



## DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPOS DE MORROS PARA O TERRITÓRIO BRASILEIRO

### DELINEATION OF PERMANENT PRESERVATION AREAS ON THE HILLTOPS FOR THE BRAZILIAN TERRITORY

Daniel de Castro Victoria

Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite – Embrapa Av. Soldado Passarinho, 303 Fazenda Chapadão CEP 13070-115 Campinas, SP, Brasil Fone: +55 (19) 3211-6200 Fax: +55 (19) 3211-6222  
daniel@cnpm.embrapa.br

Marcos Cicarini Hott

Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Dom Bosco 36038-330 - Juiz de Fora - MG Tel.: (32) 3249 4700 - Fax.: (32) 3249 4701  
hott@cnpgl.embrapa.br

Evaristo Eduardo Miranda

Oswaldo Tadatomo Oshiro

Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite – Embrapa Av. Soldado Passarinho, 303 Fazenda Chapadão CEP 13070-115 Campinas, SP, Brasil Fone: +55 (19) 3211-6200 Fax: +55 (19) 3211-6222  
mir@cnpm.embrapa.br  
osvaldo@cnpm.embrapa.br

#### RESUMO

O código florestal brasileiro define como áreas de proteção permanente (APPs) os topos dos morros. Estes foram regulamentados pela resolução CONAMA 303/2002, que estabelece que o terço superior de morros e montanhas, cuja elevação ultrapasse 50 m e declividade seja superior a 30 %, devam ser protegidos. Porém, a delimitação de tais áreas de forma automatizada e em grandes escalas mostra-se um desafio, uma vez que a definição da base dos morros, na resolução CONAMA, pode ser questionada. Além disso, muitas metodologias propostas baseiam-se fortemente na interferência de um analista, resultando em problemas relacionados à interpretação e experiência do operador. Utilizando metodologia previamente testada, que dispensa a interferência de um operador na definição dos topos e bases dos morros, foi delimitada a área de APP em topo de morro e montanha, em escala compatível com 1:250.000. Constatou-se que aproximadamente 400 mil km<sup>2</sup> do território nacional se enquadram nesta definição.

**Palavras-chave:** Topo de morro, área de preservação permanente, CONAMA, SRTM, código florestal



## ABSTRACT

Brazilian environmental legislation states that mountain and hill tops are environmental preserves. This has been regulated by the CONAMA 303/2002 resolution, establishing that the top third of all hills or mountains, with a slope higher than 30% and an altitude difference above 50 m should be protected. However, identifying these areas in large landscapes, automatically, poses a challenge, providing that CONAMAs' baseline definition can be easily questioned. Also, several methods for delimiting such areas require some level of interference from an operator, leading it vulnerable to different interpretations. Using a previously tested method that does not require operator interference, environmental preservation areas related to hilltops have been delimited at a scale equivalent to 1:250.000. Approximately 400,000 km<sup>2</sup> of the Brazilian territory is considered preservation area.

**Keywords:** Hill tops, environmental preserves, CONAMA, SRTM, Brazilian environmental legislation

---

## 1. INTRODUÇÃO

O código florestal brasileiro (Lei 4.771 de 1965) definiu os topos de morro e montanha como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Regulamentada pela resolução CONAMA 303/2002, estas áreas são definidas como sendo “delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base” (Item V Art. 3º Resolução CONAMA 303/2002) e que morros e montanhas separados por menos de 500 metros devem ser considerados como um só. Nesta mesma resolução encontramos as definições (Art. 2º) de morro: elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade; montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros; e base de morro ou montanha: plano horizontal definido pela planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor.

Esta resolução tem causado divergências e dificuldades quanto ao mapeamento das APPs pois privilegia o reconhecimento de campo, dificultando o planejamento, execução e fiscalização em um país com dimensões continentais (Hott et al., 2005). Além disso, a delimitação das APPs utilizando metodologias analógicas, incluindo a interpretação visual de cartas topográficas, estará sujeita a subjetividade e experiência do analista (Hott et al., 2005).

