

Uma Ferramenta Computacional para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morros

Silvia S. Leonardi, Camilo D. Rennó, Luciano V. Dutra

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 – São José dos Campos – SP – Brasil

{silvia,camilo,dutra}@dpi.inpe.br

***Abstract.** In this work, we propose to develop a GIS application to automate the Permanent Preservation Area (APP) map generation in terms of hills and/or mountain's top. Preliminary results show high concordance to those manually generated, which represents a promising way to achieve the goal of fully automating this procedure.*

***Resumo.** Este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo de geoprocessamento com o objetivo de automatizar a geração de mapas de Área de Preservação Permanente (APP) de topo de morro e montanha. Os resultados preliminares mostram grande aderência em relação aos gerados manualmente, o que representa um caminho promissor para alcançar os objetivos de automatizar totalmente este procedimento.*

1. Introdução

O Código Florestal de 1965 (Brasil 1965) foi o primeiro grande marco na construção da regulamentação da proteção das florestas brasileiras e conseqüentemente dos recursos ambientais associados à floresta, como a água, o solo, a flora e a fauna. Mais recentemente, a resolução do CONAMA 303, de 20 de março de 2002 (Brasil 2002), representou um grande avanço na consolidação da legislação ambiental no que se refere às áreas de preservação permanente, pelo fato de detalhar as definições e parâmetros, facilitando o seu entendimento e aplicação.

Áreas de preservação permanente (APPs) são aquelas áreas próximas aos rios, lagoas, nascente, encostas e topos de morro com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade e a proteção do solo.

Embora a legislação ambiental que trata das APPs tenha representado um avanço na proteção de nossos recursos naturais e ambientais, dois problemas têm limitado sua aplicação. O primeiro trata-se da pouca disponibilidade de dados cartográficos com precisão adequada que permitam a determinação das APPs e o segundo trata-se da pouca disponibilidade de ferramentas computacionais que permitam a geração dos mapas de APPs de forma automatizada.

O geoprocessamento vem sendo largamente utilizado nos trabalhos de mapeamento de APPs, porém carecem de aplicativos que venham facilitar e otimizar este processo. Tem havido iniciativas no sentido de implementação de funcionalidades

específicas para a geração de APPs em topo de morro, que precisam ser ampliadas para alcançar maior aperfeiçoamento e aplicabilidade.

Atualmente, o levantamento de APPs para fins legais tem sido realizado prioritariamente através de levantamentos topográficos de campo, ou ainda, através de processo manual utilizando-se de cartografia na escala 1:10.000, quando disponível para a área de interesse. Este processo apresenta-se de difícil execução e de alto custo para os interessados, que são os proprietários rurais e os órgãos ambientais responsáveis pela aplicação da lei.

O aspecto mais crítico na automatização do processo de geração das APPs refere-se às áreas de topo de morro, pois os critérios e parâmetros que caracterizam estas áreas são de difícil definição. Destacam-se ainda entre as dificuldades algumas controvérsias quanto à interpretação e determinação geográfica de base de morro, que é utilizada como referência para geração das APPs.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de delimitar automaticamente as áreas de preservação permanentes em morros, montanhas e linhas de cumeadas, tendo como produto final um mapa temático. Partiu-se de uma nova abordagem metodológica no desenvolvimento do algoritmo que busca contornar os problemas apresentados nos aplicativos atualmente implementados. Os resultados preliminares tem se mostrado bastante semelhante àqueles obtidos no processo semi-automático do SPRING e editado manualmente.

2. Metodologia

Para o método proposto, supõe-se a disponibilidade cartográfica plani-altimétrica no formato digital. Dois elementos cartográficos são fundamentais no processo de mapeamento de APPs em topo de morro e montanha quais sejam, altimetria (MDE) e rede hidrográfica. A altimetria se justifica pelo fato dela representar o relevo, ou seja, representar a cota “z” para cada coordenada geográfica, enquanto que a rede hidrográfica tem sua importância na definição da base de morro e montanha. Isto se deve pelo fato do código florestal definir como base o ponto de menor cota altimétrica no entorno do morro ou montanha, que se encontra, na maioria das vezes, materializado no leito do rio próximo ao morro.

A delimitação automática de APPs em topos de morro representa a principal etapa deste estudo e a metodologia adotada para este processo se encontra ilustrado na Figura 1 e detalhadas a seguir. A entrada é composta pelo MDE e pela rede hidrográfica no formato raster e a saída, por um mapa temático contendo a classe de APPs.

