

Utilização de variáveis morfométricas para a subdivisão de bacia hidrográfica no Cerrado

João Paulo Sena-Souza^{1,2}
Éder de Souza Martins²
Antonio Felipe Couto Junior¹
Adriana Reatto²
Vinicius Vasconcelos²
Marisa Prado Gomes²
Alexandre Messias Reis^{1,2}
Valquíria Peres da Silva¹

1 Universidade de Brasília - UnB
Campus Planaltina – Área Universitária n.º 1 Vila Nossa Senhora de Fátima, CEP 73300-000,
Planaltina, DF
E-mail: jpsenasouza@gmail.com; antoniofelipejr@gmail.com; vinivius.vascoza@gmail.com;
alex.messias.reis@gmail.com; valperes_silva@hotmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados
BR-020 km 18 Caixa Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF
E-mail: reatto@cpac.embrapa.br, martieder@gmail.com, marisa.prado@cpac.embrapa.br

Abstract. This study aimed to propose a digital image processing Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) applied to the subdivision of River Basin *São Bartolomeu*. The delimitation of the basin used the flow direction and the river mouth. The geomorphological characterization was based on the morphometric parameters (slope, minimum curvature) derived from the SRTM digital elevation model. The geomorphological units were obtained by visual interpretation on screen using R/G/B color composition Altimetry/Slope/Minimum Curvature. There were identified the following morphometric patterns: *Chapadas*, Fronts Retreat Erosive, Colluvium Ramps, Tables and Depressions Dissected. The methodology used was the same in the subdivision of the basin boundary, differing only in river mouth. The definition of the river mouth of the subdivisions was based on geomorphological patterns. It was possible to identify four subdivisions: High, Medium-High, Medium and Low *São Bartolomeu*. This approach can subsidize public policies on land and water resources management due to its simplicity and efficiency.

Palavras-chave: watershed, physiographic analysis, geomorphological units, bacia de drenagem, análise fisiográfica, unidades geomorfológicas.

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica é a superfície terrestre topograficamente delimitada cujo escoamento superficial converge para um exutório comum, composta por nascentes, divisores de água, cursos d'água e afluentes (Guerra e Guerra, 2008). Esta simplicidade conceitual fez dela a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL-Lei 9433, art.1,V).

No entanto, dentro de uma única bacia de hidrográfica pode existir grande diversidade geológica, climática, geomorfológica, pedológica e organismos, especialmente no caso do Cerrado, que possui a maior heterogeneidade de paisagens dentre as savanas (Silva e Bates, 2002; Silva et al., 2006). Considerando que a paisagem é constituída pela relação entre aqueles elementos, esta diversidade pode ser compreendida por meio de estudos referentes a um desses elementos (Martins et al., 2004a). Isto significa que o funcionamento de um componente está relacionado aos processos dos demais elementos, tornando-se relevante o desenvolvimento de métodos para divisão de áreas homóloga dentro de uma bacia hidrográfica.

O relevo é um dos elementos integradores da paisagem mais estudados, especialmente com os avanços das geotecnologias (Martins et al. 2004b). No caso do Cerrado os parâmetros morfométricos gerados a partir de dados digitais apresentaram relação direta com a geologia (Carvalho Junior et al., 2001), os solos (Vasconcelos et al., 2010) e vegetação (Couto Junior et al., 2010).

Considerando a importância da identificação de áreas homólogas, o objetivo deste trabalho foi subdividir a Bacia Hidrográfica do rio São Bartolomeu com base nos parâmetros morfométricos.

2. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu (BHSB) localiza-se entre as coordenadas 15°16'S - 16° 50'S e 47° 29'W - 48° 54'W (Figura 1). Possui uma área de drenagem de 5485 km², sendo 2672 km² em território do Distrito Federal e 2813 km², do estado de Goiás. Observa-se que sua drenagem principal percorre aproximadamente 180 km predominantemente na direção Norte-Sul.