A utilização de técnicas de geoprocessamento na delimitação das APPs permitem a padronização e a repetição da metodologia. No entanto, diversos trabalhos delimitando estas áreas tomam como base pequenas área de estudo, onde dados em escalas detalhadas estão disponíveis (Costa et al. 1996; Catelani et al. 2003; Oliveira et al. 2007; Santos et al. 2007). Além disso, a maioria destes trabalhos necessita da intervenção de um analista para definir a cota de base do morro/montanha.

É durante esta etapa que um dos problemas da resolução CONAMA fica aparente, pois a interpretação da definição de base do morro ou montanha deixa margem dúvidas. Santos et al. (2007), trabalhando em uma microbacia de 4.000 ha, definiram que a cota da base de todos os morros era dada pela altitude da planície. Já Costa et al. (1996), trabalhando em uma área de 185 ha com dados topográficos na escala 1:10.000, consideraram que os morros eram delimitados pelas áreas com declividade superior a 20° (relevo fortemente ondulado). Tais metodologias se mostram altamente dependente de um operador, necessitando de grande quantidade de trabalho manual, o que a torna impraticável para grandes extensões.



Vários autores têm demonstrado que com ferramental em geoprocessamento e base de dados altimétrica apropriada, tal como modelos digitais de elevação (MDE), é possível obter-se o terço superior de forma automatizada (Ribeiro et al., 2002; Hott et al., 2005). Os MDE's hidrológicamente consistentes caracterizam-se por terem elevada coincidência entre a drenagem derivada numericamente e a hidrografia real, estando isentos de sumidouros (depressões espúrias – *sinks* –) que bloqueiam o trajeto do escoamento de água superficial (Hutchinson, 1989). Outra questão é a delimitação da base das elevações, a qual não é uma feição simplificada e euclidiana, demandando análise, e o uso de hidrografia mapeada para encontrá-las esbarra na compatibilidade de escalas e atualização hidrográfica. Portanto, delinear as elevações e determinar a base, definindo qual o método mais adequado tornou-se um desafio técnico, em virtude das diversas interpretações possíveis da legislação. A metodologia adotada neste trabalho foi a mesma empregada por Hott et al. (2005), a qual resultou em eficiência, padronização e rapidez para as APP's em topo de morros no Estado de São Paulo. Com o Surgimento dos dados de elevação oriundos de levantamento por radar coordenado pela NASA - *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) - que mapeou a topografia do globo com 90 metros de resolução espacial, ficou evidente a possibilidade de mapeamento das APP's em topos de morros para o território nacional.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

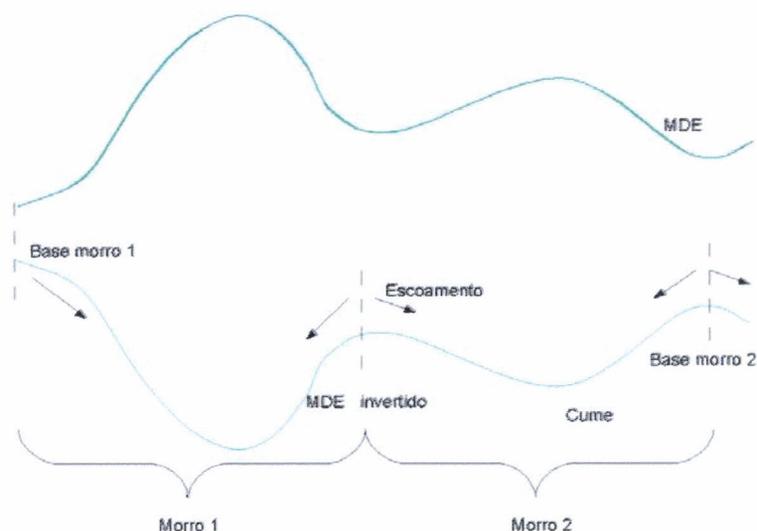
O MDE, com resolução espacial de 90 m, proveniente dos dados do *SRTM*, foi obtido do banco de dados da Embrapa – CNPM (Miranda et al, 2005). Gouvêa et al. (2005) demonstraram que o MDE com resolução espacial de 90 m possui escala equivalente à topografia 1:250.000.