2.1. Determinação dos pontos de máximo do MDE

Os morros e montanhas são individualizados pelos seus picos (cumes) e suas bases. Os picos são determinados a partir do MDE, como sendo todos os pontos de máximo de uma vizinhança 3x3 e a partir do qual se define a respectiva base. A base de cada elevação é determinada através do algoritmo de *multicaminhos* descrito no item 2.3.

A princípio, qualquer ponto de máximo no MDE é considerado pico, podendo ser descartado no momento da classificação da elevação onde são aplicados os

parâmetros que as definem (altura e declividade). Esse procedimento é descrito no item 2.4, apresentado a seguir.

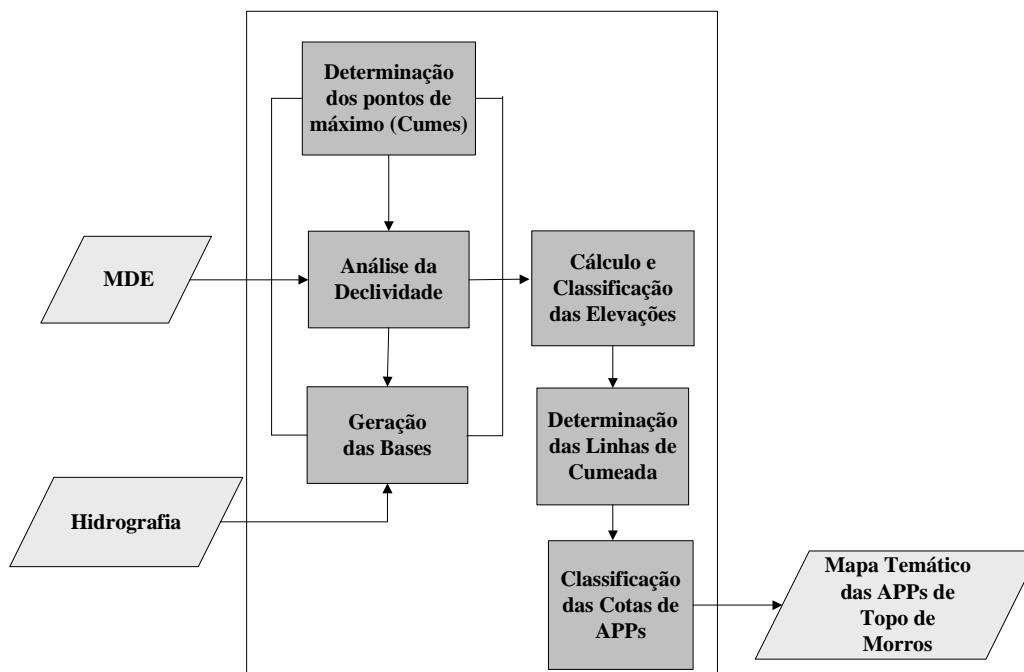


Figura 1. Etapas para a delimitação automática de APPs em topos de morro, montanhas e linhas de cumeada

2.2. Análise da Declividade

A declividade de cada elevação é analisada durante o processo de geração das bases de topo de morro. A partir do ponto de pico até suas bases, cada ponto do relevo tem sua inclinação calculada pelas derivadas parciais, computando-se os valores de altitude em uma janela de 3x3 pontos (Câmara et al., 1996).

Essa análise é fundamental na classificação de morros, onde conforme estabelece o código florestal são definidos por dois aspectos: (1) altura em relação sua base entre 50 e 300 metros para morro; (2) declividade maior que 30% na linha de maior declividade.

2.3. Geração das Bases de morro ou montanha

A partir de cada ponto de máximo (pico) da grade, as bases são determinadas, aplicando-se o método baseado no modelo de fluxo D8, que define a direção de fluxo superficial (unidimensional) pela direção da maior inclinação ou menor valor de altimetria, numa janela de 3x3 (Burrough e MacDonnell, 1998).

O modelo aqui proposto considera não só um menor valor, mas todos menores valores em relação ao ponto central na janela 3x3 como continuidade do fluxo (Figura 2), ou seja, partindo de um ponto de pico teremos várias direções a percorrer (*multicaminhos*) até encontrar sua base.