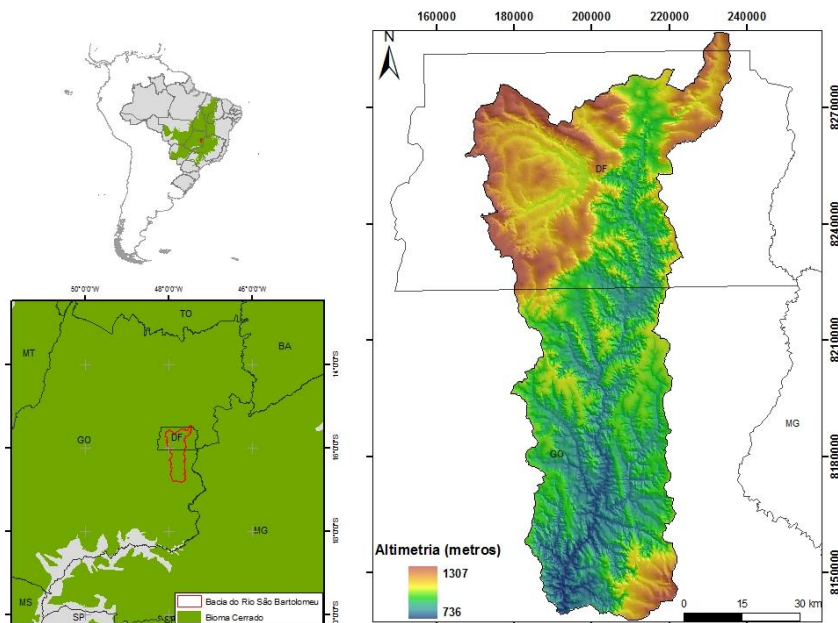


Figura 1 - Localização e Altimetria da Bacia Hidrográfica do rio São Bartolomeu.

A BHSB está localizada na porção centro sul da Faixa de dobramentos Brasília, caracterizada por contato tectônico e rochas metassedimentares dos grupos Paranoá e Canastra (Martins, et al., 2004b). Seu relevo é marcado por as formas de domos, associadas ao grupo Paranoá, e por depressões formadas pela dissecação fluvial, ligadas ao grupo Canastra. Esta bacia apresentam uma amplitude altimétrica superior a 500 metros, variando de 730 a 1300 metros (Figura 1). As classes de solos mais representativas da área são representativas do Cerrado, com destaque para Latossolos, Cambissolos e Solos Hidromórficos.

O clima predominante desta região é caracterizado por sazonalidade intensa com chuvas concentradas entre os meses de outubro e abril. Enquadra-se como tropical úmido de savana com inverno seco (Aw), segundo a classificação de Köppen. Existe ainda uma variação local com clima tropical de altitude (Cwa e Cwb) nas porções mais elevadas da bacia.

3. Materiais e Métodos

Este trabalho foi organizado de acordo com as seguintes etapas: 1) aquisição e tratamento do modelo digital de elevação (MDE); 2) delimitação automática da área BHSB; 3) composição colorida dos parâmetros morfométricos por meio de vetorização digital em tela; 4) definição das subdivisões.

3.1. Aquisição e tratamento do Modelo Digital de Elevação SRTM

Foram utilizados os dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), missão que adquiriu dados topográficos de 80% da superfície da terra entre as latitudes 60° N e 57° S em apenas 11 dias no ano 2000 (Rabus, et al., 2003). Este produto possui a resolução espacial de 3arcsec, o que representa 90 metros no terreno. Estes dados são disponibilizados pela Embrapa Monitoramento por Satélite (Miranda, 2005) por meio da página eletrônica <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Para esta área de estudo foram utilizadas as cenas SD-22-Z-D, SD-23-Y-C, SE-22-X-B e SE-23-V-A.

No entanto, esses dados apresentam limitações referentes à definição dos corpos hídricos e aparecimento de vórtices e picos. Portanto, neste trabalho foram realizados procedimentos que reduzem a influencia desses valores espúrios e ruídos, de acordo com os seguintes procedimentos: a) filtragem das imagens originais com filtro de mediana com janela 9x9; b) subtração entre os dados originais e filtrados; c) identificação das variações superiores a 5 metros; d) conversão destes valores matriciais em vetoriais em forma de ponto; e) interpolação por meio do TOPOGRID (Hutchinson, 1988).

3.2. Delimitação automática da bacia hidrográfica

Com os dados tratados foram realizadas as seguintes etapas (Sobrinho, et al., 2010): i) preenchimento de depressões; ii) obtenção da direção de fluxo, iii) geração do fluxo acumulado; iv) conversão da drenagem para o formato matricial; v) delimitação da bacia com a definição do exutório (Figura 2).