A metodologia de Hott et al. (2005), identifica os cumes e individualiza os morros e montanhas utilizando o mapeamento numérico do escoamento superficial representado pelo MDE *SRTM*.

Utilizando as ferramentas de hidrologia dos SIGs, primeiramente foram preenchidas as depressões espúrias (*sinks*). Em seguida, foram determinadas as células que fluem para o cume de cada elevação, num fluxo revertido, utilizando o MDE de forma invertida, materializando assim seus limites e bases bases, com referência à depressão mais profunda ao redor da elevação, conforme dispositivo legal, em contraposição à alternativa da planície ou curso d'água adjacente à elevação. Uma representação esquemática da metodologia pode ser vista na Figura 1.

Posteriormente, calculou-se as elevações máximas e mínimas e a declividade em cada uma dessas áreas, permitindo assim remover os morros e montanhas que não se enquadravam na resolução CONAMA 303/2002, quanto aos limites de declividade e elevação. Por fim, agrupou-se os morros distantes a menos de 500 metros e calculou-se a cota do terço superior de todos os morros, a partir do terço superior do morro de menor elevação do conjunto agrupado.

Todo o processamento foi efetuado usando Sistema de Informações Geográficas ArcGIS e ArcINFO Workstation. Devido a limites computacionais, o território nacional precisou ser subdividido em 15 partes e o mesmo processo foi efetuado em cada uma dessas subdivisões.



**Figura 1** – Representação esquemática da metodologia de Hott et al. (2005)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As APPs em topo de morro no Brasil, calculadas a partir do MDE SRTM, com resolução espacial de 90 m, totalizam 398.910 km<sup>2</sup>, 4,53 % do território nacional (Tabela 1). Os estados de Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e o Distrito Federal apresentaram a maior porcentagem de área de preservação em topo de morro, acima de 10%. Minas Gerais apresenta a maior área total (74.000 km<sup>2</sup>), seguido pelo estado do Pará (51.615 km<sup>2</sup>) e Bahia (37.972 km<sup>2</sup>).

A localização das áreas de preservação permanente é apresentada na Figura 2. As Figuras 3 e 4 detalham melhor estas áreas para a região sudeste e para o estado de Santa Catarina, respectivamente.

**Tabela 1** – Área de preservação permanente em topo de morro e montanha por estado

Estado	Topo de morro		Estado	Topo de morro	
	(km <sup>2</sup> )	(%)		(km <sup>2</sup> )	(%)
SC	17.679	18,53	PB	3.140	5,33
ES	7.739	16,41	RR	11.700	5,18
RJ	6.759	15,23	CE	7.771	5,06
MG	74.016	12,46	PA	51.615	4,13
DF	724	12,42	RN	1.875	3,40
PR	18.210	9,13	TO	8.086	2,90
PI	18.073	7,05	AP	4.122	2,88
BA	37.972	6,58	RO	5.642	2,35
AL	1.855	6,39	MT	20.180	2,23
MA	20.498	6,11	SE	506	2,22
RS	16.289	6,06	MS	5.977	1,67
GO	19.701	5,77	AM	9.132	0,57
SP	14.344	5,76	AC	140	0,08
PE	5.870	5,75	<b>BRASIL</b>	<b>389.616</b>	<b>4,53</b>



A individualização das elevações e a identificação da base das elevações, as quais certamente detêm características tridimensionais, bem como o seu ponto de depressão mais profunda, são os pontos significativos desta metodologia. Também a disponibilidade dos dados topográficos digitais do SRTM possibilitou de maneira eficiente à execução deste trabalho.

Os resultados gerados permitiram a consolidação de um modelo de APP em topos de morro para o Brasil, o qual poderá ser confrontado com outros tipos de APP's, áreas protegidas e uso e cobertura das terras, delineando uma efetiva área de preservação de acordo com os parâmetros legais. A partir destes resultados, os legisladores, técnicos e fiscais podem formar opinião a respeito dos aspectos abordados na lei e sua efetividade na proteção do meio ambiente, necessidades de reformulação e subsídio às discussões técnicas inerentes a esta temática.