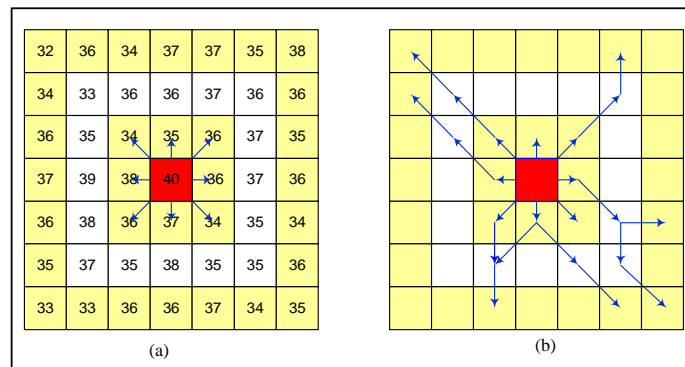


Figura 2. Esquema ilustrativo do algoritmo de multicaminhos. (a) Pico - célula em vermelho (b) Direções de fluxo resultantes

A escolha do ponto que será considerado como base do relevo é feita pelo menor valor de todos os valores encontrados ao seu redor, satisfazendo a resolução no que diz respeito à definição de base: “base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor”.

2.4. Cálculo e classificação das elevações

De posse dos valores de picos (P) e respectivas bases (B) determina-se a altura (H) para cada par (P e B). A altura é dada pela diferença algébrica entre o valor do pico e o valor da base:

$$H = P - B \tag{2.1}$$

Considerando a amplitude (H) e declividade (D) de cada elevação, classificamos morro e montanhas (Figura 3), segundo o Art 2º, inciso IV e V da Resolução CONAMA 303/02.

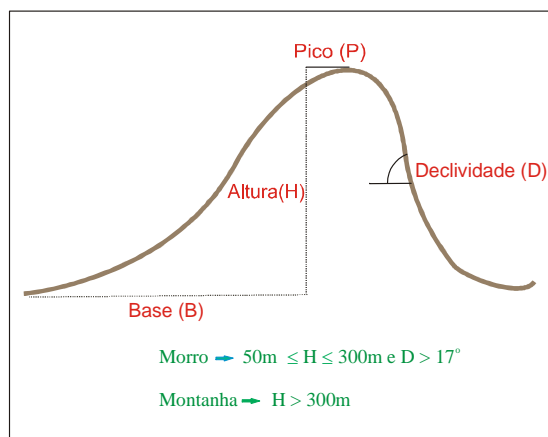


Figura 3. Esquema ilustrativo das variáveis necessárias para a classificação de uma elevação

2.5. Determinação das linhas de cumeada

A geração correta das APPs em topos de morros e montanhas seguindo os critérios e parâmetros legais, passa pela caracterização adequada do relevo em morros e

montanhas, bem como pela identificação de alguns elementos característicos que compõem o relevo, a exemplo da linha de cumeada.

A linha de cumeada, também denominada de crista, é definida por uma linha virtual que representa geograficamente o divisor de água e por consequência a linha que define o limite de uma bacia hidrográfica. Sua identificação correta se faz muito importante, visto que a resolução CONAMA 303/02 define critério específico para o cálculo em topo de morro e montanha, quando houver o elemento linha de cumeada.

A extração automática da linha de cumeada, assim como o algoritmo para o cálculo de APPs a partir deste elemento geográfico será conduzido numa segunda fase deste trabalho.

2.6. Classificação das cotas pertencentes às APPs

Segundo a Resolução CONAMA 303/02 (Art. 2º), considera-se, na classificação das APPs:

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

O cálculo dos dois terços da altura em relação à base citados no parágrafo V e VI é ilustrado na (Figura 4), onde o algoritmo classifica como APP todas as cotas, cujos valores estão entre o valor de Pico (P) e o terço superior calculado (T).

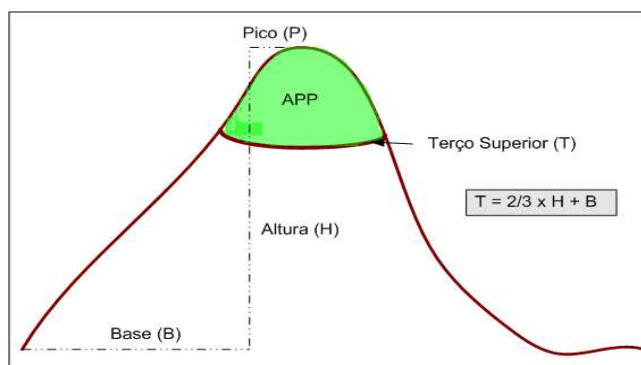


Figura 4. Cálculo do terço superior para a definição da APP

3. Resultados e Conclusões

Os resultados preliminares alcançados com a aplicação do algoritmo mostraram-se bastante promissores, quando comparamos com o resultado obtido pelo processo semi-automático (Figura 5) implementado no SPRING (ferramenta extração de topo).