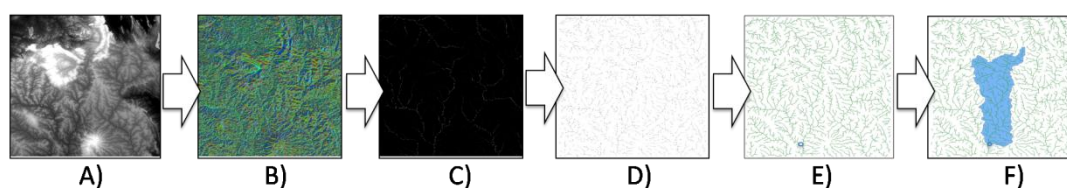


Figura 2 - Processo simplificado de delimitação da bacia: A) Modelo Digital de Elevação com preenchimento das depressões; B) Direção do Fluxo; C) Fluxo Acumulado; D) Raster Drenagem; E) Vetor da Drenagem com ponto de exutório; F) Bacia delimitada.

O preenchimento das depressões teve o intuito de corrigir as falhas com aspecto de uma depressão, denominadas “*sinks*”. Com estes dados preenchidos é gerada a Direção de Fluxo, que indica o comportamento da água em um pixel em relação a seus vizinhos. Esta direção foi obtida por meio da função “*flow direction*” utilizando o método D8, que gera uma grade regular onde cada ponto apresenta um valor referente a uma direção entre oito direções. A partir da Direção de Fluxo é gerado o Fluxo Acumulado, que apresenta um valor relativo à quantidade de pixels que colaboram à montante dele. Com este fluxo foi possível extrair automaticamente os vetores referentes à drenagem.

A etapa posterior foi a definição do exutório, que nesse caso é o ponto aproximado em que o rio São Bartolomeu desagua rio Corumbá. Após o processamento desses dados, os limites da bacia hidrográfica são interpolados e gerados automaticamente.

3.3. Delimitação das unidades geomorfológicas e subdivisão da bacia hidrográfica

A partir dos dados de altimetria do MDE tratados foram gerados parâmetros morfométricos derivados, neste caso a declividade e a curvatura mínima. Estas variáveis foram integradas através de composição colorida R/G/B, Altimetria / Declividade / Curvatura mínima. Essa técnica realça as feições do relevo permitindo a sua interpretação com maior facilidade e com o máximo de informações possíveis na imagem. Após a geração dessa composição colorida, foi realizada a vetorização digital em tela, considerando cor, forma e textura.

3.4. Indicação subdivisões de bacia hidrográficas

A delimitação de cada subdivisão passou pelo mesmo processo da delimitação automática da bacia hidrográfica, variando os exutórios das subdivisões. Essas subdivisões foram obtidas por meio da indicação de um limite arbitrário sobre as unidades geomorfológicas. Após essas indicações, foi realizada a interpretação visual dos padrões de relevo presentes em toda extensão da bacia.

4. Resultados e Discussão

4.1. Resultados Delimitação das unidades geomorfológicas e subdivisão da bacia hidrográfica

De acordo com a composição colorida, foram identificadas áreas vermelhas, que corresponderam a altas altitudes e pouca variação de declividade (Figura 3). As regiões verdes corresponderam a altas declividades. A cor magenta correspondeu á interação entre a altimetria e curvatura mínima. As áreas azuis representaram as porções mais baixas e planas do relevo.