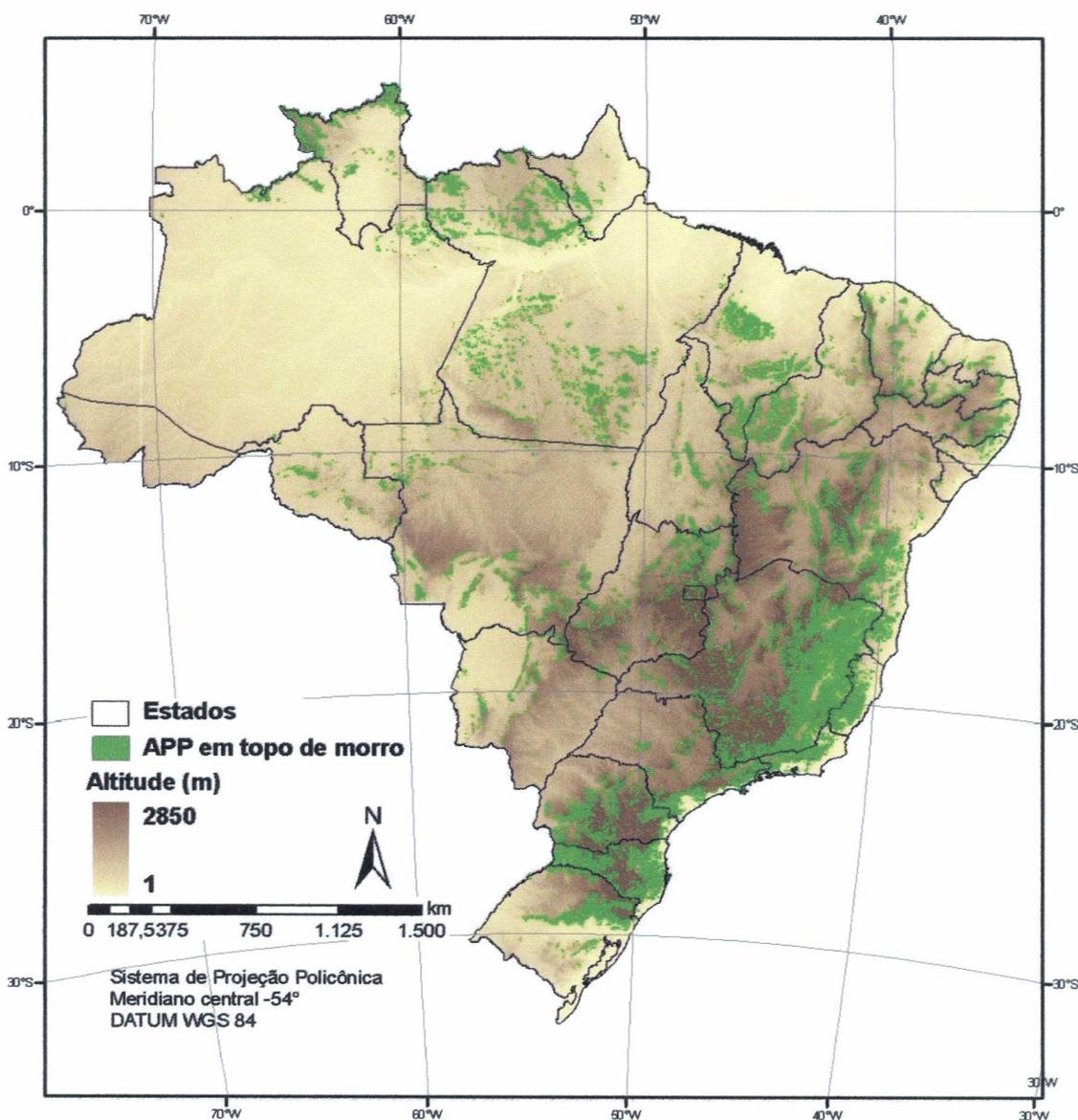


Figura 2 – Áreas de preservação permanente em topos de morro e montanha para o território nacional