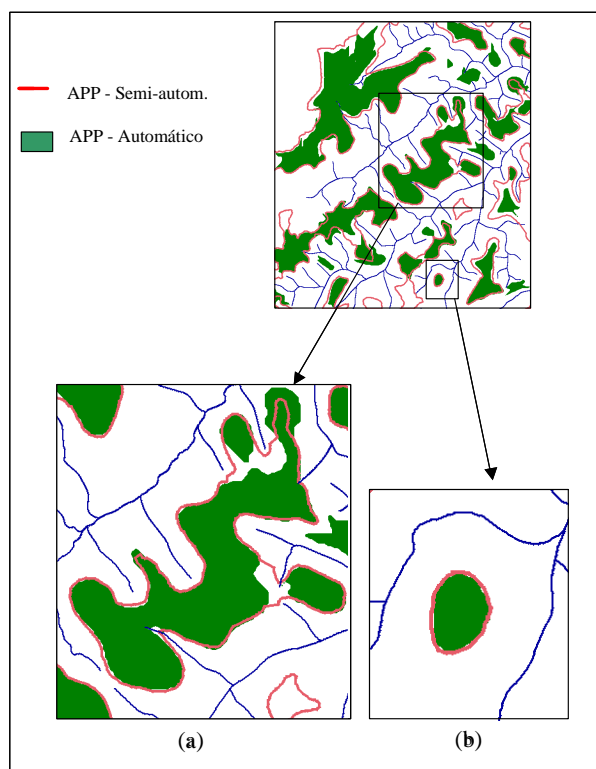


Figura 5. Resultados Preliminares. (a) APP conjunto de morros/montanhas (b) APP morro isolado

No processo semi-automático de extração de topo, implementado no SPRING, topo e base de morros e montanhas são definidos visualmente (manualmente), dependendo do conhecimento e interpretação do analista. Outro ponto crítico no uso deste aplicativo ocorre quando, muitas vezes, as curvas de nível que representam o terço superior “se prolongam”, deixando de fechar o polígono daquela elevação em questão, necessitando conseqüentemente da edição manual.

Na ferramenta proposta neste trabalho para delimitação do terço superior, o algoritmo utiliza-se da *classificação de cotas*, onde são consideradas cotas pertencentes ao terço superior aquelas com valores maiores que o valor de corte (dois terços da altura), garantindo assim a delimitação somente do relevo em questão (Figura 6).

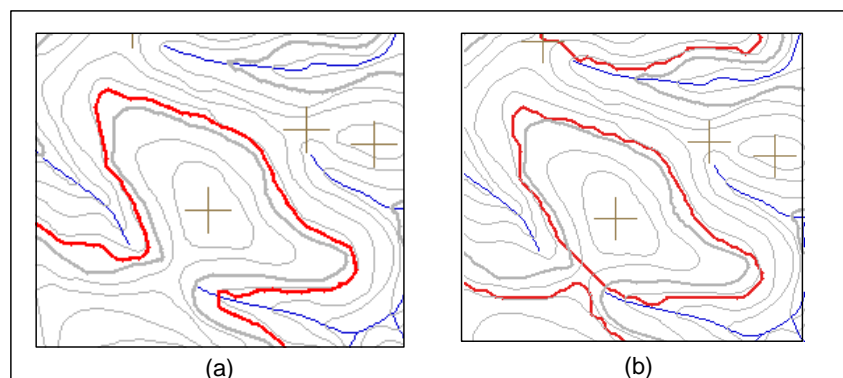


Figura 6 (a) Terço Superior - SPRING (b) Terço Superior - classificação de cotas

Resultados preliminares utilizando o procedimento aqui proposto mostraram-se eficientes, eliminando a subjetividade na identificação da base de morro, bem como eliminando a necessidade de edição manual das linhas de cotas que representam as APPs.

O mapeamento de APPs através de um processo manual é considerado um trabalho que demanda conhecimento e, interpretações de aspectos do relevo e da lei que são subjetivos, tornam este trabalho complexo.

Alcançar um resultado 100% aderente ao processo manual consiste em um trabalho longo de modelar o algoritmo para que, reconhecendo cada circunstância típica do mundo real, consiga aplicar os parâmetros e critérios da lei para aquele caso.

References

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

Brasil. Resolução CONAMA n° 303, de 20 de Março de 2002. Dispõe parâmetros e definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (1998) "Principles of Geographical Information Systems". Oxford University Press, New York, p.333.

Câmara, G., Souza, R.C.M., Freitas U.m., Garrido J. (1996) "SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by object-oriented data modelling". In: Computers & Graphics, p. 395-403.