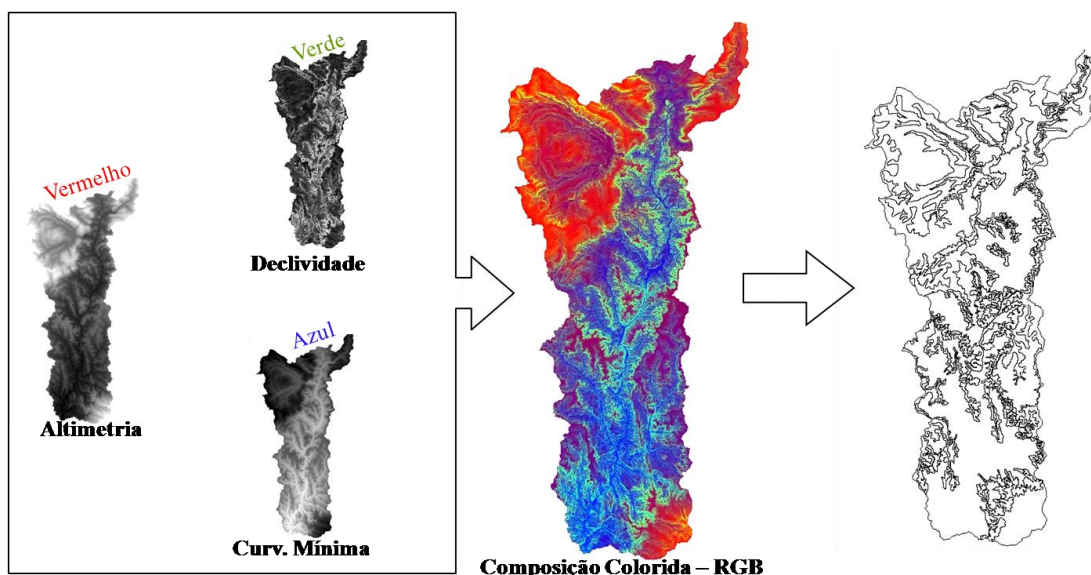


Figura 3 - Etapas da elaboração do mapa geomorfológico: - esquerda para direita - parâmetros morfométricos; composição colorida dos parâmetros morfométricos – altimetria (vermelho), declividade (verde) e curvatura mínima (azul); vetores (polígonos) gerados com base na composição colorida.

Considerando a composição colorida foram delimitadas seis unidades geomorfológicas (Figura 4): Chapadas (CHP), Frentes de Recuo Erosivo 1 e 2 (FRE), Rampas de Colúvio (RC), Mesas (MS) e Depressão Dissecada (DD). As Chapadas encontraram-se na porção mais elevadas e planas do relevo. As Frentes de Recuo Erosivo foram relacionadas às áreas com as maiores declividades. As Rampas de Colúvio representaram as áreas de depósito de material erodido das Chapadas. As Mesas corresponderam aos relevos remanescentes e de topo plano rodeado pelas Frentes de Recuo Erosivo. As Depressões Dissecadas corresponderam às regiões planas encontradas, nas partes mais baixas do relevo.

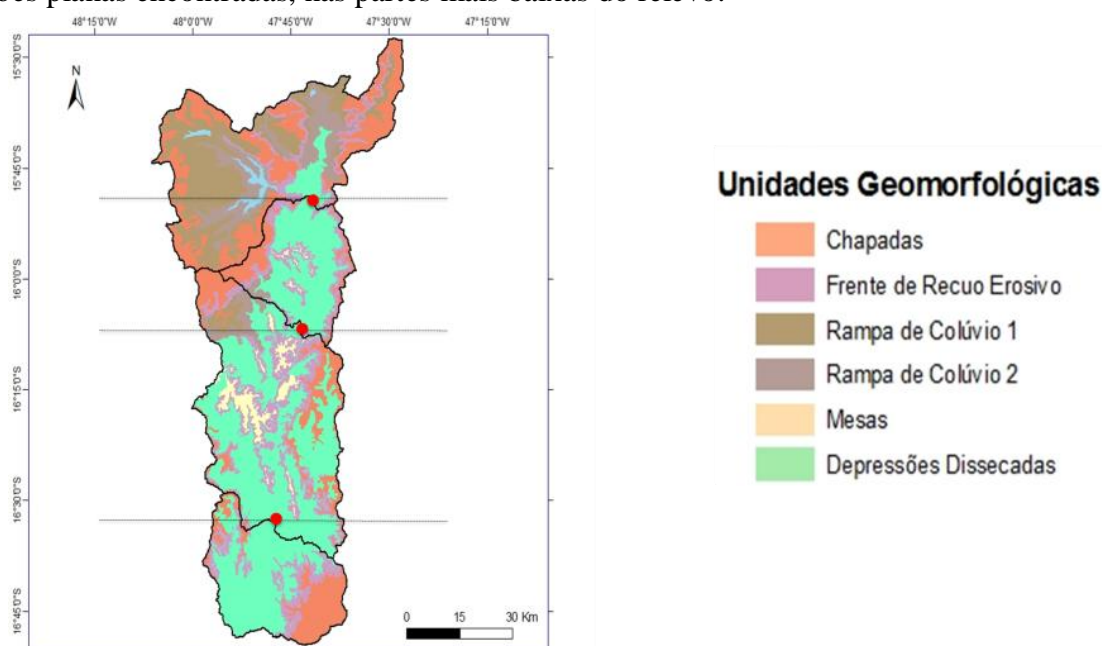


Figura 4 - Mapa das Unidades Geomorfológicas com linhas arbitrárias separando padrões e exutórios.

