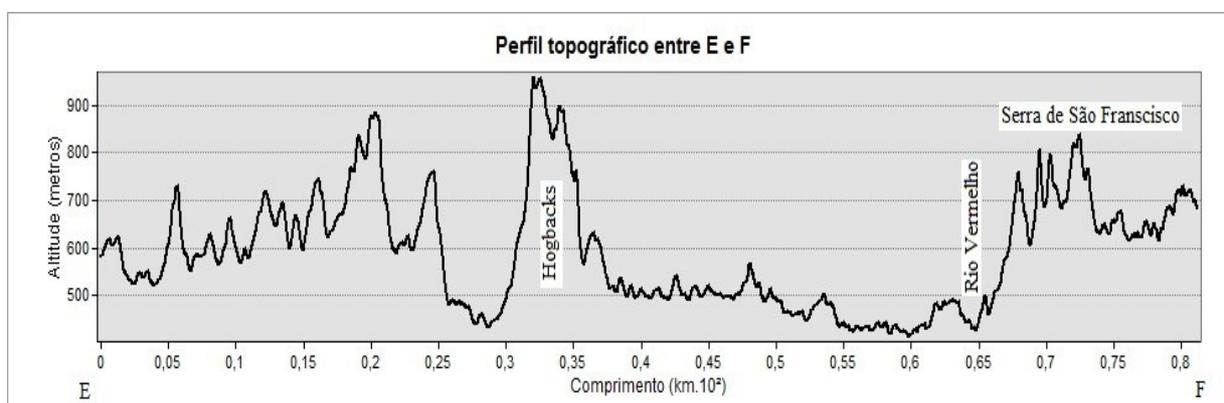


Gráfico 4: Perfil topográfico entre os pontos E e F.



5. Conclusões

A elaboração do perfil topográfico do canal principal do Rio Vermelho permitiu dividir a bacia em três segmentos, determinados com base em parâmetros altimétricos, litológicos, pedológicos e geomorfológicos. Tal procedimento constituiu numa alternativa para caracterizar a divisão de bacias hidrográficas em alta, média e baixa. No caso da bacia do Rio Vermelho foi possível identificar e mapear áreas ocorre a interpenetração dos diferentes compartimentos geomorfológicos.

Verifica-se, entretanto, que o perfil A,B referente a baixa bacia não revelou a suavidade existente nas vertentes desse compartimento. Isso porque a amplitude altimétrica da região é reduzida (aproximadamente 70 metros), fazendo com que o perfil desse transecto apresente grande movimentação. O intervalo no eixo y gerado automaticamente no ArcGis apresenta valores muito próximos, fazendo com que a linha do perfil tenha grande sinuosidade. Por ser gerados automaticamente, não foi possível editar tais intervalos.

6. Referencias Bibliográficas

Camargo, F. F. Análise orientada a objeto aplicada ao mapeamento de unidades geomorfológicas a partir de dados ASTER/TERRA. Dissertação de mestrado (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE. São José dos Campos, SP. 2008. Disponível em <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/02.12.12.07>. Acesso em 27/10/2010

Goiás (Governo do Estado de Goiás). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal**. Por Moreira, M. L.O. et al. Goiânia, GO. 2008.

Guerra, A. T.; Cunha, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1998.

Grohmann, C. H; Riccomini, C; Steiner, S. S.. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**. Volume 2, numero 2. 73-83. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnostico Ambiental da bacia do Rio Araguaia – Trecho Barra do Garças (MT) – Luis Alves (GO)**. Por Del'Arco J. O. et al. Goiânia. 1999. Disponível em: http://200.101.121.204/publicacoes/diag_aval/diag_amb_bacia_araguaia.pdf. Acesso em: 15 de junho de 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 1990. **Dados de clima e pluviosidade**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 10/10/2009

Nascimento, M. A. Geomorfologia do Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. 12(1): 1-22. Goiânia. 1992.

Paz, A. R; Collischonn, W. Derivação de rede de drenagem a partir de dados do SRTM. **Revista Geográfica Acadêmica**. Volume 2. Numero 2. 2008.

Scaramuzza, C. A. M. et al. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em Goiás. **A encruzilhada socioambiental: Biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado**. Org. Ferreira, L. Editora UFG. 2008.

Tucci, C. **Hidrologia. Ciência e Aplicação**. Editora da Universidade Federal. UFRGS. Porto Alegre, RS. 1993.

Valeriano, M. M. **Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a America do Sul**. INPE. São José dos Campos, SP. 2004. Disponível em www.inpe.br/documentos. Acesso em 21/09/2009.

Vitte, A. C. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. **Revista do departamento de Geografia**. USP. N. 16, p 105-118. São Paulo. 2005.