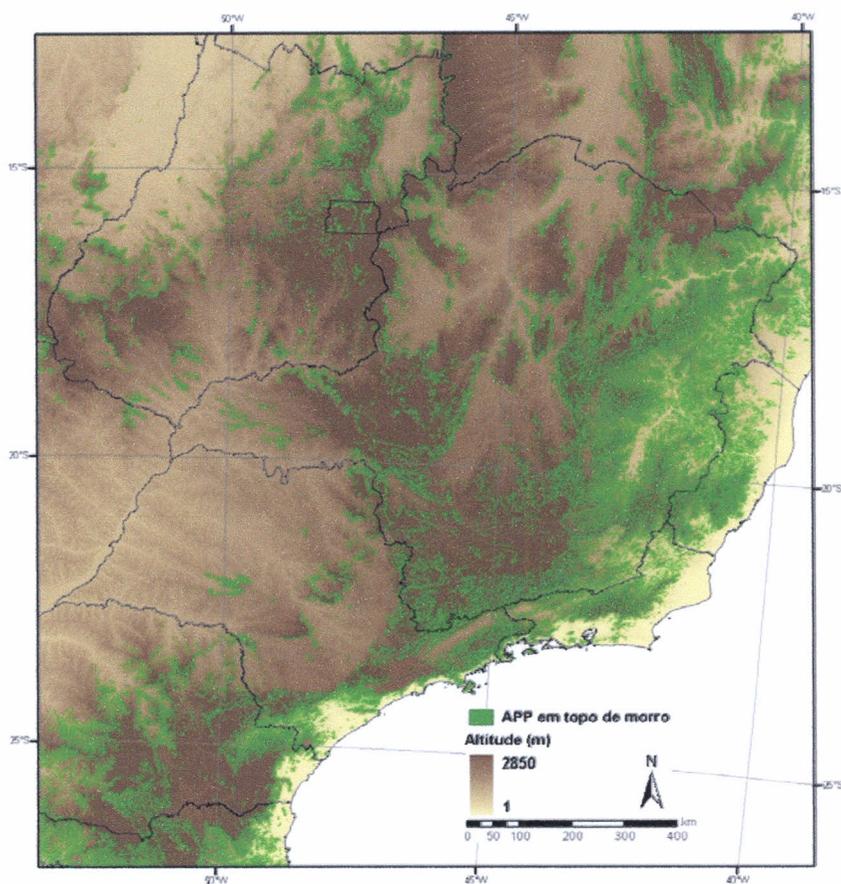


Figura 3 – Áreas de preservação permanente em topo de morro e montanha. Detalhe para a região sudeste