Foram traçadas linhas arbitrárias no cruzamento das unidades geomorfológicas e as drenagens, possibilitando em quatro subdivisões:

- *Alto São Bartolomeu*: apresenta um padrão do relevo plano com o predomínio de CHP e RC. As FRE aparecem no limite entre as chapadas e a rampas de colúvio e apresentam maiores declividades.
- *Médio-alto São Bartolomeu*: mostra um predomínio de DD, com relevo acidentado e alguns remanescentes de mesas. Os limites laterais são chapadas, apresentam relevo plano.
- *Médio São Bartolomeu*: está na porção da bacia com maior predomínio de MS. Esses remanescentes de chapadas com topo plano são rodeados por FRE e DD. Aparecem algumas RC extensas com relevo plano a suave-ondulado na parte norte dessa subdivisão.
- *Baixo São Bartolomeu*: apresenta uma grande área de CHD referente ao domo de Cristalina. Concomitantemente, tem uma área de DD que guarda os pontos mais baixos da bacia.

Os resultados indicaram que a subdivisão do Médio São Bartolomeu apresentou a maior área entre as demais (Tabela 1, Figura 5). Esta porção exibiu os valores altimétricos e de declividade muito semelhantes ao Médio-Alto. Foram separados devido à quantidade e o tamanho das Mesas. A média da altimetria é de 926 m, com concentração nos valores abaixo dos 1000 m (Figura 6).

Tabela 1 – Estatística descritiva das subdivisões e da bacia do São Bartolomeu.

Subdivisão	Área (km ²)	Altitude (m)			Declividade (°)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Alto	1853,7	1087,48	1307	870	2,95	23,95	0
Médio-Alto	752,21	956,16	1218	824	4,72	25,04	0
Médio	1960,7	926,39	1259	764	4,01	25,21	0
Baixo	918,42	911,51	1254	736	4,55	29,24	0
Bacia São Bartolomeu	5485,03	982,32	1307	736	3,84	29,24	0

Por apresentar um relevo predominantemente plano e suave ondulado, o Alto exibe a menor média de declividade (2,95°) (Tabela 1). Ao mesmo tempo, devido às condições geológicas, a média da altimetria é a mais elevada entre as subdivisões (1087 m), encontrada nas bordas desta subdivisão (Figura 5). A distribuição de frequência evidenciou uma concentração altimétrica entre 1000 e 1200 metros (Figura 6).

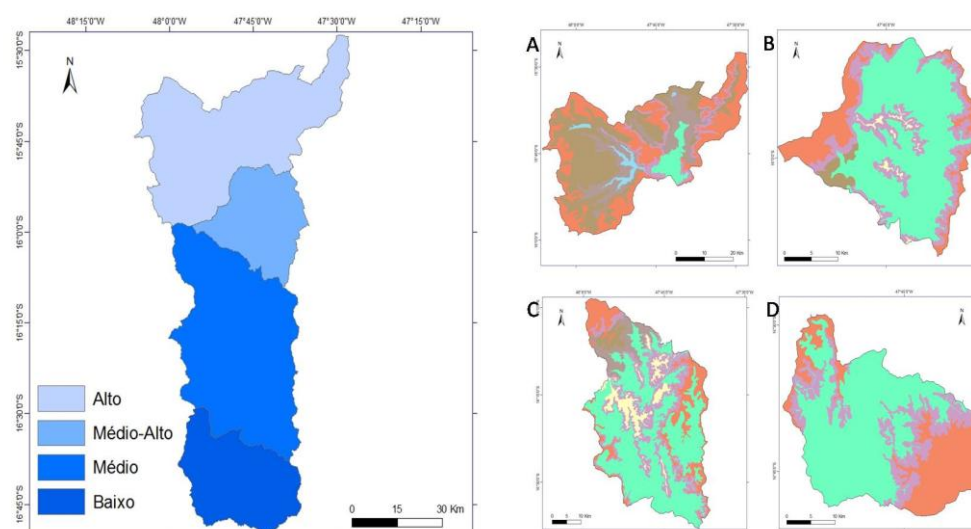


Figura 5 - Resultado da subdivisão da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu e padrões de geomorfológicos nas subdivisões: A) Alto; B) Médio-alto; C) Médio ; D) Baixo.

O Médio-alto apresenta a maior média de declividade (4,72°), influenciado pela área (Tabela 1). Essa subdivisão é a menor entre as subdivisões, sendo diferenciada do alto pelos padrões geomorfológicos distintos (Figura 5) e possuindo altitude média de 956 m (Figura 6).

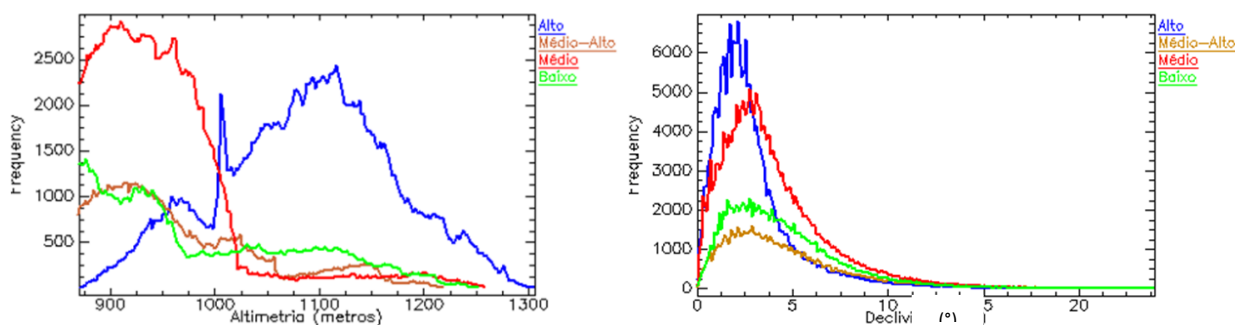


Figura 6 - Histogramas de frequência de altimetria (esquerda) e declividade (direita) das subdivisões caracterizadas.

No Baixo São Bartolomeu foram observados dois ambientes dominantes (Figura 5): Depressão e o Domo de Cristalina. A distribuição desta subdivisão indicou que os valores estão concentrados abaixo de 950 metros de altitude, porém, com ocorrência de valores entre 1000 e 1200 m (Figura 6).

5. Conclusão

O procedimento metodológico apresentado se mostrou eficiente na subdivisão de bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu respeitando o conceito de bacia hidrográfica.

Foi possível transformar uma unidade de gestão com características heterogêneas em quatro unidades integradas menores com paisagens mais homogêneas. O Alto com padrões de chapadas, o Médio-Alto com chapadas nas laterais e uma depressão dissecada predominante, o Médio com uma grande quantidade de remanescentes de chapadas com topo plano e o Baixo com a depressão e o domo de Cristalina.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política nacional de recursos hídricos [Online] <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 01 nov. 2012.
- Carvalho Junior, O.A.; Martins, E.S.; Guimarães, R.F.; Carvalho, A.P.F. Compartimentação Geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros baseada em técnicas de geoprocessamento. **Documentos-CPAC**. n. 34, 18 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2001.
- Couto Junior, A.F.; Vasconcelos, V.; Carvalho Junior O.A.; Martins, E.S. Integração de parâmetros morfométricos e imagem ASTER para a delimitação das fitofisionomias na Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 57-68. 2010.
- Guerra, A.T., Guerra. A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.
- Hutchinson, M.F. A new method for gridding elevation and streamline data with automatic removal of pits. **Journal of Hydrology** v. 106, p. 211-232. 1988.
- Martins, E.S.; Reatto, A.; Carvalho Junior, O.A.; Guimarães, R.F. Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. **Documentos-CPAC**. n. 121, 33 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2004a.
- Martins, E.S.; Reatto, A.; Carvalho Junior, O.A.; Guimarães, R.F. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. **Documentos-CPAC**. n. 122 57 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2004b.
- Miranda, E.E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 jan. 2012.
- Rabus, B.; Eineder, M.; Roth, A.; Bamler, R. The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.
- Silva, F.J. et al. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v.33, p.536-548, 2006.
- Silva, J.M.C.; Bates, J.M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.
- Sobrinho, T.A.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Ayres, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 1, p. 46-57. 2010.
- Vasconcelos, V.; Martins, E.S.; Reatto, A.; Couto Junior, A.F.; Carvalho Junior O.A.; Santos, W.C.; Lima, L.A.S.; Castro, K.B.; Xavier, D.; Passo, D.P.; Gomes, R.A.T. Caracterização de uma Toposequência no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento-CPAC**. n. 277, 69 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2010.