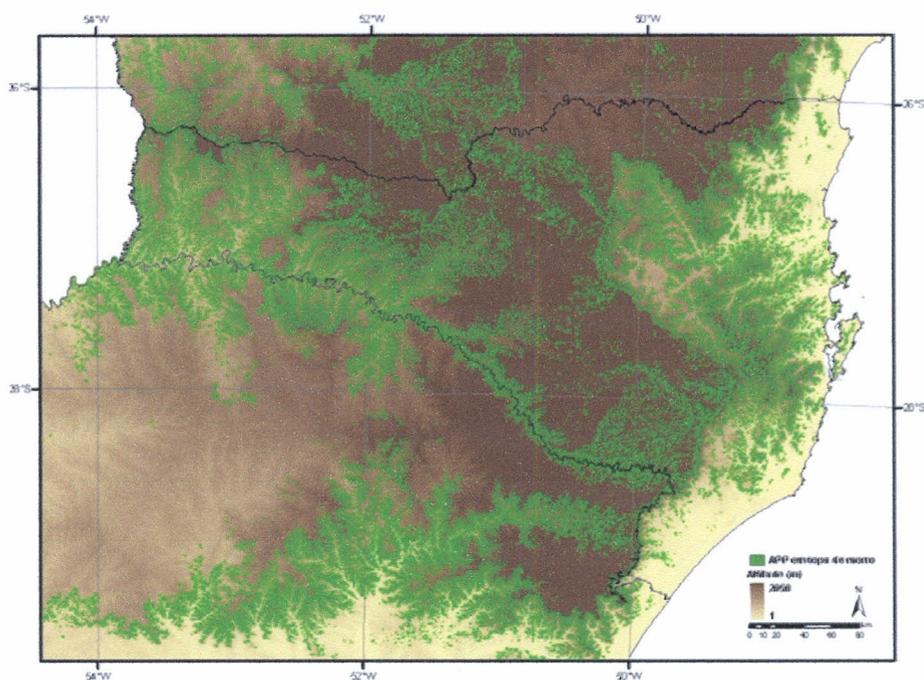


Figura 4 – Áreas de preservação permanente em topo de morro e montanha. Detalhe para o estado de Santa Catarina



#### 4. CONCLUSÃO

Constatou-se que a metodologia aqui empregada é adequada para a delimitação dos topos de morro em grandes áreas com o uso dos dados SRTM, dispensando a intervenção de analistas e padronizando a identificação da base dos morros e montanhas. Desta forma, para toda a área de estudo, as bases dos morros e montanhas são definidas automaticamente, evitando erros relacionados a interpretações de operadores. A base de dados e a escala utilizada foi a mesma para todo o território nacional e garantiu homogeneidade e compatibilidade nos resultados obtidos.

As áreas de preservação permanente em topo de morro em montanha são apenas uma parte das áreas que devem ser protegidas ou geridas de forma diferenciada de acordo com o Código Florestal. Outras áreas de preservação relacionadas ao relevo, que não foram incluídas nesta análise são: linhas de cumeada, elevações acima de 1800 m de altitude e áreas com declividade superior a 45°. Também são áreas de preservação permanente os entornos dos corpos d'água, áreas alagáveis, mangues dentre outras. Portanto, apesar de ocorrerem sobreposições dentre as diferentes APPs, especialmente nas áreas relacionadas ao relevo, a APP para o território nacional apresentada neste trabalho representa apenas uma pequena fração do total requerido pela legislação. Outros métodos e procedimentos necessitam ser desenvolvidos para um mapeamento e um tratamento mais equilibrado e objetivo dessas unidades territoriais diferenciadas. Atualmente está em curso um trabalho na Embrapa Monitoramento por Satélite que busca avaliar o alcance territorial da totalidade das APPs prevista pela legislação, dado ainda absolutamente desconhecido.

#### 5. REFERÊNCIAS

Brasil. Lei n° 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

Brasil. Resolução CONAMA n° 303, de 20 de Março de 2002, dispõe sobre as áreas de preservação permanente.

Catelani, C. S.; Batista, G.G.; Pereira, W. F. 2003. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Belo horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos p. 559-566

Costa, T. C. C., Souza, M.G.; Brites, R. S. 1996. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8. 1996, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos p. 121-127

Gouvêa, J. R. F.; Valladares, G.S.; Oshiro, O. T.; Mangabeira, J. A de C.. 2005. Comparação dos modelos digitais de elevação gerados com dados SRTM e cartas IBGE na escala 1:250.000 na região da bacia do Camanducaia no Estado de São Paulo. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 2191-2193.

Hott, M. C.; Guimarães, M.; Miranda, E. E. de. 2005. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3061-3068

Hutchinson, M.F. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, v.106, n.3-4, p.211-232.

Miranda, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14 jul. 2008.

Oliveira, M. Z.; Veronez, M.R.; Thum A. B.; Reinhardt, A. O.; Baretta, L.; Valles, T.H.A.; Zardo, D. 2007. Silveira, L.K. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos p. 4119-4128

Ribeiro, C. A. A. S.; Oliveira, M. J. De; Soares, V. P.; Pinto, F. De A. De C. 2002. Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada: metodologia e estudo de caso. In: Seminário de Atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas aplicados à engenharia florestal, 5. Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF.

Santos, S. B.; Almeida, R. A.; Dupas, F. A. 2007. Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos p. 4217-4224